



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULARAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS
Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS
PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO
EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

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
EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS
Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS
PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO
EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 _____ Dr. RONALD MADERA TERÁN
PRIMER MIEMBRO	:	 _____ Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
SEGUNDO MIEMBRO	:	 _____ Dr. ARNALDO YANA TORRES
ASESOR DE TESIS	:	 _____ Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1757-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 15061 presentado por el (la) Bachiller: **DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA** 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. **DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. RONALD MADERA TERÁN
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miércoles 18 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



D. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Ingresado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1195-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 13699 por el señor (a): **DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1089 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 196 - 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): **DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **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° 196 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


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


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

cc.
Archivo.
interesado (a)



EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to University of Zululand Trabajo del estudiante	9%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%




Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70600918
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-8785-0149
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	RONALD MADERA TERÁN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02429150
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/PAEystH2rCu8SncP6</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 - Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE - Librería	<p>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</p>



 DIRECTOR
 Dr. Ritrato Perillo Gosa
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA, identificado con DNI Nro. 70600918, 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:

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE

PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE

CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

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 31 de enero del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres Sabino Ticona Andrade y Epifanía Torreblanca Pacco que siempre confiaron en mí que nunca me abandonaron, a mis hermanos Irma, Aldo, Cesar, Rene y Walter, que también me estuvieron motivando en las buenas y en las malas.



AGRADECIMIENTO

*Primeramente, a Dios por permitirme lograr mi sueño.
A mis padres, por la confianza que depositaron en mi para
lograr mis metas profesionales.*

*A la Universidad y docentes académicos que me
siempre me enseñaron de la mejor manera por acogerme y
otorgarme la oportunidad de continuar consolidando mi
competencia profesional.*



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	16
1.2 Planteamiento del problema.....	18
1.2.1 Problema general	18
1.2.2 Problemas específicos.....	18
1.3 Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4 Justificación de la investigación	19
1.4.1 Justificación técnica.....	19
1.4.2 Justificación económica.....	19
1.4.3 Justificación social.....	20
1.4.4 Justificación ambiental.....	20
1.5 Hipótesis de la investigación	21
1.5.1 Hipótesis general.....	21
1.5.2 Hipótesis específicas.....	21
1.6 Variables e indicadores.....	21
1.6.1 Variable independiente	21
1.6.2 Variable dependiente.....	21



1.7	Identificación y cuantificación de variables	22
-----	--	----

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	23
2.1.1	Antecedentes internacionales	23
2.1.2	Antecedente nacional	25
2.1.3	Antecedente de ámbito local.....	27
2.2	Bases teóricas	28
2.2.1	Adoquines de concreto	28
2.2.1.1	<i>Materiales constituyentes</i>	29
2.2.1.2	<i>Proceso de fabricación</i>	30
2.2.2	Comportamiento físico y mecánico de los adoquines en condiciones de carga 37	
2.2.3	Uso de adoquines en pavimentación	40
2.2.3.1	<i>Ventajas y desventajas</i>	41
2.2.3.2	<i>Aplicaciones en vías urbanas y rurales</i>	44
2.2.4	Agregados finos reciclados.....	46
2.2.4.1	<i>Definición y clasificación</i>	47
2.2.4.2	<i>Procesamiento de agregados finos reciclados</i>	49
2.2.4.3	<i>Propiedades físicas y químicas</i>	50
2.2.4.4	<i>Impacto en el medio ambiente</i>	53
2.2.5	Plástico reciclado en la construcción	54
2.2.5.1	<i>Proceso de reciclaje y transformación</i>	56
2.2.6	Ventajas y desafíos del uso de materiales reciclados en la construcción.....	58
2.2.7	Efecto de los agregados finos reciclados en las propiedades de los adoquines 60	
2.3	Marco conceptual.....	63
2.3.1.	Adoquines de concreto.....	63
2.3.2.	Agregados reciclados.....	63
2.3.3.	Tiras de plástico	64
2.3.4.	Propiedades de los materiales	64



2.3.5. Reciclado 64

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación..... 66
3.2 Método de la investigación..... 66
3.3 Nivel y tipo de la investigación 66
3.3.1 Nivel de la investigación 66
3.3.2 Tipo de la investigación 67
3.4 Población y muestra de la investigación..... 67
3.4.1 Población..... 67
3.4.2 Muestra 68
3.5 Técnicas e instrumentos 69
3.5.1 Técnicas 69
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación 71
3.6 Validación y confiabilidad del instrumento 72
3.6.1 Validación de los instrumentos 72
3.6.2 Confiabilidad de instrumentos..... 74
3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos 75
3.7.1 Desarrollo de plan de investigación 75
3.7.2 Etapa de campo 81
3.7.3 Etapa de laboratorio 82
3.7.4 Etapa de gabinete 88

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados apreciados al elaborar los ensayos 91
4.1.1 Atributos físicos del adoquín elaborado en la provincia de San Román 2024 97
4.1.2 Comparación de la resistencia a carga en adoquines con componentes reutilizados 104
4.1.3 Comportamiento de los adoquines con agregado reciclado y TPR al ser expuestos a flexión 130



4.2	Discusión de Resultados.....	156
	CONCLUSIONES	159
	RECOMENDACIONES.....	161
	REFERENCIAS	162
	ANEXOS.....	166



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Identificación y cuantificación de variables* 22

Tabla 2 *Muestras diseñadas y documentadas*..... 68

Tabla 3 *Grado de humedad del material*..... 92

Tabla 4 *Densidad aparente de los materiales*..... 93

Tabla 5 *Relación de materiales en la formulación* 95

Tabla 6 *Descripción del flujo y estabilidad de la mezcla*. 97

Tabla 7 *Compilación de resultados del asentamiento en la mezcla utilizada con agregado fino reciclado 20%* 98

Tabla 8 *Compilación de resultados del asentamiento en la mezcla utilizada con agregado fino reciclado 30%* 99

Tabla 9 *Compilación de resultados del asentamiento en la mezcla utilizada con tiras de plástico reciclado 4%*..... 100

Tabla 10 *Compilación de resultados del asentamiento en la mezcla utilizada con tiras de plástico reciclado 8%*..... 101

Tabla 11 *Descripción abreviada del comportamiento de asentamiento en las mezclas* 102

Tabla 12 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales* 104

Tabla 13 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 20%*..... 105

Tabla 14 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 30%*..... 106

Tabla 15 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 4%* 108

Tabla 16 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 8%* 109

Tabla 17 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales* 110

Tabla 18 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 20% día 14* 112



Tabla 19 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada*
30% día 14 113

Tabla 20 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 4% 114*

Tabla 21 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 8% 116*

Tabla 22 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales 117*

Tabla 23 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada*
20% día 28 118

Tabla 24 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada*
30% día 28 120

Tabla 25 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 4% 121*

Tabla 26 *Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 8% 122*

Tabla 27 *Medición de muestras tras 7 días 124*

Tabla 28 *Medición de muestras tras 14 días 125*

Tabla 29 *Medición de muestras tras 28 días 126*

Tabla 30 *Medición de muestras..... 128*

Tabla 31 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales..... 130*

Tabla 32 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 20% de agregado fino*
..... 131

Tabla 33 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 30% de agregado fino*
..... 133

Tabla 34 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 4% de tiras de plástico reciclado..... 134*

Tabla 35 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 8% de tiras de plástico reciclado..... 135*

Tabla 36 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales..... 137*

Tabla 37 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 20% de agregado fino*
..... 138



Tabla 38 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 30% de agregado fino*
 139

Tabla 39 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 4% de tiras de plástico reciclado* 141

Tabla 40 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 8% de tiras de plástico reciclado* 142

Tabla 41 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales*..... 143

Tabla 42 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 20% de agregado fino*
 145

Tabla 43 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 30% de agregado fino*
 146

Tabla 44 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 4% de tiras de plástico reciclado* 147

Tabla 45 *Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 8% de tiras de plástico reciclado* 149

Tabla 46 *Medición de muestras tras 7 días* 150

Tabla 47 *Medición de muestras tras 14 días* 151

Tabla 48 *Medición de muestras tras 28 días (flexión)*..... 153

Tabla 49 *Medición de muestras*..... 154



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Zona de estudio identificada 67

Figura 2 Presentación de agregados finos reciclados 78

Figura 3 Tiras de plástico reciclado..... 80

Figura 4 Gráfica de distribución granulométrica del agregado grueso..... 93

Figura 5 Caracterización granulométrica del agregado fino..... 94

Figura 6 Distribución de partículas recicladas en agregado fino..... 94

Figura 7 Distribución de proporciones en la mezcla de concreto..... 96

Figura 8 Compilación de resultados de asentamientos en muestras..... 97

Figura 9 Comparación de asentamientos en muestras con reemplazo de 20% de agregados finos (síntesis)..... 98

Figura 10 Comparación de asentamientos en muestras con reemplazo de 30% de agregados finos (síntesis)..... 99

Figura 11 Comparación de asentamientos en muestras con reemplazo de 4% de tiras de plástico reciclado (síntesis)..... 100

Figura 12 Comparación de asentamientos en muestras con reemplazo de 4% de tiras de plástico reciclado (síntesis)..... 101

Figura 13 Diferencias y similitudes en los valores de asentamiento 103

Figura 14 Valores registrados tras la falla de la mstra natural 104

Figura 15 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% arena fina reciclada 106

Figura 16 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% arena fina reciclada 107

Figura 17 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR..... 108

Figura 18 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR..... 110

Figura 19 Valores registrados tras la falla de la mstra natural 111



Figura 20 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% arena fina reciclada*
día 14 112

Figura 21 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% arena fina reciclada*
 114

Figura 22 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR*..... 115

Figura 23 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR*..... 116

Figura 24 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural*..... 118

Figura 25 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% arena fina reciclada*
día 28 119

Figura 26 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% arena fina reciclada*
 120

Figura 27 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR*..... 122

Figura 28 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR*..... 123

Figura 29 *Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 7* 124

Figura 30 *Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 14* 126

Figura 31 *Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 28* 127

Figura 32 *Tendencia de los valores de resistencia según el tiempo de curado* 129

Figura 33 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural día 7* 131

Figura 34 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% agregado fino día 7*
 132

Figura 35 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% agregado fino día 7*
 133

Figura 36 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR día 7*..... 135

Figura 37 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR día 7*..... 136

Figura 38 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural día 14* 137

Figura 39 *Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% agregado fino día 14*
 139



Figura 40 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% agregado fino día 14	140
Figura 41 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR día 14.....	141
Figura 42 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR día 14.....	143
Figura 43 Valores registrados tras la falla de la mstra natural día 28	144
Figura 44 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% agregado fino día 28	145
Figura 45 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% agregado fino día 28	147
Figura 46 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR día 28.....	148
Figura 47 Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR día 28.....	149
Figura 48 Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 7	151
Figura 49 Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 14 fuerzas flexionante	152
Figura 50 Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 28	153
Figura 51 Tendencia de los valores de resistencia según el tiempo de curado	155



RESUMEN

La investigación titulada "Efecto de la adición de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en las propiedades de adoquines de concreto en la provincia de San Román 2024" tiene como propósito evaluar cómo la incorporación de polvo de concreto reciclado influye en las características mecánicas y físicas del adoquín tradicional. Se adoptó una metodología de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y explicativo, bajo un diseño experimental respaldado por el método científico. En cuanto a las propiedades físicas de los adoquines de concreto, se observó que la muestra base presentó un asentamiento de 3.82 pulgadas. Al reemplazar el agregado fino por su equivalente reciclado, el asentamiento disminuyó levemente hasta 3.69 pulgadas. No obstante, la inclusión de tiras de plástico reciclado tuvo un efecto más pronunciado, reduciendo el asentamiento a 3.54 pulgadas, lo que generó una disminución en la trabajabilidad del material. Respecto a la resistencia a la compresión, los adoquines convencionales registraron una capacidad de 341.31 kg/cm² a los 28 días. Con una sustitución del 20% de agregado reciclado, la resistencia aumentó hasta 350.81 kg/cm², identificándose como la proporción óptima. La adición de un 8% de tiras de plástico reciclado generó un incremento mayor, alcanzando 361.11 kg/cm². Por otro lado, en las pruebas de flexión, los adoquines sin modificaciones alcanzaron una resistencia promedio de 57.14 kg/cm² a los 28 días. Al incorporar un 20% de agregado fino reciclado, la resistencia mejoró hasta 60.47 kg/cm². Asimismo, con la adición de 8% de tiras de plástico reciclado, la resistencia aumentó hasta 62.18 kg/cm².

Palabras Clave: Reciclados, Tiras de plástico, Propiedades del adoquín.



ABSTRACT

The research titled "Effect of the addition of recycled fine aggregates and recycled plastic strips on the properties of concrete pavers in the province of San Román 2024" aims to evaluate how the incorporation of recycled concrete powder influences the mechanical characteristics and physical properties of traditional paving stones. An applied methodology was adopted, with a quantitative approach, descriptive and explanatory level, under an experimental design supported by the scientific method. Regarding the physical properties of the concrete pavers, it was observed that the base sample presented a settlement of 3.82 inches. By replacing the fine aggregate with its recycled equivalent, the slump decreased slightly to 3.69 inches. However, the inclusion of recycled plastic strips had a more pronounced effect, reducing the slump to 3.54 inches, resulting in a decrease in the workability of the material. Regarding compression resistance, conventional pavers recorded a capacity of 341.31 kg/cm² after 28 days. With a 20% replacement of recycled aggregate, the resistance increased to 350.81 kg/cm², being identified as the optimal proportion. The addition of 8% recycled plastic strips generated a greater increase, reaching 361.11 kg/cm². On the other hand, in the bending tests, the pavers without modifications reached an average resistance of 57.14 kg/cm² after 28 days. By incorporating 20% recycled fine aggregate, the resistance improved to 60.47 kg/cm². Likewise, with the addition of 8% recycled plastic strips, the resistance increased to 62.18 kg/cm².

Keywords: Recycled, Plastic strips, Properties of paving stones.



INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la industria de la construcción ha resultado en un mayor agotamiento de los recursos y un aumento de la generación de desechos sólidos, lo que ha generado la necesidad de estrategias sostenibles para mitigar el impacto ambiental. El uso de materiales reciclados en la fabricación de componentes de construcción se ha convertido en una estrategia viable para optimizar la utilización de recursos y reducir la contaminación (Aguado et al., 2020). La integración de agregados finos reciclados y polímeros plásticos reutilizados.

Las variaciones en la granulometría y la capacidad de absorción pueden afectar el desempeño del material tanto en estado fresco como endurecido, requiriendo una evaluación de su impacto en las propiedades del concreto. El uso de fibras plásticas procedentes de residuos reciclados actúa como refuerzo adicional, mejorando. (Siddique et al., 2019).

Se realizarán una serie de pruebas experimentales para evaluar el impacto de estos materiales en métricas como trabajabilidad, compresión, resistencia y resistencia a la flexión de los adoquines producidos. Esta investigación busca evaluar la viabilidad técnica de emplear estos materiales reciclados como reemplazos parciales en la fabricación de adoquines de concreto, mejorando así los métodos de construcción y reduciendo las consecuencias ambientales asociadas a la fabricación de materiales tradicionales.

Esta investigación se basa en los principios de economía circular y sostenibilidad en la construcción, introduciendo un enfoque innovador para la reutilización de residuos en infraestructura urbana. Los resultados obtenidos brindarán una base científica para emplear tecnologías que faciliten el desarrollo de materiales más eficientes y ecológicamente amigables para la pavimentación de calles y espacios públicos de la región.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La expansión de las áreas urbanas y de la infraestructura ha creado una demanda sustancial de materiales de construcción, lo que ha resultado en la sobreexplotación de los recursos naturales y un aumento de los residuos de demoliciones y subproductos industriales. Se prevé que la basura de hormigón constituya casi el 40% de los residuos de construcción y demolición en todo el mundo, lo que presenta considerables problemas ambientales (Tam & Tam, 2021). La provincia de San Román enfrenta una exacerbación de este problema debido a sistemas inadecuados de gestión de residuos y un reciclaje mínimo de materiales.

Cuya explotación no regulada ha impactado negativamente locales (Mehta & Monteiro, 2020). La incorporación de áridos reciclados en la producción de hormigón es una alternativa viable para mitigar este impacto, reduciendo el consumo de materiales vírgenes y fomentando un enfoque más sostenible en la fabricación de elementos constructivos (Silva et al., 2022). Sin embargo, persisten preocupaciones con respecto al impacto de estos agregados en las características mecánicas y la durabilidad del concreto, por lo que se necesitan investigaciones experimentales en este campo.



Al mismo tiempo, la contaminación plástica ha alcanzado niveles críticos, lo que ha provocado acumulaciones de basura que afectan tanto a los ecosistemas terrestres como a los marinos. Investigaciones recientes indican que la producción mundial de basura plástica supera los 300 millones de toneladas al año, y menos del 10% se recicla efectivamente (Geyer et al., 2021). La reutilización de los plásticos en el sector de la construcción se ha propuesto como un enfoque viable para aliviar la contaminación y disminuir la dependencia de materiales tradicionales. La integración de fibras plásticas en el hormigón mejora cualidades mecánicas específicas, particularmente la resistencia a la flexión y la resistencia bajo presiones cíclicas (Ribeiro et al., 2023).

En la provincia de San Román, la producción de adoquines de concreto es una industria importante en el desarrollo urbano, utilizados para la pavimentación de vías, paseos y áreas públicas. La falta de enfoques novedosos en la fabricación de estos elementos ha limitado el uso de materiales reciclados como alternativas sostenibles. La ausencia de investigaciones locales sobre los efectos de los agregados finos reciclados y las tiras de plástico reciclado sobre la resistencia y durabilidad de los adoquines de concreto ha dificultado su uso generalizado. Estudios previos indican que la fusión de estos materiales puede mitigar el efecto ambiental preservando al mismo tiempo la integridad estructural del hormigón (Khan et al., 2022).

Ante este contexto, es fundamental examinar el impacto de la inclusión de áridos finos reciclados y tiras de plástico reciclado en las características de los adoquines de hormigón. La evaluación experimental permitirá conocer la viabilidad técnica de estos materiales en la edificación urbana, fomentando una metodología sostenible y coherente con los principios de la economía circular. La ejecución de estas ideas no sólo facilitará la reducción de residuos, sino que también promoverá la innovación dentro del sector de la construcción regional.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Qué impacto tiene la incorporación de agregados finos reciclados y fibras plásticas reutilizadas en las características mecánicas y físicas de los adoquines de concreto fabricados en la provincia de San Román en el año 2024?

1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Cómo influye la inclusión de agregados finos reciclados y tiras de plástico reutilizado en las propiedades físicas de los adoquines de concreto elaborados en la provincia de San Román?
2. ¿Cuál es el efecto del uso de agregados finos reciclados y tiras plásticas recicladas en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto en la provincia de San Román?
3. ¿De qué manera afecta la adición de agregados finos reciclados y fibras plásticas recicladas en diferentes proporciones a la resistencia a la flexión de los adoquines de concreto producidos en la provincia de San Román?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Examinar la influencia de la incorporación de agregados finos reciclados y fibras plásticas reutilizadas en las propiedades mecánicas y físicas de los adoquines de concreto producidos en la provincia de San Román durante el año 2024.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Evaluar cómo la inclusión de agregados finos reciclados y tiras de plástico reutilizado afecta las propiedades físicas de los adoquines de concreto fabricados en la provincia de San Román.

2. Analizar el impacto del uso de agregados finos reciclados y fibras plásticas en distintas proporciones sobre la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto en la provincia de San Román.
3. Investigar el efecto de la adición de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en proporciones variables.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

La optimización de los materiales en la construcción es crucial para mejorar el rendimiento estructural y la longevidad de las piezas del pavimento. La incorporación de áridos finos reciclados y tiras plásticas reutilizadas en la producción de adoquines de hormigón constituye una opción factible para potenciar sus características mecánicas y físicas. Investigaciones recientes indican que el uso de agregados reciclados mejora la resistencia a la compresión, mientras que el refuerzo con polímeros reciclados aumenta la resistencia a la flexión y la capacidad de absorción de tensiones dinámicas. Esta investigación se fundamenta metodológicamente mediante el empleo de una metodología experimental para evaluar la viabilidad de estos materiales en la producción de adoquines, ofreciendo conocimientos esenciales para el avance de tecnologías de construcción más eficientes y duraderas.

1.4.2 Justificación económica

El negocio de la construcción exhibe una importante demanda de insumos, y los gastos asociados a los materiales convencionales persisten en aumento debido al agotamiento y explotación extensiva de los agregados naturales. La sustitución parcial de áridos tradicionales por materiales reciclados da como resultado una disminución en el costo de producción de adoquines de concreto, brindando una opción más económica sin sacrificar la integridad estructural. La incorporación de plástico reciclado como refuerzo



disminuye la necesidad de costosos aditivos, maximizando así los recursos financieros en los proyectos de pavimentación. Esta investigación ofrece evidencia esencial de que la incorporación de estos materiales es técnica y ecológicamente viable, además de económicamente competitiva dentro de la industria de la construcción.

1.4.3 Justificación social

La utilización de materiales reciclados en la construcción afecta tanto a la eficiencia estructural como a la calidad de vida de la población. La utilización de adoquines mejorados, incluidos agregados reciclados y plásticos reutilizados, fomenta el desarrollo de infraestructura más accesible, segura y sostenible, particularmente en regiones metropolitanas que presentan pavimentaciones deficientes. Esta estrategia promueve el empleo local al facilitar la recolección y el procesamiento de basura para su reintegración en nuevas aplicaciones de construcción. De manera similar, minimizar la utilización de agregados naturales mitiga la sobreexplotación de recursos, fomentando un paradigma de desarrollo urbano sostenible que beneficia directamente a la comunidad.

1.4.4 Justificación ambiental

La influencia de la industria de la construcción en la generación de residuos y el agotamiento de los recursos naturales es sustancial. El uso de áridos de hormigón y plásticos reciclados en la producción de adoquines mitiga los residuos sólidos y disminuye la contaminación por sustancias no biodegradables. La integración de estos materiales reciclados fomenta un modelo de economía circular, disminuyendo la huella de carbono y aminorando la explotación de los recursos naturales. Además, el uso de basura plástica inhibe su acumulación en vertederos y ambientes acuáticos, aliviando así su impacto perjudicial en los ecosistemas. Esta investigación aborda la necesidad de identificar soluciones sostenibles para la industria de la construcción, ilustrando la viabilidad de producir adoquines de alto rendimiento con menor impacto ambiental.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La incorporación de agregados finos reciclados y fibras plásticas reutilizadas influirá positivamente en las propiedades estructurales y físicas de los adoquines de concreto fabricados en la provincia de San Román en el año 2024.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. La integración de agregados finos reciclados y tiras de plástico reutilizado contribuirá a la mejora de las características físicas de los adoquines de concreto en la provincia de San Román.
2. La variación en la proporción de agregados finos reciclados y fibras plásticas recicladas tendrá un efecto directo en la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto en la provincia de San Román.
3. La adición de agregados reciclados y polímeros plásticos en diferentes proporciones potenciará la resistencia a la flexión de los adoquines de concreto en la provincia de San Román.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable independiente

- Uso de agregados finos reciclados y fibras plásticas reutilizadas.

1.6.2 Variable dependiente

- Comportamiento de los adoquines de concreto

Indicadores:

- Características físicas.
- Desempeño mecánico.

1.7 Identificación y cuantificación de variables

Tabla 1

Identificación y cuantificación de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO	Material granular obtenido a partir de la trituración y procesamiento de residuos de concreto u otras fuentes de demolición.	Caracterización de agregados reutilizados.	Cuantificación de agregados finos reciclados.	Registros de calidad en laboratorio
	Tiras de plástico reciclado: Fragmentos delgados de polímeros reutilizados.	Caracterización de polímeros reciclados.	Cuantificación de polímeros plásticos recuperados.	
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO	Los adoquines de concreto presentan distintas propiedades que influyen en su resistencia y vida útil cuando son utilizados en pavimentación.	Evaluación de propiedades físicas. Evaluación de propiedades mecánicas.	Determinación de estabilidad y deformación. Análisis de variación.	Protocolos de ensayo en laboratorio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Suchithra et al. (2022) en su estudio titulado "Producción de adoquines a partir de residuos de demolición de la construcción y residuos plásticos: una revisión crítica", se investigó la viabilidad de emplear escombros de construcción y demolición (C&D) junto con residuos plásticos reciclados en la fabricación de adoquines. El propósito principal de esta investigación fue evaluar una alternativa más económica en comparación con los adoquines de concreto tradicionales, al tiempo que se aborda el problema ambiental derivado de la acumulación de plásticos no biodegradables. En la actualidad, la contaminación por plásticos representa una amenaza significativa, afectando la infraestructura urbana, cuerpos de agua y ecosistemas. En el caso de la India, la producción de desechos plásticos asciende a aproximadamente 5.6 millones de toneladas anuales. El estudio exploró el uso de plástico de tereftalato de polietileno (PET) fundido en combinación con residuos de C&D para desarrollar un adoquín sostenible. Se analizaron diversas proporciones de mezcla y se determinó que la ausencia de agua en el proceso es un factor clave, ya que el plástico fundido actúa como aglutinante, facilitando la integración de los componentes. Además, la investigación incluyó la evaluación del comportamiento

mecánico del material, considerando ensayos de resistencia a la compresión y flexión, así como pruebas de durabilidad, tales como absorción de agua y resistencia al fuego. Los hallazgos indicaron que este tipo de adoquín podría representar una solución viable tanto desde el punto de vista estructural como ambiental, contribuyendo a la reducción del impacto ecológico generado por los desechos plásticos.

Según Iftikhar et al. (2023), en su estudio titulado "Estudio experimental sobre adoquines ecológicos de plástico y arena utilizando residuos plásticos y fibras de basalto", se analizó el impacto del uso de residuos plásticos reciclados como alternativa a los materiales cementosos en la producción de adoquines sostenibles. La acumulación descontrolada de desechos plásticos representa una amenaza ambiental significativa, mientras que la producción de cemento contribuye con aproximadamente 8% de las emisiones globales de CO₂. En este sentido, la sustitución parcial del cemento por plásticos desechados surge como una estrategia eficiente para mitigar la contaminación y reducir la dependencia de materiales tradicionales. La investigación empleó polietileno de baja densidad (LDPE) como material aglomerante en la fabricación de adoquines, eliminando así la necesidad de cemento en su composición. Además, se incorporaron fibras de basalto, un recurso industrial sostenible, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de los adoquines y cumplir con el estándar ASTM C902-15 para pavimentos de tráfico ligero. Para su producción, los residuos de LDPE fueron fundidos al aire libre y mezclados con arena en proporciones variables. Se llevaron a cabo variaciones en la cantidad de fibras de basalto, el tamaño de las partículas de arena y la relación LDPE-arena, evaluando su influencia en la resistencia a la compresión, absorción de agua y comportamiento térmico. Los resultados indicaron que una concentración del 0.5% de fibras de basalto con una longitud de 4 mm optimizó significativamente la resistencia a la compresión en 20.5%, al tiempo que redujo la absorción de agua en 50.5%. Asimismo, la combinación más efectiva se obtuvo con una proporción de 30:70 LDPE-arena, observándose que las partículas de arena de menor tamaño proporcionaban una



resistencia mecánica superior. En cuanto a la estabilidad térmica, los adoquines reforzados con fibras de basalto experimentaron una reducción del 20% en resistencia a la compresión cuando fueron expuestos a 60 °C, evidenciando una ligera vulnerabilidad ante temperaturas elevadas. Esta investigación demuestra que el reemplazo del cemento con plástico reciclado no solo ofrece beneficios ambientales y económicos, sino que también contribuye a la reducción de emisiones de CO₂, promoviendo una alternativa viable para la fabricación de pavimentos en zonas de bajo tráfico. Su implementación representa un avance en el desarrollo sostenible, facilitando la reutilización de materiales desechados y reduciendo el impacto negativo de los residuos plásticos en el entorno.

2.1.2 Antecedente nacional

En su estudio "Preparación de concreto permeable con adición de material plástico reciclado para pavimentación en el distrito de Pariacoto - Áncash", Castillo & Trujillo (2019) examinaron la viabilidad de incorporar polímeros reciclados en la producción de concreto permeable para mejorar su resistencia mecánica y estructural. El estudio buscó evaluar propiedades como resistencia a la compresión, coeficiente de permeabilidad y relación de huecos en concreto con una resistencia de diseño de 175 kg/cm² (f'c) para desarrollar una alternativa de pavimento sustentable en el municipio de Pariacoto. El estudio constó de cuatro grupos experimentales, empleando las metodologías especificadas en ACI 522-R10 para la formulación del diseño mixto. El procedimiento empleó un agregado con una graduación de 67, una relación agua/cemento de 0,35 y una relación de huecos de 17,4%. El impacto del plástico reciclado en el rendimiento del material se evaluó integrando tiras de polietileno de baja densidad (LDPE) de 4 mm x 20 mm en proporciones de peso de 0,075%, 0,1% y 0,125% en el hormigón. Los hallazgos revelaron que la adición de 0,075% de fibras plásticas mejoró la resistencia a la compresión en un 5,33% después de 28 Días, lo que indica un refuerzo estructural en el hormigón permeable. No obstante, un aumento en la cantidad de plástico integrado condujo a una



reducción en la permeabilidad y el porcentaje de huecos, mientras que estas métricas se mantuvieron dentro de los umbrales aceptables establecidos por ACI 522-R10. Además, se comprobó que la integración de este material redujo el costo total del concreto en un 2,22% respecto a las mezclas convencionales, validando así su viabilidad como una alternativa costo-eficiente para pavimentos urbanos sustentables. Este estudio demuestra que la integración de plástico reciclado en la fabricación de hormigón permeable mejora la resistencia mecánica del material y, al mismo tiempo, proporciona un método viable para reducir costos, aliviar los desechos plásticos y promover la sostenibilidad en la construcción de infraestructura vial.

Cahuana & Alberto (2020) investigaron una solución efectiva para la reutilización de escombros de demolición de estructuras de concreto en su estudio titulado "Propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto con adición de material de construcción reciclado, Los Olivos – 2020". Esta técnica tiene como objetivo mitigar el efecto ambiental de los residuos de la construcción al tiempo que promueve su reintegración en nuevos materiales de pavimentación. La investigación se centró en la producción y caracterización de adoquines de hormigón Tipo I a partir de áridos reciclados, evaluando su distribución granulométrica y el cumplimiento de la normativa. Se creó una base de datos que detalla las cualidades y usos de los adoquines, acompañada de una serie de experimentos para evaluar la viabilidad de los materiales alternativos utilizados en su producción. El estudio empleó una metodología experimental a nivel explicativo y correlacional cruzado, facilitando el establecimiento de conexiones entre la composición del material y el desempeño estructural. Los hallazgos demostraron que los adoquines de concreto fabricados con materiales reciclados presentaron cualidades físicas y mecánicas satisfactorias, según los criterios establecidos por las normas NTP 399.611, NTP 399.624 e ITINTEC 399.124. Sin embargo, este cumplimiento se aseguró justo cuando el porcentaje de áridos reciclados oscilaba entre el 20% y el 40%. Se observó que aumentar el



reemplazo al 60% provocaba que los adoquines no cumplieran con los criterios de resistencia, restringiendo así su uso en circunstancias específicas de carga y exposición. Este estudio ilustra que incluir materiales reciclados en la producción de adoquines de concreto es factible dentro de límites de dosis específicos, lo que disminuye la dependencia de los recursos naturales y mejora la utilización de los desechos de la construcción. No obstante, se recomienda una selección meticulosa de las proporciones empleadas para garantizar la resistencia y la integridad estructural del material en aplicaciones de pavimentación.

2.1.3 Antecedente de ámbito local

Cahuana y Alberto (2020) sostienen en su estudio "Adición de relaves triturados no tóxicos en la mezcla para la producción de adoquines de concreto, Ollachea, Puno, 2022" que los residuos mineros pueden funcionar como un material alternativo viable en la fabricación de adoquines de concreto. . Esta investigación buscó evaluar la viabilidad de aprovechar relaves mineros del sitio de extracción de Ollachea para aliviar el impacto ambiental de su acumulación y determinar una aplicación constructiva sustentable. El estudio utilizó una técnica experimental y descriptivo-comparativa, realizando ensayos en un ambiente controlado para evaluar los efectos de los relaves sobre las propiedades mecánicas y físicas del concreto. Se produjeron diversas combinaciones de adoquines utilizando diferentes proporciones de relaves de mina (10 %, 30 %, 50 % y 75 %), además de una muestra de control sin adiciones. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en 45 adoquines, evaluados en tres intervalos: 7, 14 y 28 días. Luego de un período de curado de 28 días, los adoquines con 10% de relave alcanzaron una resistencia promedio de 380,28 kg/cm², de acuerdo con los criterios para adoquines tipo II detallados en la NTP 399.611. Luego se fabricaron quince adoquines más, algunos con la proporción óptima de relaves y otros sin ella, lo que permitió una comparación directa entre adoquines convencionales y modificados. Se analizaron parámetros como absorción de agua,



estabilidad dimensional, densidad y costo unitario. Los resultados demostraron que la incorporación de un 10% de relaves mineros mejoró la integridad estructural del material y al mismo tiempo redujo los costos de producción, posicionándolo como una alternativa viable.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Adoquines de concreto

El revestimiento de carreteras, pasarelas, aparcamientos y otras zonas para el movimiento de automóviles y peatones. Consisten en longevidad del material (Neville & Brooks, 2021). Su técnica de producción utiliza compactación y curado regulado, lo que permite alcanzar un rendimiento mecánico superior y garantizar la integridad estructural en situaciones desfavorables.

Recurrentes sin experimentar una degradación prematura (Mehta & Monteiro, 2020). Además, su diseño modular facilita una distribución homogénea de la tensión, lo que limita el desarrollo de fracturas y disminuye el mantenimiento a largo plazo (Silva et al., 2022). Su resistencia puede alcanzar valores superiores a los 350 kg/cm², dependiendo de la dosificación de materiales y condiciones de fabricación.

Los adoquines de concreto tienen ventajas prácticas, entre ellas la poca absorción de agua, lo que mitiga el deterioro causado por la humedad y las variaciones climáticas. De manera similar, su construcción permite la fácil remoción y reemplazo de componentes separados, mejorando así el mantenimiento y reduciendo los gastos operativos en comparación con pavimentos continuos como asfalto u hormigón moldeado in situ (Comité ACI 522, 2018).

Los adoquines de hormigón, además de sus prestaciones mecánicas, pueden producirse a partir de recursos reciclados, incluidos residuos de construcción y plásticos recuperados, mitigando así el efecto medioambiental del sector de la construcción (Ribeiro et al., 2023). Su utilización no sólo fomenta la sostenibilidad, sino que también disminuye



la extracción de agregados naturales, conforme a los principios de la economía circular y la minimización de residuos.

En resumen, los adoquines de hormigón representan una opción eficaz y resistente para pavimentar, integrando integridad estructural, simplicidad de mantenimiento y sostenibilidad ambiental. Su utilización en infraestructura urbana se rige por reglas que aseguran su calidad y funcionamiento, estableciéndolos como una opción predominante en iniciativas de urbanización y transporte sostenible.

2.2.1.1 Materiales constituyentes

Los materiales contribuyentes son insumos que, si bien no son componentes principales de una mezcla o estructura, mejoran significativamente sus cualidades físicas, mecánicas y químicas. Su propósito es mejorar el desempeño del material base aumentando su resistencia, durabilidad, trabajabilidad o sostenibilidad en aplicaciones de construcción e ingeniería civil (Mehta & Monteiro, 2020). Estos ingredientes se pueden clasificar según sus características y funciones dentro de la combinación.

En la construcción de hormigón y pavimentos, los elementos contribuyentes pueden incluir aditivos, agregados reciclados, fibras sintéticas o naturales, cenizas volantes, humo de sílice y polímeros modificadores, que mejoran las cualidades del hormigón sin sustituir por completo los componentes convencionales (Comité ACI 211, 2019). Al tiempo que disminuye la necesidad de cemento Portland, lo que disminuye la huella de carbono del material (Neville & Brooks, 2021).

Las fibras de refuerzo, como el acero, el vidrio, el polipropileno o el basalto, mejoran (Silva et al., 2022). De manera similar, la incorporación (RCD) en la producción de adoquines y pavimentos disminuye la dependencia de los agregados naturales, promoviendo así la sostenibilidad y manteniendo la integridad estructural del producto final (Ribeiro et al., 2023).

La reutilización de plásticos y materiales industriales de desecho en la producción de artículos de construcción reduce la creación de desechos y promueve una metodología

más sostenible en el desarrollo de infraestructura urbana (Tam et al., 2021). La investigación e implementación de nuevos materiales contribuyentes es un campo dinámico que influye positivamente tanto en la calidad de los materiales de construcción como en la conservación del medio ambiente.

En conclusión, los materiales contribuyentes son esenciales en la ingeniería y la construcción contemporáneas, ya que mejoran la eficiencia, la sostenibilidad y la resistencia de muchas aplicaciones estructurales. La integración de este material en mezclas de hormigón, pavimentos y otros componentes de la construcción facilita la optimización de recursos, mejora la longevidad de la infraestructura y reduce los costos de producción manteniendo la calidad del resultado final.

2.2.1.2 Proceso de fabricación

Con atributos específicos. Los procedimientos de fabricación pueden diferir según el tipo de material, pero generalmente abarcan la preparación de las materias primas, la dosificación, la mezcla, el formado, el curado y el control de calidad. Cada proceso es esencial para la calidad y el desempeño del producto final, asegurando su utilidad y longevidad en aplicaciones estructurales y de edificación (Mehta & Monteiro, 2020).

1. Selección y Preparación de Materias Primas

La fase inicial de todo proceso de fabricación implica la selección adecuada de insumos. Los suministros de construcción, incluidos hormigón, cemento, agregados finos, agregados gruesos, agua y aditivos, son esenciales. El calibre de estas materias primas afecta directamente a las cualidades mecánicas y físicas del material. En la producción de adoquines de concreto, los agregados deben cumplir con estándares granulométricos particulares para garantizar la resistencia y estabilidad dimensional del producto terminado (Comité ACI 211, 2019).

Además de la calidad de los recursos, es importante implementar un procedimiento de acondicionamiento, que puede incluir el lavado de agregados, el secado de componentes y su almacenamiento en circunstancias apropiadas. En muchos sectores,



incluida la fabricación de cemento, los insumos se someten a molienda y calcinación antes de su incorporación a la mezcla (Neville & Brooks, 2021).

La selección y procesamiento de materias primas es una etapa crucial en la fabricación de adoquines, ya que influye directamente en la calidad, resistencia y durabilidad del producto terminado. Para garantizar que una adoquín tenga las cualidades mecánicas y estéticas necesarias, es fundamental emplear materiales superiores seleccionados de acuerdo con normas y criterios técnicos específicos.

La etapa preliminar de la selección de la materia prima consiste en reconocer los componentes esenciales, que generalmente comprenden cemento, agregados (arena y grava), agua y aditivos. El cemento empleado debe ser del tipo Portland, preferentemente con alta resistencia inicial, para asegurar un fraguado adecuado y una cohesión eficaz en la mezcla. Los áridos deben seleccionarse según su granulometría, dureza y pureza, asegurando la eliminación de contaminantes como arcilla, materia orgánica o sales solubles, que podrían mermar la durabilidad del adoquín.

Tras la selección de las materias primas se procede a su procesamiento. Es una práctica estándar realizar un proceso de lavado y cribado de áridos para eliminar partículas diminutas no deseadas y lograr una distribución granulométrica uniforme. Posteriormente, el almacenamiento se realiza en silos o tanques separados para evitar la contaminación cruzada entre objetos de diferentes tamaños o composiciones.

El agua empleada en la mezcla debe cumplir con estándares de calidad específicos, excluyendo el agua contaminada o con altas concentraciones de sal que podrían provocar eflorescencias en los adoquines terminados. Los aditivos químicos se utilizan con frecuencia para mejorar atributos particulares del adoquín, como la trabajabilidad, la disminución de la absorción de agua y la mayor resistencia a la compresión y la flexión.

La siguiente etapa de preparación implica la dosificación y mezcla, durante la cual los componentes seleccionados se combinan en cantidades precisas utilizando equipos especializados, como mezcladores de eje vertical o giratorio. Este método es crucial para



lograr una mezcla homogénea y firmemente compactada, garantizando que cada adoquín mantenga la misma composición e integridad estructural.

La selección y procesamiento de materias primas es una etapa crítica en la producción de adoquines, ya que determina la calidad y la durabilidad. La regulación efectiva en la selección de agregados, la calidad del agua, la elección del cemento y la aplicación juiciosa de aditivos garantiza que los adoquines cumplan con los requisitos fundamentales de resistencia, durabilidad y estética para pavimentos urbanos y áreas de tránsito vehicular. y discreto.

2. Dosificación de componentes

La dosificación es una etapa fundamental en la producción, ya que establece la proporción precisa de cada componente de la mezcla. Este paso para el concreto se lleva a cabo de acuerdo con estándares particulares, como ACI 211.1, que delinea los requisitos para el diseño de la mezcla en función de la resistencia, trabajabilidad y condiciones de exposición requeridas del material (Comité ACI 211, 2019).

La dosificación se realiza utilizando balanzas electrónicas, dispensadores automatizados y tecnologías computarizadas en las instalaciones de producción para garantizar la precisión. Para los materiales reciclados, incluidos los agregados provenientes de escombros de construcción y demolición, se requieren modificaciones en la dosis para tener en cuenta las discrepancias en la absorción de agua y la densidad del material (Silva et al., 2022).

La dosificación de componentes es un proceso crucial en la fabricación de adoquines de hormigón, ya que dicta las cantidades exactas de cada elemento necesarias para garantizar la resistencia, durabilidad y uniformidad del producto final. La dosificación correcta asegura una mezcla consistente, mejorando las propiedades mecánicas y la trabajabilidad del hormigón. Este procedimiento debe realizarse bajo rigurosos controles de calidad y cumpliendo con especificaciones técnicas específicas, como las descritas en la norma ASTM C936 o leyes locales equivalentes.



Los componentes principales en la fabricación de adoquines de hormigón incluyen cemento, agregados finos y gruesos, agua y aditivos. La cantidad de cada sustancia viene determinada por la resistencia necesaria, el tipo de adoquín y su uso previsto. Generalmente se busca una relación agua-cemento baja para mejorar la resistencia y reducir la absorción de humedad. Además, los áridos deben clasificarse adecuadamente para garantizar una compactación adecuada y minimizar el volumen de huecos en la mezcla.

El cemento Portland se cuantifica en la proporción adecuada para garantizar la cohesión y longevidad del adoquín. La cantidad debe ajustarse con los áridos para evitar mezclas excesivamente secas o húmedas, que podrían comprometer la resistencia a la compresión y la longevidad del producto. Los áridos, que forman la mayor parte de la mezcla, se seleccionan en función de su granulometría, dureza y limpieza, omitiendo impurezas que podrían perjudicar el fraguado y adherencia de los componentes.

El agua es crucial para la hidratación del cemento y la plasticidad de la mezcla. El exceso de agua puede reducir la resistencia máxima del adoquín, mientras que la cantidad insuficiente de agua puede dificultar la compactación y la adhesión entre los componentes. La relación agua-cemento debe controlarse cuidadosamente, a menudo entre 0,35 y 0,45, dependiendo de la formulación específica del hormigón.

Los aditivos, aunque se utilicen en pequeñas cantidades, pueden mejorar significativamente las propiedades del hormigón. Los plastificantes pueden reducir el contenido de agua sin afectar la trabajabilidad, los aceleradores de fraguado pueden acelerar los procesos de producción y los repelentes de agua pueden reducir la absorción de agua y mejorar la resistencia a la intemperie. La dosis de estos componentes debe administrarse precisamente para evitar efectos adversos en la combinación.

El proceso de dosificación en las instalaciones de fabricación de adoquines se realiza de forma automática, empleando instrumentos de pesaje y medición controlados por ordenador. Esto asegura uniformidad y consistencia en cada lote de producción. La



mezcla se realiza en mezcladores de alta eficiencia, lo que garantiza una distribución uniforme de los componentes antes del moldeo y la compactación.

La dosificación de los componentes en la fabricación de adoquines de hormigón es un proceso controlado con precisión que dicta la calidad del producto final. El diseño óptimo de la mezcla, el control preciso de la relación agua-cemento y el uso eficiente de aditivos aseguran que los adoquines cumplan con los estándares estructurales y estéticos necesarios para su aplicación en pavimentos, calles, plazas y áreas de alto tránsito.

3. Mezcla y uniformidad

Después de dosificar los componentes, se realiza la mezcla para lograr una distribución homogénea de los elementos en toda la mezcla. Este procedimiento puede ejecutarse manualmente, en mezcladoras de tambor, en instalaciones de concreto premezclado o con maquinaria industrial de alta eficiencia.

La duración y la velocidad de la mezcla son determinantes críticos de la calidad del producto final. Una mezcla inadecuada puede provocar la segregación de los componentes, mientras que una mezcla excesiva puede provocar la evaporación del agua, afectando así la trabajabilidad del material (Mehta y Monteiro, 2020). Para materiales que incorporan polímeros o fibras sintéticas, se deben emplear métodos de dispersión para proporcionar una distribución uniforme en toda la combinación (Ribeiro et al., 2023).

El mezclado y uniformidad en la fabricación de adoquines de concreto es un proceso esencial que garantiza la homogeneidad del material, la integridad estructural y la calidad del producto. La exacta amalgama de los componentes de la mezcla produce adoquines con cualidades mecánicas uniformes, asegurando su durabilidad y eficacia en pavimentos y zonas de alto tránsito. Este método debe ejecutarse bajo estrictos estándares de calidad y cumpliendo las normas técnicas establecidas.

El proceso de mezcla comienza con la combinación precisa de los componentes medidos: cemento, áridos finos y gruesos, agua y aditivos. Estos componentes están integrados en mezcladores de alto rendimiento, como mezcladores de eje vertical o mezcladores planetarios, que garantizan una distribución uniforme del material. La



agitación regular de la mezcla es crucial para lograr una hidratación uniforme del cemento y suficiente adherencia entre los agregados, evitando así la formación de grumos o áreas con concentraciones inconsistentes de material.

Regular la relación agua-cemento y la duración de la mezcla es esencial para lograr uniformidad en la mezcla. Una mezcla insuficientemente homogénea puede producir adoquines con variaciones en durabilidad y absorción de agua, comprometiendo así su longevidad. La duración del mezclado suele oscilar entre 2 y 5 minutos, dependiendo del equipo utilizado y de la formulación del hormigón. Un mezclado prolongado puede acelerar el fraguado, mientras que un mezclado insuficiente puede provocar discrepancias en la calidad de la pavimentadora.

Los aditivos son cruciales para mantener la uniformidad de la mezcla, ya que mejoran la trabajabilidad sin modificar la relación agua-cemento. Los plastificantes reducen las necesidades de agua, mejorando la compactación del adoquín y preservando su resistencia. Los aceleradores se pueden utilizar en ambientes de baja temperatura para mejorar los tiempos de producción y garantizar la uniformidad en el curado.

Al finalizar la mezcla, ésta debe mantener su consistencia durante el transporte al dispositivo de moldeo. Para evitar la segregación del material se recomienda un intervalo mínimo entre el mezclado y el conformado, manteniendo así la cohesión del hormigón. Durante todo el proceso de compactación y vibración, la mezcla debe fluir uniformemente dentro de los moldes para evitar la formación de burbujas de aire o huecos que puedan socavar la integridad del adoquín.

En conclusión, la integración y uniformidad en la fabricación de adoquines de hormigón son fundamentales para garantizar la calidad del producto final. El control preciso en la integración del material, la duración adecuada del mezclado y el uso de ciertos aditivos permiten la fabricación de adoquines consistentes y resistentes. Esta técnica asegura atributos estructurales y estéticos consistentes para cada componente, de acuerdo con estándares de calidad y entregando un desempeño óptimo en pavimentos urbanos y áreas de tránsito vehicular y peatonal.

4. Dar forma y moldear

La formación es el proceso por el cual la mezcla asume la forma definitiva del resultado. Durante la producción de adoquines de concreto, la mezcla se introduce en moldes de acero o plástico duro, donde se somete a vibración y compactación para eliminar los huecos y lograr una densidad óptima (Comité ACI 522, 2018).

- Existen varias técnicas de formado según el tipo de material y la aplicación prevista del producto:
- Moldeo por compactación: utilizado en la producción de bloques y adoquines de hormigón.
- La extrusión y el prensado se emplean en la fabricación de ladrillos cerámicos y materiales arcillosos.
- Moldeo por inyección: utilizado en la producción de artículos plásticos y polímeros estructurales.
- Fundición y vaciado: técnicas convencionales en la fabricación de componentes metálicos y estructuras de hormigón armado.

En algunas aplicaciones se emplean sistemas de curado acelerado, como la fabricación de prefabricados de hormigón, donde los materiales se exponen a vapor de agua a alta temperatura para disminuir los tiempos de endurecimiento sin comprometer la resistencia máxima (Neville & Brooks, 2021).

5. Curado y Solidificación

El curado es un procedimiento crucial en la producción de materiales cementosos, ya que facilita la hidratación del cemento y la mejora de la resistencia mecánica. Este procedimiento se puede ejecutar mediante curado húmedo, aplicación de membranas de curado o exposición a cámaras de vapor.

El curado debe mantenerse durante un mínimo de 7 días en entornos normales y hasta 28 días en situaciones controladas, dependiendo del tipo de combinación y la

aplicación del material (Silva et al., 2022). El curado inadecuado de los adoquines de hormigón puede provocar grietas, menor resistencia a la compresión y menor durabilidad.

6. Aseguramiento de la Calidad y Evaluación del Producto Final

Antes de su utilización in situ, los materiales:

- Las pruebas de estabilidad dimensional garantizan que los componentes producidos cumplan con las limitaciones de tamaño y forma establecidas por las normas (Comité ACI 522, 2018).
- Los resultados de estas pruebas permiten modificaciones en el proceso productivo y garantizan que el producto final cumpla con las normas de construcción.

Es un método complejo que implica selección de insumos, medición precisa, mezcla uniforme, forma efectiva, curado adecuado y control de calidad riguroso. Optimizar cada etapa es crucial para garantizar la resistencia de los materiales y la integridad estructural en el sitio. Además, la integración de tecnología innovadora y materiales reciclados puede mejorar la sostenibilidad del proceso y mitigar el efecto medioambiental vinculado.

2.2.2 Comportamiento físico y mecánico de los adoquines en condiciones de carga

Los adoquines de hormigón son componentes modulares diseñados para revestir zonas peatonales y vehiculares, lo que requiere el cumplimiento de estándares estrictos de resistencia, longevidad y estabilidad dimensional. El desempeño estructural está dictado por varias cualidades físicas y mecánicas que garantizan su funcionamiento bajo diversas circunstancias de carga y exposición ambiental (Neville & Brooks, 2021). Estas cualidades dependen de elementos como la calidad del material, la compactación durante la producción y la duración del curado, lo que garantiza que los adoquines cumplan con las normas de construcción contemporáneas.

1. Características físicas de los adoquines de hormigón

Hormigón están ligadas a su composición y estructura interna, influyendo en su durabilidad frente a variables ambientales y en su capacidad de contribuir a pavimentos urbanos duraderos. Las características principales incluyen:

- Densidad y peso específico: La densidad de los adoquines fluctúa según. Los adoquines de hormigón tienen una densidad aparente que oscila entre 2.200 y 2.500 kg/m³, lo que garantiza su estabilidad y resiliencia ante esfuerzos mecánicos (Comité ACI 522, 2018).
- Los adoquines afecta su longevidad, ya que una porosidad elevada puede aumentar su vulnerabilidad a la degradación por los ciclos de congelación y descongelación. Las directrices internacionales dictan que el porcentaje de absorción de agua no debe superar el 6% en entornos de exposición estándar (Silva et al., 2022).
- Estabilidad dimensional: La producción de adoquines requiere controles de calidad rigurosos para garantizar la coherencia en sus dimensiones. Las tolerancias de espesor y forma del adoquín deben apegarse a los criterios dados en NTP 399.611 y ASTM C936 para garantizar un adecuado ajuste en el pavimento (Mehta & Monteiro, 2020).
- Durabilidad y resiliencia a las condiciones climáticas: Los adoquines de concreto deben soportar fluctuaciones de temperatura, humedad y exposición a agentes químicos preservando su integridad estructural en el tiempo. La durabilidad está íntimamente ligada a la relación agua/cemento durante la producción y a la incorporación de aditivos que mejoren la impermeabilidad y la resistencia a agentes agresivos (Ribeiro et al., 2023).

2. Características mecánicas de los adoquines de hormigón

Dictan su capacidad para soportar esfuerzos estáticos y dinámicos, asegurando su estabilidad en superficies sometidas a la actividad peatonal y vehicular. Los parámetros primordiales incluyen:

- Resistencia a la compresión: Las regulaciones, incluidas ASTM C936 y NTP 399.611, estipulan mínima será de 350 kg/cm² para garantizar un desempeño adecuado para pavimentos de tráfico ligero a moderado (Comité ACI 211, 2019).
- Resistencia a la flexión: Los adoquines de hormigón deben poseer suficiente resistencia a la flexión para soportar cargas dispersas sin romperse. Se aconsejan valores superiores a 45 kg/cm² para pavimentos expuestos al tráfico regular, ya que mitigan la aparición de grietas y fallas superficiales tempranas (Silva et al., 2022).
- Módulo elástico: Esta característica denota la capacidad del adoquín de deformarse durante la aplicación de carga sin sufrir daños irreparables. Un módulo de elasticidad ideal garantiza que el adoquín pueda soportar impactos sin poner en peligro su integridad, particularmente en zonas de alto tránsito (Mehta & Monteiro, 2020).
- Durabilidad frente a la abrasión: La abrasión influye significativamente en la longevidad de los adoquines, ya que el tránsito continuo puede provocar pérdida de material en la superficie. Pruebas como la prueba de abrasión de Los Ángeles evalúan la durabilidad del hormigón frente a la fricción y el desgaste por uso prolongado (Ribeiro et al., 2023).

3. Determinantes que afectan las características de los adoquines de hormigón

- La eficacia de los adoquines de hormigón depende de varios elementos, entre ellos:
- La proporción de cemento, agregados, agua y aditivos afecta la resistencia y durabilidad del adoquín. Un diseño de mezcla adecuadamente equilibrado garantiza una compactación efectiva y reduce la porosidad dentro de la estructura del material (Comité ACI 211, 2019).
- Procedimiento de producción: La vibración o la compactación por prensado hidráulico son cruciales para eliminar huecos en la mezcla y mejorar la resistencia

mecánica. El curado eficaz, ya sea mediante métodos húmedos o con vapor, mejora el crecimiento de la resistencia con el tiempo (Neville & Brooks, 2021).

- Condiciones de exposición: los adoquines pueden experimentar ciclos de congelación y descongelación, humedad persistente y cargas fluctuantes, lo que requiere el uso de materiales que sean resistentes a estos factores. En zonas de alto tránsito se recomienda utilizar adoquines compuestos por áridos de alta resistencia y sometidos a un adecuado curado (Silva et al., 2022).

Comentarios concluyentes

La estabilidad dimensional los convierte en una alternativa ideal para infraestructuras de tráfico peatonal y de vehículos. La adecuada selección de materiales, un riguroso control de calidad durante toda la fabricación y el cumplimiento de las normas técnicas garantizan que los adoquines cumplan los criterios necesarios para el uso previsto en pavimentación.

2.2.3 Uso de adoquines en pavimentación

La utilización de adoquines en pavimentación se refiere al despliegue de componentes modulares hechos de concreto, arcilla o materiales alternativos en la creación de superficies transitables, incluidas calles, senderos, plazas, áreas de estacionamiento y carriles para bicicletas. Los adoquines brindan una alternativa estructuralmente efectiva y estéticamente adaptable a los pavimentos continuos, debido a su durabilidad mecánica, simplicidad de instalación y requisitos mínimos de mantenimiento (Neville & Brooks, 2021).

Los adoquines se definen por su capacidad de entrelazado, lo que facilita una mejor distribución de la carga y una mayor estabilidad estructural en relación con otras formas de pavimento. Además, su configuración modular permite la reparación y sustitución de componentes dañados sin grandes intervenciones, lo que los convierte en una solución caracterizada por la longevidad y la alta eficiencia operativa (Mehta & Monteiro, 2020).

Los sistemas de adoquines se pueden clasificar según su finalidad y composición. Los adoquines de hormigón convencionales, los adoquines entrelazados, los adoquines permeables y los adoquines ecológicos tienen distintos propósitos en la infraestructura urbana e industrial. La selección depende de elementos como el volumen de tráfico, las circunstancias climáticas y las demandas estéticas del proyecto (Silva et al., 2022).

Una ventaja principal de utilizar adoquines en la pavimentación es su capacidad para resistir el desgaste y las tensiones dinámicas, lo que los hace apropiados para zonas de actividad peatonal y automovilística. Según el Comité ACI 522 (2018), los adoquines de hormigón deben alcanzar una resistencia a la compresión superior a 350 kg/cm² para garantizar su eficacia en pavimentos con tránsito moderado.

Los adoquines, particularmente los permeables, no solo cumplen propósitos estructurales, sino que también contribuyen significativamente a la gestión sostenible del agua al facilitar la penetración de las lluvias, disminuyendo así la escorrentía superficial y promoviendo la recarga de los acuíferos (Ribeiro et al., 2023). Este atributo los hace óptimos para iniciativas urbanas destinadas a aliviar los efectos de las precipitaciones y mejorar la sostenibilidad ambiental.

En conclusión, el uso de adoquines en la construcción de carreteras e infraestructura urbana es una técnica predominante, debido a su durabilidad mecánica, diversidad de aplicaciones y contribución a la sostenibilidad ambiental. Su diseño modular y su simplicidad de mantenimiento les brindan una opción factible para diversas aplicaciones de pavimentos urbanos e industriales.

2.2.3.1 Ventajas y desventajas

Beneficios de los adoquines de hormigón

Son componentes modulares prefabricados que se emplean en pavimentación, debido a sus numerosos beneficios en cuanto a resistencia, durabilidad y sostenibilidad. Su utilización en el desarrollo de vías urbanas, estacionamientos, vías peatonales y áreas comunales se atribuye a su capacidad para soportar cargas de tráfico sustanciales, su



sencilla instalación y mantenimiento, junto con sus efectos beneficiosos en la gestión del agua y la eficiencia de costos. duración prolongada (Neville & Brooks, 2021).

Cargas considerables sin experimentar deformaciones significativas. Según el Comité ACI 522 (2018), debe superar los 350 kg/cm² para garantizar su integridad estructural en pavimentos sujetos a tráfico moderado a alto. Además, su capacidad de entrelazado mejora la distribución de la carga, evitando fracturas y desplazamientos, extendiendo así su longevidad (Mehta & Monteiro, 2020).

Una ventaja significativa es la simplicidad de mantenimiento y reparación. A diferencia del pavimento continuo, se pueden extraer y sustituir adoquines individuales, lo que facilita reparaciones rápidas sin alterar toda el área pavimentada. Esto disminuye los gastos de mantenimiento y prolonga la vida útil del pavimento, convirtiéndolo en una solución rentable a largo plazo (Silva et al., 2022).

Los adoquines de hormigón aportan beneficios para la gestión del agua y la sostenibilidad desde una perspectiva medioambiental. Los adoquines permeables facilitan la penetración de las lluvias, disminuyen la escorrentía superficial y promueven la recarga de los acuíferos, lo que los hace óptimos para sistemas de drenaje urbano sostenibles (Ribeiro et al., 2023). Además, en su producción se pueden utilizar materiales reciclados, incluidos áridos procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD), mitigando así el efecto medioambiental y conservando los recursos naturales (Silva et al., 2022).

Una ventaja notable de los adoquines de hormigón es su adaptabilidad en diseño y uso. Ofrecidos en diversas formas, colores y texturas, brindan la personalización de las áreas urbanas y la armonización estética con el entorno. Su flexibilidad permite la instalación en muchos tipos de proyectos, incluidas carreteras, plazas, estacionamientos industriales y zonas de alta carga (Neville & Brooks, 2021).

En resumen, los adoquines de hormigón constituyen una opción ideal para pavimentar debido a su durabilidad mecánica, simplicidad de mantenimiento, ventajas ambientales y flexibilidad de diseño. Su utilización en infraestructura urbana garantiza una



mayor durabilidad y eficacia estructural al tiempo que fomenta metodologías de construcción sostenibles.

Limitaciones de los adoquines de hormigón

La pavimentación, su uso implica limitaciones específicas que deben abordarse y viales. Estos límites incluyen aspectos como el precio inicial, la integridad estructural en determinadas circunstancias y las demandas de instalación y mantenimiento (Neville & Brooks, 2021).

Una desventaja principal de los adoquines de concreto es su elevado costo inicial en relación con técnicas de pavimentación alternativas, como el asfalto o el concreto moldeado in situ. Si bien su longevidad y bajo mantenimiento pueden compensar este problema con el tiempo, el gasto inicial en materiales, mano de obra y preparación del sitio podría ser significativamente elevado, limitando así su uso en proyectos con presupuestos limitados (Comité ACI 522, 2018).

Otro factor a considerar es la potencial inestabilidad de los adoquines en zonas de alta movilidad o sustrato mal compactado. Una ejecución inadecuada del procedimiento de instalación puede provocar desniveles y desplazamientos de los componentes con el tiempo, comprometiendo tanto el funcionamiento como la belleza del piso. Esto es particularmente frecuente en regiones con mucho tráfico o cimientos inadecuados, lo que requiere un mantenimiento regular para evitar deformaciones de la superficie (Mehta y Monteiro, 2020).

Además, los adoquines de hormigón pueden tener problemas con la acumulación de sedimentos y vegetación en sus juntas, especialmente en áreas húmedas o con un mantenimiento inadecuado. La acumulación de suciedad y escombros entre los segmentos podría disminuir la permeabilidad y perjudicar el drenaje del pavimento, aumentando el riesgo de erosión y degradación temprana (Silva et al., 2022). Para mitigar estas dificultades, es importante realizar una limpieza periódica y aplicar selladores a las juntas según sea necesario.

Otra desventaja es su susceptibilidad a cargas dinámicas importantes y vibraciones persistentes. A pesar de su gran pueden fracturarse o moverse debido a impactos repetitivos o actividad mecánica intensa si no están sostenidos por una base adecuada. En tales casos, es aconsejable emplear diseños de pavimento reforzado o integrarlos con dispositivos de confinamiento laterales para mejorar su estabilidad estructural (Ribeiro et al., 2023).

Los adoquines pueden verse influenciados por los ciclos de congelación y descongelación, lo que provoca la expansión y contracción del material debido a las condiciones meteorológicas. No utilizar adoquines con suficiente resistencia a la absorción de agua y tratamiento impermeabilizante puede provocar grietas y deterioro de la superficie con el tiempo (Neville & Brooks, 2021).

En conclusión, si bien los adoquines de hormigón son una opción de pavimentación versátil y duradera, su uso debe tener en cuenta cuestiones como los gastos iniciales, la estabilidad del suelo, el mantenimiento adecuado y la resiliencia a las influencias ambientales. El diseño, la selección de materiales y la ejecución del proyecto adecuados pueden aliviar estas limitaciones, garantizando el máximo rendimiento en las infraestructuras urbanas y viales.

2.2.3.2 Aplicaciones en vías urbanas y rurales

Las opciones de pavimentación para caminos urbanos y rurales deben incorporar integridad estructural, durabilidad y facilidad de mantenimiento, considerando al mismo tiempo las condiciones del tráfico y el entorno circundante. Los materiales utilizados en la construcción de estas vías deben cumplir con estrictos criterios técnicos para garantizar su eficacia y seguridad. Los adoquines de hormigón, asfalto, hormigón hidráulico y otros pavimentos rígidos y flexibles se encuentran entre las soluciones más utilizadas (Neville & Brooks, 2021).

La pavimentación de las vías urbanas debe soportar un tránsito importante de vehículos y peatones garantizando al mismo tiempo una coherencia estética con el



entorno. Los adoquines de hormigón sirven como una alternativa viable debido a sus propiedades de entrelazado, resistencia a la compresión y facilidad de mantenimiento. Además, su diseño modular permite la sustitución individual, evitando así costosas reparaciones en caso de deterioro. Los municipios han estado empleando adoquines permeables para permitir la infiltración de la lluvia y reducir la escorrentía superficial, promoviendo así la sostenibilidad ambiental y aliviando los riesgos de inundaciones (Comité ACI 522, 2018).

Por el contrario, la pavimentación de caminos rurales enfrenta mayores desafíos, como una topografía desigual, una capacidad de carga insuficiente del suelo y condiciones climáticas extremas. Los materiales de pavimentación en estos entornos deben demostrar resistencia a la erosión y permitir un drenaje eficiente para evitar el deterioro temprano de la superficie. En las zonas rurales, se emplean materiales como grava estabilizada, hormigón compactado y adoquines de hormigón por su longevidad y menores necesidades de mantenimiento en relación con los pavimentos asfálticos (Silva et al., 2022).

Una consideración vital en aplicaciones viales es la seguridad y comodidad de los usuarios. En entornos urbanos, el pavimento debe garantizar una superficie uniforme y antideslizante, pero en las regiones rurales, los materiales utilizados deben mitigar la formación de baches y deformidades resultantes de las influencias climáticas y vehiculares. Los pavimentos de adoquines y hormigón tienen una degradación reducida por las variaciones de temperatura en comparación con el asfalto, lo que los hace adecuados para regiones sometidas a frecuentes ciclos de congelación y descongelación (Ribeiro et al., 2023).

Además, en lo que respecta a los gastos y el mantenimiento, las carreteras urbanas suelen tener una infraestructura superior y recursos asignados para la rehabilitación rutinaria del pavimento. En zonas rurales con recursos limitados se priorizan opciones rentables y muy duraderas, como los pavimentos de adoquines, que tienen una vida útil más larga y requieren menos mantenimiento que los pavimentos flexibles (Mehta & Monteiro, 2020).

En conclusión, las aplicaciones de pavimentación para caminos urbanos y rurales deben adaptarse a los requisitos del tráfico, las consideraciones ambientales y la disponibilidad de recursos. Los entornos urbanos priorizan la eficiencia, la estética y la sostenibilidad, mientras que los caminos rurales enfatizan la durabilidad, el poco mantenimiento y la adaptabilidad al paisaje. El uso sensato de materiales y técnicas de pavimentación garantiza la seguridad y eficacia de las infraestructuras viarias en diversas circunstancias.

2.2.4 Agregados finos reciclados

Los agregados finos reciclados son materiales granulares derivados de la trituración, procesamiento y reutilización de desechos de construcción y demolición (RCD), incluidos fragmentos de concreto, ladrillos, mortero y otros materiales inorgánicos. Su principal aplicación radica en la fabricación de hormigones y morteros sostenibles, donde pueden sustituir parcial o totalmente los áridos finos naturales, ayudando así a mitigar el efecto ambiental del sector de la construcción (Silva et al., 2022).

Técnicamente, los áridos finos reciclados tienen características similares a los áridos naturales en cuanto a granulometría y resistencia; sin embargo, su absorción de agua suele ser mayor debido a la presencia de microfisuras y partículas altamente porosas. Esta característica puede influir en la relación agua/cemento en mezclas de concreto, lo que requiere modificaciones en el diseño de la mezcla para mejorar su desempeño en aplicaciones estructurales (Neville & Brooks, 2021).

Los áridos finos reciclados pueden proceder de diversas fuentes, entre ellas:

- Residuos de concreto: Generados por la pulverización de componentes estructurales obsoletos, incluyendo losas, vigas y columnas.
- Residuos cerámicos y de albañilería: Procedentes de la destrucción de muros y tabiques de ladrillo, que ofrecen resistencia mecánica, pero presentan una mayor absorción de agua.

- Los morteros endurecidos son materiales cementosos extraídos de construcciones envejecidas, que presentan variadas cualidades influenciadas por su nivel de hidratación y concentración de cemento (Ribeiro et al., 2023).

La incorporación de áridos finos reciclados en la producción de hormigón tiene numerosas ventajas medioambientales y económicas, ya que disminuye la explotación de las canteras, minimiza la formación de residuos y fomenta una economía circular dentro de la industria de la construcción. Estudios recientes indican que integrar hasta un 30% de áridos reciclados en las mezclas de hormigón no impacta sustancialmente en su resistencia mecánica, siempre que se realicen modificaciones en las proporciones de agua y aditivos (Mehta & Monteiro, 2020).

Sin embargo, los agregados finos reciclados tienen limitaciones específicas, incluida la heterogeneidad en la composición y las cualidades físicas, que pueden afectar la trabajabilidad y durabilidad del concreto. Para paliar estos impactos, es recomendable implementar un procedimiento de clasificación y pretratamiento, que abarque tamizado, lavado y remoción de contaminantes, asegurando así una calidad uniforme en su aplicación (Comité ACI 211, 2019).

En resumen, los áridos finos reciclados representan un sustituto sostenible de los áridos tradicionales en la fabricación de materiales cementantes. La correcta incorporación de este material en mezclas de hormigón y mortero no sólo ayuda a la preservación de los recursos naturales, sino que también mejora la eficacia en la gestión de residuos de construcción y demolición. Con los avances en la tecnología y la investigación en este campo, se anticipa una mayor incorporación de estos materiales en iniciativas de infraestructura y desarrollo urbano sostenible.

2.2.4.1 Definición y clasificación

La descripción y clasificación de los materiales de construcción son cruciales en la ingeniería civil, ya que facilitan la identificación de cualidades, aplicaciones y limitaciones en diversos proyectos. En el ámbito del hormigón y los pavimentos, los materiales se eligen



en función de sus propiedades físicas, mecánicas y químicas, garantizando su resiliencia y longevidad en infraestructuras urbanas y rurales (Neville & Brooks, 2021).

Los materiales de construcción se describen como los componentes utilizados en la creación de estructuras y superficies navegables, como caminos, calles y aceras. Estos materiales pueden ser de origen natural, como piedra y arena, o de origen industrial, como cemento y áridos reciclados. La producción de adoquines de hormigón requiere de una amalgama precisa de elementos que asegure resistencia a la compresión, estabilidad dimensional y poca absorción de agua, facilitando su uso efectivo en pavimentaciones de alto tránsito (Mehta & Monteiro, 2020).

La clasificación de estos materiales se puede realizar en función de su origen y composición desde un punto de vista funcional. Los materiales naturales abarcan sustancias que existen en su estado sin refinar en la naturaleza y requieren un procesamiento mínimo para su utilización, incluidas la grava, la arena y la arcilla. Por el contrario, los materiales sintéticos se han sometido a procesos industriales para mejorar su eficacia, incluidos el cemento Portland, los ladrillos y los áridos finos reciclados derivados del procesamiento de escombros de construcción y demolición (Silva et al., 2022).

Los materiales de construcción también se pueden clasificar según su papel en la mezcla de hormigón. Los elementos de unión, entre ellos el cemento y la cal, facilitan la conexión entre otros componentes, proporcionando así cohesión estructural. Los agregados, ya sean finos o gruesos, forman la base granular del hormigón e influyen en su resistencia mecánica. De manera similar, los suplementos químicos y minerales, incluidos plastificantes y retardadores, permiten modificar las cualidades del concreto para mejorar su desempeño en situaciones específicas (Ribeiro et al., 2023).

En pavimento, los materiales se clasifican en rígidos o flexibles. Los materiales rígidos, como los adoquines de hormigón y el hormigón armado, poseen una resistencia a la flexión significativa y son óptimos para soportar cargas sustanciales sin deformarse. Por el contrario, los materiales flexibles como el asfalto proporcionan elasticidad a la superficie,

lo que los hace apropiados para regiones que experimentan continuas fluctuaciones de calor (Comité ACI 522, 2018).

Los materiales de construcción se pueden clasificar en convencionales y sostenibles desde una perspectiva medioambiental. Los materiales tradicionales requieren una extracción extensiva de recursos naturales y producen una mayor huella de carbono, como lo ejemplifican el cemento y los agregados naturales. Los materiales sostenibles o reciclados, incluidos los agregados reciclados y las fibras plásticas reutilizadas, facilitan la reducción del impacto ambiental y mejoran la eficiencia de los recursos (Silva et al., 2022).

En conclusión, definir y clasificar los materiales de construcción facilita la selección de insumos adecuados para cada proyecto, mejorando así la resistencia, durabilidad y sostenibilidad de las infraestructuras. La tendencia de utilizar materiales reciclados y tecnologías avanzadas ha fomentado la creación de opciones más sostenibles que brindan integridad estructural y al mismo tiempo preservan la conservación del medio ambiente.

2.2.4.2 Procesamiento de agregados finos reciclados

Esta técnica es esencial para maximizar, minimizar el efecto ambiental y mejorar la sostenibilidad en la producción de hormigón y otros productos de cemento (Silva et al., 2022).

El proceso comienza con la recolección y categorización de basura de construcción y demolición, que puede abarcar piezas de concreto, mortero endurecido, ladrillos y cerámicas. Para garantizar la calidad del agregado reciclado, es imperativo excluir componentes indeseables, como metales, plásticos y yesos, que puedan influir en las características finales del material procesado (Neville & Brooks, 2021).

Una vez clasificada, la basura pasa por un proceso de trituración, que puede ocurrir en una o varias fases según las dimensiones y densidad de los componentes. Durante esta fase se emplean trituradoras de impacto, de mandíbulas o de cono para disminuir el tamaño de las partículas hasta conseguir una granulometría comparable a la de los áridos finos naturales. Controlar la formación de polvo y pequeñas partículas es crucial, ya que



un exceso de estos elementos podría perjudicar la trabajabilidad y absorción de agua del hormigón producido con estos áridos (Mehta & Monteiro, 2020).

Posteriormente, el material pulverizado se somete a un procedimiento de tamizado, donde las partículas se clasifican según sus dimensiones. Este proceso permite la adquisición de árido fino reciclado con cualidades granulométricas consistentes, facilitando su integración en composiciones de hormigón y mortero sin comprometer sus características mecánicas. En este momento, se pueden emplear técnicas de lavado para erradicar las impurezas y disminuir la cantidad de partículas reactivas que podrían influir en la hidratación del cemento (Comité ACI 211, 2019).

Después del tamizado y lavado, los agregados finos reciclados deben someterse a un proceso de control de calidad que evalúa factores que incluyen densidad, absorción de agua, resistencia a la fragmentación y contenido de materia orgánica. Estas evaluaciones aseguran que el material cumple con los criterios técnicos exigidos por normas como ASTM C33 y NTP 400.037, confirmando su idoneidad para su aplicación tanto en concreto estructural como no estructural (Ribeiro et al., 2023).

Los agregados finos reciclados se pueden utilizar en la producción de concreto convencional, concreto permeable, adoquines de concreto y morteros de mampostería, disminuyendo así el consumo de agregados naturales y minimizando los desechos de la construcción. Sin embargo, su aplicación requiere modificaciones en respecto a los agregados naturales (Silva et al., 2022).

El procesamiento de áridos finos reciclados es un método crucial en la economía circular para la construcción. La aplicación facilita la mitigación del efecto ambiental, reduce los gastos. A medida que la tecnología avance y las regulaciones se vuelvan más estrictas, se prevé que aumente su utilización en infraestructura urbana y pavimentación.

2.2.4.3 Propiedades físicas y químicas

Construcción son factores esenciales que influyen en su rendimiento estructural, durabilidad y compatibilidad con otros componentes en el montaje de la construcción. Las

características influyen en la resistencia mecánica, la trabajabilidad, la estabilidad y las interacciones ambientales, lo que hace que su análisis sea esencial para la selección y aplicación de materiales en proyectos de infraestructura (Neville & Brooks, 2021).

Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades físicas de un material se refieren a sus características observables y medibles sin alterar su composición química. Los principales materiales de construcción comprenden:

- La densidad es la relación masa-volumen de un material. Esta característica influye directamente en la resistencia y capacidad portante del hormigón. Un peso específico elevado indica una mejor compactación y una menor porosidad, mejorando así la durabilidad del material (Mehta & Monteiro, 2020).
- La porosidad se refiere al volumen de huecos en un material, mientras que la absorción de agua evalúa su capacidad para retener líquidos. Los materiales altamente porosos pueden ser más susceptibles a la degradación debido a los ciclos de congelación y descongelación, poniendo en peligro su integridad estructural a largo plazo (Silva et al., 2022).
- Durabilidad: estos atributos determinan la capacidad de un material para soportar la abrasión de la superficie. Los adoquines de concreto empleados en pavimentación deben exhibir una resistencia superior a la abrasión para soportar el tráfico de peatones y vehículos mientras preservan su textura y estabilidad (Comité ACI 522, 2018).
- Conductividad térmica y coeficiente de expansión térmica: Para transferir calor, relevante en ambientes con variaciones sustanciales de temperatura. El coeficiente de expansión térmica mide la respuesta de un material a las fluctuaciones de temperatura, mitigando grietas y deformaciones en construcciones expuestas a climas extremos (Ribeiro et al., 2023).



Propiedades químicas

Las características químicas definen las interacciones de los materiales con sustancias externas, así como su estabilidad y reactividad bajo diferentes condiciones ambientales. Los materiales primarios en las categorías cementosos y pétreos comprenden:

- La composición química de materiales como el hormigón y los agregados, en particular las proporciones, determina su resistencia y durabilidad. La cual influye en sus características de hidratación y fraguado (Neville & Brooks, 2021).
- Reactividad con agentes externos: La interacción de materiales con agentes químicos, como sulfatos y ácidos, puede provocar el deterioro de las estructuras de hormigón. Los sulfatos en los suelos y el agua pueden inducir expansión y agrietamiento en los materiales cementosos, mientras que los ácidos pueden degradar la matriz del concreto en ausencia de recubrimientos protectores adecuados (Silva et al., 2022).
- Resiliencia química: La resistencia del material a la carbonatación y la corrosión es fundamental para establecimientos expuestos a condiciones ambientales. La carbonatación, reduciendo su alcalinidad y afectando el acero de refuerzo en construcciones reforzadas (Mehta & Monteiro, 2020).
- Compatibilidad con aditivos y materiales suplementarios: La producción de concreto incorpora aditivos como plastificantes, retardadores y aceleradores para modificar sus características. La compatibilidad química de estos aditivos con los constituyentes del cemento es crucial para garantizar una mezcla homogénea y un excelente desempeño del material en obra (Ribeiro et al., 2023).

Los materiales de construcción son esenciales para evaluar su eficacia en aplicaciones estructurales. El estudio ayuda en la selección de materiales adecuados según los criterios del proyecto, garantizando resistencia mecánica, durabilidad y

compatibilidad ambiental. El estudio y desarrollo de materiales innovadores busca mejorar estos atributos, aumentando la sostenibilidad y la eficiencia en la construcción.

2.2.4.4 Impacto en el medio ambiente

Las consecuencias medioambientales de las actividades de construcción son un problema y la gestión sostenible de los recursos. La producción de materiales como cemento, áridos y adoquines de hormigón afecta significativamente la explotación de construcción y demolición (RCD). Para mitigar estas consecuencias, es fundamental adoptar métodos de reutilización, reciclaje y tecnologías innovadoras que reduzcan construcción (Silva et al., 2022).

Una de las principales preocupaciones ambientales asociadas con la construcción es la extracción de agregados naturales. La extracción de arena y grava de ríos y canteras impacta negativamente en los ecosistemas, alterando la biodiversidad y provocando erosión del suelo. Además, la sobreexplotación de estos recursos no renovables genera un desequilibrio ambiental que afecta negativamente a la calidad del agua y la estabilidad de los ecosistemas acuáticos. El uso de áridos reciclados procedentes de RCD ofrece una solución viable para reducir la dependencia de los áridos naturales y aliviar el daño ambiental (Ribeiro et al., 2023).

Un factor ambiental esencial (GEI) durante la producción de materiales de construcción, especialmente en la fabricación de cemento. Se proyecta que el sector del cemento contribuirá con alrededor del 8% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO_2), debido principalmente a la calcinación de carbonato de calcio en hornos de clinkerización. Para paliar este impacto, se han desarrollado tecnologías como cementos, que permiten reducir el contenido de clinker sin comprometer la resistencia del hormigón (Neville & Brooks, 2021).

Cantidades importantes de residuos, como escombros de hormigón, ladrillos y cerámica, quedan relegados a los vertederos, consumiendo espacio vital e intensificando. Para abordar esta cuestión, se ha impulsado el reciclaje de residuos de la construcción,

empleándolos como recurso prima para la creación de nuevos materiales, como áridos reciclados y adoquines sostenibles (Mehta & Monteiro, 2020).

Asociados con la producción y eliminación de materiales, también afecta al medio ambiente. Los pavimentos pueden causar problemas de gestión de aguas pluviales debido a su impermeabilidad, lo que provoca un aumento de la escorrentía superficial y contribuye al mal funcionamiento de los sistemas de drenaje urbano. Se han desarrollado adoquines permeables para promover la infiltración de agua en el subsuelo, impulsando así la recarga de los acuíferos, reduciendo el riesgo de inundaciones y promoviendo la sostenibilidad urbana (Comité ACI 522, 2018).

Su extracción, fabricación, transporte y disposición final. Los materiales con altos requerimientos energéticos, como el cemento y el acero, generan una mayor huella de carbono que sus homólogos reciclados o poco procesados. Así, la utilización de materiales con menor impacto energético, como áridos reciclados y aditivos industriales, el impacto ambiental en la edificación (Silva et al., 2022).

Las consecuencias ecológicas de la industria de la construcción plantean un problema que requiere soluciones innovadoras y sostenibles. Reciclar escombros de construcción y demolición e implementar tecnologías sustentables en pavimentos son estrategias críticas para mitigar y la aplicación de regulaciones más rigurosas promuevan una transición hacia una infraestructura sostenible y resiliente.

2.2.5 Plástico reciclado en la construcción

La utilización de plástico reciclado en la construcción ha surgido como una solución novedosa y sostenible para mitigar la contaminación ambiental y mejorar las cualidades mecánicas. La creciente acumulación de residuos plásticos, sumada a la necesidad de reducir el impacto ambiental del sector de la construcción, ha impulsado el avance de tecnologías que permiten la integración de polímeros reciclados en la producción de hormigón, pavimentos, adoquines y otros componentes estructurales (Silva et al., 2022).

Una aplicación principal del plástico reciclado en la construcción es su integración en formulaciones de hormigón y mortero. Disminuye el peso del material y promueve la durabilidad al minimizar la absorción de agua y el desarrollo de grietas (Neville & Brooks, 2021).

Además, el plástico reciclado se utiliza en la producción de adoquines y adoquines, sirviendo como aglutinante o refuerzo estructural. Los adoquines construidos con plástico reciclado ofrecen beneficios que incluyen una mayor resistencia al impacto, una menor absorción de humedad y una mayor flexibilidad, lo que los hace adecuados para zonas de mucho tráfico y lugares con importantes fluctuaciones de calor. Del mismo modo, la incorporación de plásticos recuperados en el pavimento disminuye el consumo de áridos naturales y disminuye el volumen de residuos plásticos dirigidos a vertederos y mares (Mehta & Monteiro, 2020).

Para refuerzos estructurales y fibras sintéticas. Las botellas de PET recicladas y otros desechos poliméricos se pueden transformar en fibras plásticas, que pueden integrarse en el hormigón para mejorar su resistencia a la tracción y mitigar la propagación de fracturas. Estas fibras han demostrado eficacia como una alternativa superior a las fibras de acero y vidrio, con los beneficios adicionales de un peso reducido y una mayor resistencia a la corrosión (Comité ACI 522, 2018).

El plástico reciclado se ha incorporado a la producción de paneles y materiales compuestos para aislamiento térmico y acústico. Las placas y paneles construidos con plásticos reciclados brindan un excelente aislamiento, resistencia a la humedad y facilidad de instalación, lo que los convierte en una opción factible para revestimientos de paredes y techos en estructuras sustentables. Además, la fabricación de estos paneles requiere un uso energético reducido en comparación con materiales convencionales como el cemento y el yeso (Ribeiro et al., 2023).

A pesar de sus ventajas, la incorporación del plástico reciclado en la edificación encuentra obstáculos específicos. Una desventaja principal es la inconsistencia en la composición y calidad de los plásticos reciclados, que podría influir en la homogeneidad

de los materiales producidos. De manera similar, ciertos polímeros presentan desafíos en la unión con cemento, lo que requiere el uso de aditivos y métodos de compatibilización para mejorar la cohesividad del material. No obstante, los avances en el procesamiento y la creación de nuevas formulaciones han permitido optimizar. (Silva et al., 2022).

En resumen, el plástico reciclado en la construcción sirve como una alternativa viable para mitigar el impacto ambiental del negocio y potenciar las características de los materiales tradicionales. Su utilización en hormigones, adoquines, refuerzos estructurales y paneles aislantes ilustra su adaptabilidad y potencial en el desarrollo de infraestructuras sostenibles. Debido a los avances en la investigación y la implementación de normas que promueven los materiales reciclados, se prevé que el plástico reciclado.

2.2.5.1 Proceso de reciclaje y transformación

El proceso de reciclaje y transformación comprende técnicas diseñadas para recuperar materiales de desecho y convertirlos en nuevos productos con cualidades útiles comparables o mejoradas. Este proceso es crucial en la construcción para mitigar el efecto ambiental, optimizar los recursos naturales y fomentar una economía circular que evite el desperdicio y mejore la sostenibilidad (Silva et al., 2022).

El reciclaje comienza con la recolección y categorización y composición. Los agregados reciclados se derivan de escombros de construcción y demolición (CDR), incluidos concreto, ladrillos, cerámica y mortero endurecido, que se eligen para su procesamiento. En el reciclaje de plástico se distinguen muchos polímeros, entre ellos el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y el tereftalato de polietileno (PET), ya que cada tipo de plástico necesita un tratamiento determinado para su reutilización en la edificación (Ribeiro et al., 2023).

Tras la clasificación, los materiales se someten a un proceso de limpieza y separación de impurezas que elimina contaminantes como metales, madera, yeso y desechos orgánicos. Para los áridos reciclados, se realiza un lavado y tamizado para garantizar que el material esté libre de partículas finas indeseables. Se emplean



procedimientos de lavado químico y mecánico de plásticos reciclados para eliminar adhesivos, tintes y otras sustancias que podrían afectar su desempeño en aplicaciones estructurales (Neville & Brooks, 2021).

Posteriormente, los materiales son triturados y fresados, facilitando la reducción de tamaño y logrando una granulometría adecuada para su reintegración en la producción de hormigón, adoquines y otros componentes de la construcción. El procesamiento de agregados reciclados se realiza mediante trituradoras de mandíbulas o de impacto, asegurando el cumplimiento de los criterios granulométricos establecidos por normas como ASTM C33 y NTP 400.037 (Mehta & Monteiro, 2020). La trituración y molienda de plásticos reciclados transforma los polímeros en diminutas partículas o escamas, que posteriormente pueden fundirse y reconstituirse en nuevos productos.

Tras la adquisición de los materiales procesados, estos sufren una metamorfosis para adaptarse a sus nuevos propósitos. Los agregados reciclados se integran en mezclas de concreto para producir bloques, adoquines y componentes prefabricados. Los áridos reciclados, según su composición y origen, pueden sustituir entre un 20% y un 50% de los áridos naturales sin comprometer sustancialmente la resistencia mecánica del hormigón (Silva et al., 2022).

El proceso de transformación de los plásticos recuperados difiere según su aplicación prevista. En la producción de adoquines y pavimentos, los polímeros pueden colarse y moldearse directamente en componentes modulares o integrarse como aditivos en mezclas cementosas para mejorar la flexibilidad y disminuir la fragilidad del material. También pueden extruirse como fibras plásticas, sirviendo como refuerzo estructural en la tracción y al agrietamiento (Comité ACI 522, 2018).

El proceso de reciclaje y transformación disminuye la dependencia de materiales vírgenes, al mismo tiempo que mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mejora la gestión de los residuos producidos por el sector de la construcción. La adopción de tecnología moderna y el establecimiento de leyes estrictas han impulsado la expansión

de este sector, fomentando la utilización de materiales reciclados en infraestructuras sostenibles con mínimo impacto ambiental (Ribeiro et al., 2023).

En conclusión, el proceso de reciclaje y transformación es un mecanismo esencial para la construcción sostenible, permitiendo la reutilización de materiales de desecho en la producción de nuevos productos con fines estructurales y funcionales. La adecuada ejecución de estos procesos asegura mejora continua de los métodos de procesamiento y la implementación de reglas que promuevan la reutilización de materiales conduzcan a una mayor incorporación del reciclaje en la creación de infraestructura duradera y sostenible.

2.2.6 Ventajas y desafíos del uso de materiales reciclados en la construcción

Junto con los plásticos y otros materiales industriales, facilita la reducción de la producción de residuos y mejora la eficiencia en el uso de los recursos. Sin embargo, su implementación encuentra numerosos obstáculos tecnológicos, económicos y regulatorios que deben resolverse para garantizar su viabilidad a gran escala (Silva et al., 2022).

Beneficios de utilizar materiales reciclados en la construcción

Un beneficio principal de utilizar materiales reciclados es la mitigación del daño ambiental. La utilización de áridos y plásticos reciclados mitiga la sobreexplotación de áridos nativos y la acumulación de basura en los vertederos, ayudando así a la preservación de los ecosistemas y disminuyendo la huella ecológica del sector (Ribeiro et al., 2023).

Un beneficio adicional significativo (GEI), particularmente en la fabricación de cemento, que representa necesaria, lo que reduce sustancialmente las emisiones asociadas al proceso de clinkerización (Neville & Brooks, 2021).

Económicamente, la utilización de materiales reciclados puede generar reducciones en los gastos de producción y envío. La utilización de agregados reciclados de RCD en la producción de concreto disminuye la necesidad de agregados naturales, lo que potencialmente resulta en una optimización de costos para proyectos a gran escala. De manera similar, en muchas áreas, los gobiernos han establecido incentivos fiscales y

reglas que promueven la utilización de materiales reciclados, facilitando su incorporación al sector de la construcción (Mehta & Monteiro, 2020).

Los materiales reciclados pueden mejorar características específicas del hormigón y otros componentes de la construcción en cuanto al rendimiento estructural. La incorporación de plásticos reciclados en adoquines y pavimentos mejora la flexibilidad y la resistencia al impacto, disminuyendo así la fragilidad del material y aumentando la durabilidad en condiciones adversas (Comité ACI 522, 2018).

Obstáculos asociados a la utilización

A pesar de sus ventajas, la utilización de materiales reciclados en la construcción encuentra numerosos obstáculos. El problema principal es la inconsistencia en la calidad y el contenido de los materiales reciclados, que pueden influir en la uniformidad y el rendimiento de las mezclas de hormigón. A diferencia de los áridos naturales, los áridos reciclados pueden poseer contaminantes, partículas de granulometría variable y residuos de adhesivos o recubrimientos que afectan sus propiedades mecánicas (Silva et al., 2022).

Otro problema es la ausencia de normas y estándares internacionales que regulen la utilización de materiales reciclados en aplicaciones estructurales. Si bien diversas autoridades establecen restricciones de sustitución de áridos reciclados, la falta de regulaciones específicas en varios países complica su aceptabilidad en proyectos de infraestructura públicos y privados (Ribeiro et al., 2023).

La recolección, clasificación y procesamiento de materiales reciclados requiere inversiones en infraestructura y tecnología especializadas para una logística eficiente. Los procedimientos de trituración, cribado y purificación de escombros de construcción pueden resultar costosos y, en ciertos casos, no garantizan una calidad uniforme del material procesado. Además, el envío y almacenamiento de estos materiales pueden generar gastos suplementarios que influyen en su competitividad en relación con los materiales convencionales (Neville & Brooks, 2021).

Desde una perspectiva científica, ciertos materiales reciclados plantean problemas en cuanto a su compatibilidad química y mecánica con los materiales convencionales.



Ciertos plásticos reciclados pueden presentar problemas de adhesión con el cemento, lo que requiere el uso de aditivos o técnicas de modificación de la superficie para mejorar su compatibilidad con las mezclas de concreto. De manera similar, los agregados reciclados generalmente exhiben una mayor absorción de agua, lo que requiere modificaciones. (Mehta & Monteiro, 2020).

Un factor pertinente es la percepción y aceptación del mercado, ya que ciertos desarrolladores y expertos en construcción muestran reticencias a utilizar materiales reciclados debido a la ausencia de estudios a largo plazo sobre su durabilidad y desempeño en condiciones extremas. Mejorar la conciencia y la educación sobre las ventajas y aplicaciones de estos materiales es crucial para fomentar su aceptación dentro del sector (Comité ACI 522, 2018).

Evaluación final

Sostenible para mitigar el impacto ambiental, mejorar la rentabilidad y mejorar la eficiencia de los recursos. Sin embargo, su implementación requiere la resolución de problemas tecnológicos, regulatorios y logísticos para garantizar su viabilidad y aceptación en el mercado. Debido a los avances en la investigación y la implementación de leyes más estrictas, se prevé que estos materiales asuman un papel cada vez más importante en el cambio hacia prácticas de construcción más sostenibles y sólidas.

2.2.7 Efecto de los agregados finos reciclados en las propiedades de los adoquines

La reutilización de los residuos (RCD), junto con los plásticos y otros productos industriales, facilita la reducción de residuos y mejora la eficiencia en el uso de los recursos. Sin embargo, su implementación encuentra numerosos obstáculos tecnológicos, económicos y regulatorios que deben resolverse para garantizar su viabilidad a gran escala (Silva et al., 2022).

Beneficios de utilizar materiales reciclados en la construcción

- Un beneficio principal de utilizar materiales reciclados es la mitigación del daño ambiental. La utilización de áridos y plásticos reciclados mitiga la sobreexplotación de áridos nativos y la acumulación de basura en los vertederos, ayudando así a la preservación de los ecosistemas y disminuyendo la huella ecológica del sector (Ribeiro et al., 2023).
- Un beneficio adicional significativo es cuando disminuye la cantidad de cemento Portland necesaria, lo que reduce sustancialmente las emisiones asociadas al proceso de clinkerización (Neville & Brooks, 2021).
- Económicamente, la utilización de materiales reciclados puede generar reducciones en los gastos de producción y envío. La utilización de agregados reciclados de RCD en la producción de concreto disminuye la necesidad de agregados naturales, lo que potencialmente conduce a la optimización de costos en proyectos a gran escala. De manera similar, en muchas áreas, los gobiernos han establecido incentivos fiscales y reglas que facilitan la utilización de materiales reciclados, fomentando así su incorporación al sector de la construcción (Mehta & Monteiro, 2020).
- Los materiales reciclados pueden mejorar características específicas del hormigón y otros componentes de la construcción en términos de rendimiento estructural. La incorporación de plásticos reciclados en adoquines y pavimentos mejora la flexibilidad y la resistencia al impacto, disminuyendo así la fragilidad del material y aumentando la durabilidad en condiciones adversas (Comité ACI 522, 2018).

Obstáculos asociados a la utilización de materiales

A pesar de sus ventajas, la incorporación de materiales reciclados en la edificación encuentra numerosos obstáculos. Una preocupación principal es la inconsistencia en la calidad y el contenido de los materiales reciclados, que pueden influir en la uniformidad y



el desempeño de las mezclas de concreto. A diferencia de los áridos naturales, los áridos reciclados pueden poseer contaminantes, partículas de granulometría variable y residuos de adhesivos o recubrimientos que afectan sus propiedades mecánicas (Silva et al., 2022).

- Otro problema es la ausencia de normas y estándares internacionales que regulen la utilización de materiales reciclados en aplicaciones estructurales. Si bien ciertas autoridades establecen restricciones de sustitución de áridos reciclados, la falta de regulaciones específicas en muchos países complica su aceptabilidad en proyectos de infraestructura públicos y privados (Ribeiro et al., 2023).
- La recolección, clasificación y procesamiento de materiales reciclados requiere inversiones en infraestructura y tecnología especializadas para una logística eficiente. Los procedimientos de trituración, cribado y purificación de escombros de construcción pueden resultar costosos y, en ciertos casos, no proporcionan una calidad uniforme del material procesado. Además, el envío y almacenamiento de estos materiales pueden generar gastos suplementarios que influyen en su competitividad en relación con los materiales convencionales (Neville & Brooks, 2021).
- Desde una perspectiva científica, determinados materiales reciclados plantean dificultades en cuanto a la compatibilidad química y mecánica con los materiales convencionales. Ciertos plásticos reciclados pueden presentar problemas de adhesión con el cemento, lo que requiere el uso de aditivos o técnicas de modificación de la superficie para mejorar su compatibilidad con las mezclas de concreto. De manera similar, los agregados reciclados generalmente exhiben una mayor absorción de agua, lo que requiere modificaciones en la relación agua/cemento para garantizar la trabajabilidad y resistencia de la mezcla (Mehta & Monteiro, 2020).
- Un factor pertinente es la percepción y aceptación del mercado, ya que ciertos desarrolladores y profesionales de la construcción muestran resistencia a utilizar

materiales reciclados debido a la ausencia de estudios a largo plazo sobre su durabilidad y desempeño en condiciones duras. Una mejor distribución y educación sobre las ventajas y aplicaciones de estos materiales son cruciales para fomentar su adopción en el sector (Comité ACI 522, 2018).

Evaluación final

Para mitigar el impacto ambiental, mejorar la rentabilidad y mejorar la eficiencia de los recursos. Sin embargo, su implementación requiere superar dificultades técnicas, regulatorias y logísticas para garantizar su rentabilidad y aceptación en el mercado. Debido a los avances en la investigación y al establecimiento de leyes más estrictas, se prevé que estos materiales asuman un papel cada vez más importante en el cambio hacia una construcción sostenible y resiliente.

2.3 Marco conceptual

2.3.1. Adoquines de concreto

Se usan para pavimentar zonas peatonales y de vehículos. Se fabrican a partir de una mezcla de cemento, agregados y agua, lo que produce una mayor resistencia a la compresión, mayor longevidad y facilidad de mantenimiento en comparación con las alternativas. Clasificación de pavimentos (Neville & Brooks, 2021).

2.3.2. Agregados reciclados

Los áridos reciclados son materiales granulares obtenidos del procesamiento de residuos de construcción y demolición (RCD), como fragmentos de hormigón, ladrillos y cerámicas, que pueden sustituir parcial o totalmente a los áridos naturales en la producción de hormigón y mortero, mejorando así la sostenibilidad y reduciendo el impacto ambiental de la construcción (Silva et al., 2022).



2.3.3. Tiras de plástico

Las tiras de plástico reciclado son fragmentos de polímeros derivados de residuos industriales o posconsumo, como botellas de PET o envases de polietileno, que pueden incluirse en mezclas de hormigón o pavimentos para mejorar la flexibilidad, la resistencia al impacto y reducir la fragilidad del material. Además, constituye una estrategia eficaz para la gestión de residuos plásticos (Ribeiro et al., 2023).

2.3.4. Propiedades de los materiales

Los atributos de los materiales de construcción incluyen características físicas, mecánicas y químicas que afectan su desempeño en diversas condiciones, como resistencia a la compresión, densidad, durabilidad, absorción de agua y compatibilidad con otros materiales, que son cruciales para su selección y uso en entornos sustentables, infraestructuras de alto rendimiento (Mehta & Monteiro, 2020).

2.3.5. Reciclado

El reciclaje es el acto de recolectar, procesar y transformar materiales de desecho en bienes nuevos y utilizables, reduciendo así la producción de basura, el agotamiento de los recursos naturales y las emisiones de contaminantes. Funciona como una estrategia central en la economía circular y la sostenibilidad en la industria industrial. Sectores de construcción y producción complementaria (Comité ACI 522, 2018).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es la planificación sistemática y estructurada que guía el desarrollo de un estudio, estableciendo los métodos, técnicas y procedimientos apropiados y consistente con los objetivos definidos. El diseño del estudio se clasifica en cualitativo, cuantitativo o mixto, y cada uno utiliza diferentes instrumentos metodológicos para analizar los fenómenos desde diversas perspectivas (Creswell & Creswell, 2018).

El diseño del estudio, además de su clasificación general, se divide a su vez en tipologías como exploratorio, descriptivo, correlacional y experimental, dependiendo del grado de control que mantenga el investigador sobre las variables investigadas. Un diseño eficaz minimiza los sesgos, mejora la validez de los resultados y permite seleccionar las herramientas metodológicas más adecuadas para obtener datos precisos. En el ámbito científico y académico, la elección juiciosa del diseño de investigación es esencial para garantizar que los resultados sean relevantes y aplicables dentro de la disciplina (Yin, 2020).

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación se refiere al enfoque sistemático y organizado utilizado por un investigador para realizar un estudio. Este enfoque utiliza varios instrumentos. (Amorós Morote y Bendezú Ulloa, 2019)

El diseño de investigación denota el marco que guía la planificación y ejecución del estudio. Esta metodología permite un control efectivo de variables y tiene como objetivo evaluar los impactos directos de las modificaciones en la composición de los adoquines.

3.2 Método de la investigación

Los enfoques de investigación se refieren a la perspectiva o marco teórico utilizado para investigar un tema o pregunta de investigación dentro de un estudio o proyecto, como se describe. La elección de la metodología de investigación puede variar según la disciplina académica, el tema investigado y los objetivos específicos del estudio. (Reyes, 2022)

La metodología aplicada es cuantitativa, involucrando la recolección de datos numéricos y la aplicación de análisis estadístico para evaluar cambios en las propiedades de los adoquines de concreto. Esta metodología facilita la evaluación objetiva y la comparación de la influencia de los materiales reciclados sobre las propiedades físicas y mecánicas del hormigón, simplificando así la interpretación de los resultados en términos cuantificables.

3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la investigación

Este estudio se realiza a nivel explicativo, con el objetivo de dilucidar la relación causal entre la integración de materiales reciclados y tiras plásticas en adoquines de concreto. Esta investigación busca aclarar los atributos de los adoquines modificados y

explorar los mecanismos y fundamentos de estas modificaciones, proporcionando así conocimientos novedosos sobre la aplicación de materiales reciclados en la construcción.

3.3.2 Tipo de la investigación

La investigación es de carácter aplicado, enfocándose en generar información para resolver un problema práctico, específicamente mejorar las propiedades de los adoquines de concreto mediante el uso de materiales reciclados. La ejecución de los objetivos alcanzados está específicamente dirigida al sector de la edificación, particularmente en la búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes en la provincia de San Román.

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

La población de investigación está compuesta por adoquines de concreto producidos en el distrito de San Román. Este estudio investiga los efectos de la incorporación de áridos finos reciclados y tiras de plástico reciclado sobre las propiedades de estos adoquines. Esta evaluación poblacional incluye los diversos materiales y métodos de fabricación existentes en la región, permitiendo evaluar las circunstancias actuales de los adoquines en este entorno.

Figura 1

Zona de estudio identificada



3.4.2 Muestra

Una muestra es un subconjunto de una población más grande elegida para representar y facilitar el proceso de investigación. El método de selección de la muestra debe representar con precisión las características y diversidad de la población de origen. Esto facilitará la formulación de conclusiones precisas y fiables sobre toda la población.

Tabla 2

Muestras diseñadas y documentadas

Ensayo de adq.	AT	AT con 20% de AFR	AT con 30% de AFR	AT +4% TPR	AT +8% TPR	Total
Humedad	4	4	4	4	4	20
%Absorción	5	5	5	5	5	25
Succión	5	5	5	5	5	25
Resistencia a la compresión	5	5	5	5	5	25
Resistencia a la tracción	5	5	5	5	5	25
	24	24	24	24	24	120

MP = Muestra patrón



AFR = Agregados finos reciclados

TPR = Tiras de plástico reciclado

La tabla muestra un análisis de diversos parámetros mecánicos y físicos evaluados en distintas muestras de agregados y compuestos reciclados dentro del estudio. Se analizan cinco configuraciones distintas, compuestas por una muestra de referencia (AT), áridos finos reciclados en proporciones del 20% y 30%, y combinaciones con tiras de plástico reciclado en dos porcentajes variables (4% y 8%). Se analizan criterios críticos que incluyen humedad, porcentaje de absorción, succión capilar, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción, con valores asignados a cada evaluación. Las mediciones acumuladas para cada configuración de material suman un total de 24 puntos, lo que da como resultado una puntuación total de 120 en la evaluación general. Esta metodología permite analizar el impacto de los materiales reciclados en el desempeño estructural y físico de los compuestos estudiados, estableciendo una base para evaluar su viabilidad en aplicaciones de construcción.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Las metodologías utilizadas en un proceso de investigación comprenden una colección sistemática de herramientas y técnicas para la recopilación, el análisis y la interpretación de datos. Estas tácticas facilitan la captura de información precisa y confiable, agilizando así la validación de hipótesis y el logro de objetivos definidos. La investigación puede clasificarse como cualitativa o cuantitativa, según su énfasis, y cada una utiliza ciertos procedimientos adecuados a las características de los datos y la naturaleza del fenómeno bajo examen (Creswell & Creswell, 2018).

En investigaciones que requieren mediciones organizadas, los enfoques cuantitativos son cruciales, ya que permiten identificar relaciones entre variables a través de técnicas estadísticas y experimentales. Son muy importantes las pruebas de resistencia



mecánica, pruebas de absorción de agua, análisis granulométricos y evaluaciones de durabilidad. Estos procedimientos se realizan con base en criterios estandarizados que garantizan la reproducibilidad y validez de los resultados dentro del contexto constructivo. Además, los dispositivos utilizados en estas evaluaciones deben estar calibrados con precisión para minimizar errores y garantizar la confiabilidad de las mediciones (Mehta & Monteiro, 2020).

Por el contrario, los métodos cualitativos facilitan el examen de aspectos descriptivos y perceptivos de la aplicación y el comportamiento de materiales en muchos contextos de uso. Métodos como la observación directa, el análisis comparativo y la revisión documental aumentan la investigación al proporcionar una comprensión integral de los atributos y cualidades del sujeto evaluado. Estos enfoques proporcionan un examen de cómo la integración de materiales reciclados influye en el rendimiento estructural y funcional, ayudando así en la toma de decisiones sobre su uso en infraestructuras sostenibles (Yin, 2020).

En la experimentación, el diseño y la ejecución de las pruebas deben seguir un proceso definido para garantizar la coherencia en la recopilación de datos. Esto implica la selección cuidadosa de muestras, el control de variables externas y la documentación exhaustiva de los métodos utilizados. Además, el examen de los datos se ve reforzado por instrumentos estadísticos y software especializado que ayudan a detectar tendencias, correlaciones y fluctuaciones en los parámetros analizados. Este enfoque sistemático es crucial para garantizar que los resultados sean representativos y aplicables en un contexto práctico (Comité ACI 522, 2018).

En conclusión, los procedimientos de investigación son cruciales para el avance de las indagaciones científicas y técnicas, proporcionando las herramientas necesarias para evaluar con precisión las propiedades y el comportamiento de los materiales estudiados. La combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos fomenta una comprensión integral del tema bajo investigación, asegurando que los resultados sean legítimos, confiables y replicables en futuras investigaciones.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Permiten la adquisición, documentación y análisis de información relevante para el tema. La selección depende del enfoque metodológico, las características de las variables investigadas y los objetivos definidos. Estos instrumentos pueden ser cuantitativos o cualitativos, dependiendo de las características del fenómeno que se estudia, asegurando así la validez y confiabilidad de los datos recopilados (Creswell & Creswell, 2018).

Los instrumentos de medición son cruciales en la investigación experimental y cuantitativa para la adquisición de datos objetivos y replicables. Se emplean aparatos de prueba mecánicos para evaluar propiedades como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la absorción de agua y la durabilidad de los materiales de construcción. Estos dispositivos funcionan bajo criterios estandarizados que garantizan la precisión de los resultados y permiten comparaciones entre diferentes muestras. Además, se utilizan herramientas estadísticas y software especializado para el análisis de datos, facilitando la identificación de tendencias y correlaciones en los resultados experimentales (Mehta & Monteiro, 2020).

Por el contrario, la investigación cualitativa utiliza herramientas de recopilación de datos como la observación organizada, entrevistas y análisis documental. Estos permiten la recopilación de datos descriptivos sobre el comportamiento y el rendimiento de los materiales en diversas configuraciones de aplicación. La observación directa es una técnica que facilita la identificación de características físicas y posibles anomalías en los materiales evaluados, mientras que la revisión de normativas y literatura científica sitúa los resultados dentro de las investigaciones y avances tecnológicos existentes en el dominio (Yin, 2020).

La creación de formatos de registros y hojas de análisis es fundamental para la organización y estructura de la información adquirida. Estas soluciones permiten el registro organizado de los resultados de las pruebas, garantizando que los datos sigan siendo accesibles y comparables en las diferentes fases del estudio. La combinación de enfoques

cuantitativos y cualitativos en la investigación mejora la validez de los hallazgos al emplear varios instrumentos de recopilación de datos, proporcionando una visión integral del tema de la investigación (Comité ACI 522, 2018).

En conclusión, la selección prudente de los instrumentos de recolección de datos es esencial para la calidad y precisión de la investigación. El uso de instrumentos estandarizados en la investigación cuantitativa, combinado con metodologías cualitativas adicionales, permite la recopilación de datos confiables y representativos. La combinación óptima de estos instrumentos facilita la interpretación de los resultados y el establecimiento de conclusiones basadas en evidencia, promoviendo así el avance de una investigación científica sólida y práctica en construcción e ingeniería.

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

Esta técnica tiene como objetivo asegurar que los instrumentos creados sean apropiados para medir las variables relevantes, minimizando así sesgos y errores que puedan comprometer la validez de los resultados. La validación se realiza utilizando muchos métodos, incluidas pruebas piloto, evaluación de expertos y análisis estadístico, dependiendo de las características cuantitativas o cualitativas de la investigación (Creswell & Creswell, 2018).

Hay varios métodos disponibles para validar un instrumento de recopilación de datos, siendo los más comunes la validez de contenido, de constructo y de criterio. La validez de contenido es la evaluación sistemática de cada ítem del instrumento para determinar su precisión al medir la variable prevista. Esta validación generalmente se realiza con la ayuda de especialistas del dominio que evalúan la claridad, coherencia y relevancia de los indicadores utilizados. La validez de constructo, por otro lado, evalúa la estructura interna del instrumento, verificando que las preguntas, escalas o mediciones se alineen con los principios teóricos subyacentes. La validez de criterio evalúa la correlación



entre los resultados obtenidos del instrumento y los de otros métodos de medición validados comparando los datos recopilados con estándares o patrones predefinidos (Yin, 2020).

En la investigación experimental y cuantitativa, la validación se ve reforzada por evaluaciones de confiabilidad y consistencia interna, utilizando medidas estadísticas como el alfa de Cronbach o el coeficiente de correlación intraclass. Estas indicaciones facilitan la evaluación de la capacidad del instrumento para proporcionar mediciones consistentes y precisas a lo largo del tiempo. Además, en investigaciones que emplean instrumentos de medición física, como pruebas de resistencia a la compresión o pruebas de absorción de agua, la calibración de estos dispositivos es un paso esencial en el proceso de validación. Los dispositivos exactamente calibrados disminuyen la probabilidad de errores sistemáticos y garantizan la precisión de los datos obtenidos (Mehta & Monteiro, 2020).

En la investigación cualitativa, la validación se logra mediante técnicas como la triangulación de datos y la auditoría externa. La triangulación implica comparar muchas fuentes de información para verificar la coherencia de los resultados, mientras que la auditoría externa requiere que investigadores independientes evalúen los métodos de recopilación y procesamiento de datos. Estos procesos aumentan la legitimidad y el rigor de la investigación cualitativa, garantizando que las interpretaciones reflejen con precisión la realidad investigada (Comité ACI 522, 2018).

En conclusión, la validación de instrumentos es una fase esencial en la investigación, ya que garantiza la confiabilidad y precisión de los datos recolectados. La aplicación de métodos estadísticos, la evaluación de expertos y la calibración de equipos se encuentran entre las opciones más comúnmente adoptadas para este fin. El uso cuidadoso de estos métodos garantiza que los resultados sean representativos y pertinentes al contexto del estudio, mejorando así la validez y la importancia de la investigación.

3.6.2 *Confiabilidad de instrumentos*

Un instrumento eficaz garantiza que, cuando se emplea en diferentes momentos y en condiciones similares, los resultados sean reproducibles, minimizando así los errores aleatorios y mejorando la precisión en la medición de las variables de investigación. La confiabilidad es un elemento esencial de la validez de los resultados, ya que su ausencia podría comprometer la interpretación de los hallazgos y reducir la credibilidad del estudio (Creswell & Creswell, 2018).

Se utilizan diversos enfoques estadísticos y metodológicos de un conjunto de ítems dentro de un instrumento, asegurando que las preguntas o mediciones se alineen con la variable bajo examen. Valores cercanos a 1,0 significan una gran confiabilidad; sin embargo, valores por debajo de 0,7 pueden indicar la necesidad de modificaciones en la formulación del instrumento. Un método común es el test-retest, en el que se utiliza el mismo instrumento en dos momentos diferentes para evaluar la consistencia de los resultados. La confiabilidad se puede evaluar mediante la coherencia entre evaluadores, que examina los resultados generados por diferentes evaluadores que utilizan el mismo instrumento, garantizando así que la variabilidad de la medición se deba al fenómeno que se estudia y no al observador (Yin, 2020).

La confiabilidad en la investigación experimental y el uso de instrumentos de medición física se logra mediante la calibración y el mantenimiento de los dispositivos. Los equipos empleados en pruebas de resistencia a la compresión, absorción de agua o succión capilar deben calibrarse de forma rutinaria para evitar inconsistencias en las mediciones. Además, en estos casos, realizar muchas pruebas sobre muestras diversas nos permite evaluar la estabilidad de los datos y detectar posibles discrepancias en la recopilación de información (Mehta & Monteiro, 2020).

En la investigación cualitativa, la confiabilidad se logra mediante la triangulación de datos, que consiste en comparar muchas fuentes de información para identificar patrones comunes y corroborar interpretaciones. Asimismo, la codificación y el análisis metódico de los datos cualitativos facilitan la minimización de sesgos y el aseguramiento de la

coherencia en la clasificación de la información recogida. Este estudio evalúa la confiabilidad por la consistencia de las interpretaciones y la credibilidad de los resultados obtenidos, en lugar de utilizar métodos estadísticos (Comité ACI 522, 2018).

En conclusión, la confiabilidad de los instrumentos es fundamental en la investigación, ya que garantiza la calidad y consistencia de los datos recolectados. La utilización de pruebas estadísticas, la calibración de instrumentos y la triangulación de datos son métodos cruciales para mejorar la confiabilidad de un estudio. El uso preciso de estos procedimientos mejora la calidad de los datos y fortalece la validez y aplicabilidad de las conclusiones del estudio.

3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.7.1 Desarrollo de plan de investigación

✿ Búsqueda de información

La búsqueda de información es una fase crucial en cualquier investigación, ya que permite la identificación, recopilación y selección de datos relevantes que contribuyen a la progresión de la investigación. Este enfoque implica la evaluación sistemática de fuentes confiables, como artículos científicos, literatura de expertos, documentos técnicos y legislación actualizada, para garantizar la exactitud y actualidad de la información obtenida. Una búsqueda competente facilita la formulación del marco teórico, la justificación del problema de investigación y el diseño metodológico, garantizando que el estudio esté anclado en la evidencia existente y los avances actuales en el campo del conocimiento (Creswell & Creswell, 2018).

Hay una variedad de enfoques y herramientas disponibles para mejorar la recuperación de información, incluidas bases de datos académicas como Scopus, Web of Science, Google Scholar y ScienceDirect, que ofrecen acceso a literatura científica revisada por pares. Además, la utilización de operadores booleanos y palabras clave específicas ayuda a descubrir documentos relevantes dentro de grandes cantidades de contenido. Una evaluación exhaustiva de las fuentes es fundamental para determinar su



calidad y autenticidad, considerando aspectos como la autoría, la reputación de la publicación y la técnica utilizada en los estudios citados. La búsqueda de información también puede incluir regulaciones internacionales establecidas por ASTM, ACI o ISO, que proporcionan estándares técnicos críticos en la investigación de materiales y construcción (Yin, 2020).

En la investigación experimental, la búsqueda del conocimiento abarca no sólo marcos teóricos sino también investigaciones previas sobre metodologías aplicadas, estudios comparativos y bases de datos de resultados reales. La evaluación de la literatura facilita el descubrimiento de tendencias, lagunas de conocimiento y enfoques novedosos que pueden replicarse o mejorarse en la investigación. La recopilación de datos secundarios de informes técnicos y estadísticas gubernamentales enriquece el conocimiento aprendido, creando un marco de referencia más sólido para interpretar los resultados experimentales (Mehta & Monteiro, 2020).

Por el contrario, la investigación cualitativa puede incluir fuentes documentales, entrevistas a expertos y análisis de estudios de casos, lo que permite una comprensión integral de los fenómenos que se estudian. La triangulación de fuentes es una técnica crucial en este tipo de investigación, ya que facilita la comparación de los datos recopilados y refuerza la confiabilidad de las interpretaciones. Además, en los estudios que evalúan materiales o técnicas de construcción innovadores, el acceso a patentes y trámites de la industria es esencial para comprender los desarrollos recientes y su pertinencia para el tema de investigación (Comité ACI 522, 2018).

En conclusión, la búsqueda del conocimiento es esencial en toda investigación, ya que permite sustentar racionalmente el estudio, identificar precedentes relevantes y desarrollar metodologías basadas en hechos existentes. El empleo de bases de datos académicas, regulaciones globales y publicaciones tecnológicas garantiza la calidad y oportunidad de la información recopilada. La evaluación meticulosa de las fuentes y la triangulación de datos refuerzan la validez del estudio, asegurando que los resultados sean representativos y pertinentes dentro del contexto de la investigación.

❁ **Materiales empleados para la investigación**

Agregados finos reciclados: Los agregados finos reciclados se derivan del procesamiento y reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD), incluidos fragmentos de hormigón, ladrillos y cerámica triturada. Estos áridos son un sustituto sostenible de los áridos naturales, ya que disminuyen las actividades de extracción y la acumulación de residuos en los vertederos. Su aplicación en el sector de la construcción se ha vuelto sustancial debido a su capacidad para sustituir parcialmente los áridos convencionales en formulaciones de hormigón y mortero, sin menoscabar notablemente las características mecánicas y de durabilidad del material resultante (Silva et al., 2022).

Los agregados finos reciclados poseen atributos específicos que pueden afectar el desempeño del concreto desde una perspectiva técnica. A menudo presentan una mayor porosidad y absorción de agua en relación con los agregados naturales, lo que podría influir en la trabajabilidad de la mezcla y requerir modificaciones en la relación agua/cemento. Las investigaciones indican que usarlo en cantidades reguladas, generalmente entre 20% y 40%, puede preservar la integridad estructural del concreto y, en ciertos casos, mejorar su longevidad y resistencia al agrietamiento. Del mismo modo, la incorporación de estos áridos en pavimentos, adoquines y prefabricados de hormigón mitiga el efecto ambiental y fomenta el avance de infraestructuras más sostenibles (Ribeiro et al., 2023).

El procesamiento de áridos finos reciclados abarca varios procesos, incluida la recogida, clasificación, trituración y tamizado de residuos de construcción. Es fundamental eliminar durante este procedimiento contaminantes y sustancias indeseables, como restos de yeso, madera y plásticos, que puedan comprometer la calidad del material acabado. Además, la granulometría del agregado reciclado debe cumplir con normas técnicas específicas, como ASTM C33 y NTP 400.037, para asegurar su adecuada incorporación a mezclas cementosas y su compatibilidad con otros elementos estructurales (Mehta & Monteiro, 2020).

La utilización de áridos finos reciclados presenta numerosas ventajas tanto desde el punto de vista medioambiental como económico. Disminuye la necesidad de extracción de agregados naturales, aliviando así el deterioro de los ecosistemas fluviales y la erosión del suelo. Por el contrario, reduce los gastos relacionados con el transporte y la eliminación de escombros, fomentando así una economía circular dentro de la industria de la construcción. Además, la promulgación de leyes y regulaciones que fomentan la utilización de materiales reciclados ha facilitado su adopción en proyectos de infraestructura tanto públicos como comerciales, reforzando así su viabilidad como una opción técnicamente sólida y ambientalmente sostenible (Comité ACI 522, 2018).

En resumen, los áridos finos reciclados constituyen una alternativa novedosa y sostenible para el sector de la construcción, mitigando el impacto ambiental de los residuos de demolición y mejorando el aprovechamiento de los recursos naturales. Su utilización en hormigones y pavimentos ha demostrado eficacia cuando se emplea en proporciones adecuadas, preservando las cualidades mecánicas del material. A medida que surjan nuevas tecnologías y las leyes se vuelvan más estrictas, se prevé que su utilización crezca, consolidándose como una estrategia fundamental en la construcción sostenible del futuro.

Figura 2

Presentación de agregados finos reciclados



Tiras de plástico reciclado: Las tiras de plástico reciclado son piezas de polímero derivadas del procesamiento de residuos plásticos industriales o posconsumo, que pueden utilizarse en adoquines, pavimentos y componentes prefabricados disminuye el volumen de plástico desechado en vertederos y ambientes acuáticos, fomentando así una gestión más eficaz de los residuos plásticos (Silva et al., 2022).

La integración de tiras de plástico reciclado en mezclas de hormigón ofrece ventajas sustanciales para la longevidad y el rendimiento estructural del material. La incorporación de entre un 4% y un 8% de tiras de plástico reciclado mejora la ductilidad del hormigón, mitiga la propagación de fracturas y aumenta su capacidad de absorción de impactos. Además, la baja densidad del plástico permite una reducción del peso total del material, lo que resulta ventajoso en aplicaciones que requieren una reducción de la carga sin sacrificar la integridad estructural. Es crucial optimizar la distribución de las fibras dentro de la mezcla para evitar problemas de segregación y proporcionar una adhesión adecuada entre los polímeros y la matriz de cemento (Ribeiro et al., 2023).

El procedimiento para adquirir tiras de plástico reciclado consta de múltiples fases, comenzando por la recogida y categorización de los residuos plásticos. Posteriormente, los materiales elegidos se someten a operaciones de lavado y trituración para eliminar impurezas, incluidos adhesivos, etiquetas y contaminantes orgánicos. Después de triturarlo, el plástico se corta en tiras de longitudes precisas, que normalmente oscilan entre 4 mm y 20 mm de longitud, para garantizar su compatibilidad con mezclas de hormigón y pavimentos. Las tiras procesadas pueden incorporarse a la mezcla de cemento o utilizarse como refuerzo en sistemas constructivos de baja carga, disminuyendo así la dependencia de agregados naturales y aditivos químicos tradicionales (Mehta & Monteiro, 2020).

La integración de tiras de plástico reciclado en la construcción ofrece numerosos beneficios tanto desde el punto de vista medioambiental como económico. Principalmente, disminuye la proliferación de plásticos de un solo uso, aliviando los impactos perjudiciales de estos residuos en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Además, ayuda a disminuir el uso de cemento y agregados naturales, reduciendo así la huella de carbono del sector de

la construcción. Además, utilizar plásticos recuperados podría reducir los costos de producción, ya que la basura plástica suele ser accesible a un costo mínimo o incluso como basura en iniciativas de reciclaje en numerosas áreas. No obstante, su adopción generalizada continúa encontrando obstáculos debido a la variabilidad en la composición del plástico y la necesidad de realizar más investigaciones sobre su desempeño a largo plazo en estructuras expuestas a cargas dinámicas y condiciones climáticas extremas (Comité ACI 522, 2018).

En resumen, las tiras de plástico reciclado sirven como una opción novedosa y sostenible para la construcción, ya que mejoran la resistencia y la longevidad del hormigón y, al mismo tiempo, ayudan en la eliminación adecuada de la basura plástica. La adecuada incorporación de este material a mezclas cementosas y pavimentos requiere de investigaciones exhaustivas sobre su compatibilidad y dispersión; sin embargo, su capacidad para mitigar el impacto ambiental de la construcción es considerable. A medida que avanza la investigación y se promulgan normas más estrictas, su aplicación puede establecerse como un enfoque fundamental en el cambio hacia una infraestructura más sostenible y eficiente.

Figura 3

Tiras de plástico reciclado



Nota. Fuente Google



3.7.2 *Etapa de campo*

a. **Recolección de muestras**

La recogida de muestras es una fase crítica en la investigación experimental, garantizando que los datos obtenidos sean representativos y fiables. Este proceso implica la adquisición, selección y preparación de muestras para análisis y pruebas designados, asegurando el cumplimiento de los criterios establecidos en el diseño de la investigación. La selección adecuada de muestras reduce los sesgos, mejora la precisión de los resultados y permite comparaciones entre diferentes contextos experimentales, mejorando así la validez del estudio (Creswell & Creswell, 2018).

Para garantizar una recogida eficiente es fundamental definir previamente los criterios de selección y el tamaño de la muestra, en función de las características del material y del tipo de análisis a realizar. En la investigación de materiales y construcción, las muestras pueden consistir en agregados reciclados, concreto endurecido y adoquines fabricados con materiales alternativos, entre otros. La consistencia de las muestras es crucial; por lo tanto, deben obtenerse en condiciones controladas y cumpliendo con normas técnicas, incluida la ASTM C39 para ensayos de resistencia a la compresión y la ASTM C140 para la caracterización de adoquines de concreto. El proceso de recolección debe documentarse meticulosamente, incluyendo detalles como la procedencia de la muestra, los atributos físicos y las condiciones de almacenamiento antes de la prueba (Mehta & Monteiro, 2020).

Se transportan a una planta de procesamiento para su categorización, trituración y tamizado para producir partículas del tamaño adecuado. Por el contrario, las investigaciones que utilizan hormigón con materiales reciclados pueden fabricar muestras en un laboratorio en condiciones controladas, empleando moldes específicos para la creación de probetas cilíndricas o prismáticas. En ambos casos, es fundamental garantizar que las muestras sean representativas y se ajusten a los criterios establecidos en la normativa aplicable (Silva et al., 2022).

Además de la recolección de muestras, es fundamental considerar su almacenamiento y manejo, ya que factores como la humedad, la temperatura y la exposición a contaminantes pueden alterar sus propiedades físicas y químicas. En las investigaciones de durabilidad y absorción de agua, las muestras deben conservarse en condiciones de humedad reguladas antes de realizar las pruebas para evitar una pérdida o ganancia excesiva de agua que podría distorsionar los resultados. La trazabilidad de las muestras es fundamental en estudios sobre materiales reciclados para evaluar la influencia de diferentes tipos de residuos en las propiedades finales del material (Ribeiro et al., 2023).

En resumen, la recolección de muestras es un proceso esencial en la investigación experimental, ya que permite la adquisición de datos precisos y reproducibles sobre las propiedades de los materiales bajo investigación. La ejecución de protocolos adecuados, el cumplimiento de especificaciones técnicas y una adecuada gestión de muestras garantizan la confiabilidad de los resultados obtenidos. Con los avances tecnológicos y la aparición de nuevas metodologías, la recolección y el análisis de muestras seguirán siendo cruciales para mejorar los materiales de construcción y ejecutar soluciones sostenibles dentro de la industria.

3.7.3 Etapa de laboratorio

Estudiados en ambientes controlados. Los materiales recolectados o procesados se someten a pruebas exhaustivas para evaluar su comportamiento estructural, resistencia y durabilidad. Este paso es esencial para asegurar la validez de los resultados, ya que mitiga la influencia de variables externas y permite la replicación precisa de los experimentos (Creswell & Creswell, 2018).

La etapa preliminar del procedimiento de laboratorio implica la preparación y acondicionamiento de muestras para garantizar el cumplimiento de las especificaciones delineadas en normas técnicas, entre ellas la ASTM C39 para ensayos de compresión y la ASTM C140 para la caracterización de adoquines de concreto. Es posible que las muestras requieran curado en condiciones controladas de humedad y temperatura antes de realizar



la prueba, según el estudio. Este proceso es especialmente crucial en materiales cementosos, ya que la hidratación del cemento influye en la resistencia final del composite (Mehta & Monteiro, 2020).

Posteriormente se realizan pruebas de caracterización, diferenciándose según los objetivos del estudio. Las investigaciones sobre materiales de construcción frecuentemente abarcan evaluaciones de resistencia a la compresión, absorción de agua, succión capilar, flexión y abrasión superficial. Estas pruebas facilitan la evaluación de la integridad estructural de los materiales y su idoneidad para determinadas aplicaciones. Se realizan análisis de composición química y granulometría de materiales reciclados para evaluar su compatibilidad con mezclas cementosas (Silva et al., 2022).

Además de las pruebas mecánicas, la fase de laboratorio puede incluir investigaciones microestructurales utilizando técnicas avanzadas como la microscopía electrónica de barrido (SEM) y la difracción de rayos X (DRX). Estas herramientas facilitan el análisis de la composición interna de materiales, la detección de defectos o fracturas y la evaluación de la adhesión de partículas. Estos estudios son particularmente ventajosos para investigaciones centradas en mejorar la integración de áridos reciclados o tiras de plástico en mezclas de hormigón, ya que proporcionan información detallada sobre las interacciones entre los componentes (Ribeiro et al., 2023).

Un elemento crucial de esta fase es la documentación y el análisis de los datos, en los que los valores obtenidos de cada prueba se registran cuidadosamente, lo que permite una mayor interpretación y comparación. Se utilizan técnicas estadísticas y software especializado para descubrir tendencias, correlaciones y variaciones dentro de los datos. La minuciosidad en la recopilación y el examen de los resultados garantiza que las conclusiones del estudio sean precisas y estén respaldadas por evidencia empírica (Comité ACI 522, 2018).

La preparación meticulosa de las muestras, el cumplimiento de los protocolos de prueba establecidos y el análisis integral de los resultados garantizan la replicabilidad y relevancia de los hallazgos en el ámbito de la construcción. Esta fase es fundamental en



el desarrollo de materiales innovadores y sostenibles debido a los avances tecnológicos y a la implementación de metodologías cada vez más rigurosas.

i. Ensayo de Grado de humedad del material

La prueba del contenido de humedad del material es un procedimiento crítico en la caracterización de materiales de construcción, ya que cuantifica el agua presente en una muestra en relación a su peso seco. Este análisis es especialmente relevante en el estudio de áridos reciclados, hormigón y materiales cementantes, ya que la humedad influye directamente en la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de las mezclas de construcción. Una evaluación precisa del contenido de humedad es esencial para preservar la calidad del material y ajustar las proporciones de agua en los diseños de mezclas, evitando así problemas como contracción, agrietamiento o variaciones en la resistencia mecánica (Neville & Brooks, 2021).

El método estándar para evaluar los niveles de humedad implica contrastar el peso de la muestra en su estado natural con su peso después de someterse a un proceso de secado controlado. Esta prueba cumple con los requisitos técnicos, concretamente ASTM C566 y NTP 339.127, que requieren que las muestras se sequen en estufa a 105 ± 5 °C hasta lograr un peso estable.

Esta metodología garantiza mediciones precisas y replicables, lo que permite la comparabilidad de datos entre muchos materiales y condiciones experimentales (Mehta & Monteiro, 2020).

El contenido de humedad del material es un tema crítico en numerosas aplicaciones de construcción. La elevada absorción de agua en los agregados reciclados puede afectar la relación agua/cemento en las mezclas de concreto, reduciendo la trabajabilidad y aumentando la demanda de plastificantes. Asimismo, la retención de humedad en adoquines y pavimentos permeables influye en la durabilidad del material y en su resistencia a los ciclos de hielo-deshielo. Para lograr un rendimiento óptimo es fundamental

controlar y ajustar la concentración de agua en los áridos antes de su incorporación a la mezcla (Ribeiro et al., 2023).

Además de la técnica de secado en horno, existen métodos más convenientes para evaluar la humedad, como los métodos gravimétricos, los sensores de humedad y los instrumentos de microondas. Estos métodos son especialmente beneficiosos en investigaciones de campo que requieren mediciones rápidas sin equipos engorrosos. No obstante, el método de secado en horno sigue siendo la metodología más confiable y utilizada con frecuencia en la investigación y el control de calidad de los materiales (Silva et al., 2022).

En conclusión, la prueba de contenido de humedad es un procedimiento crucial en la caracterización de materiales de construcción, ya que evalúa el contenido de agua en agregados, concreto y otras sustancias. La implementación y el examen precisos son esenciales para garantizar la estabilidad, resiliencia y durabilidad de los materiales en diversas aplicaciones. La adopción de protocolos establecidos y tecnologías avanzadas en el monitoreo de la humedad mejora la precisión y eficacia de esta evaluación en la industria de la construcción.

ii. **Ensayo de análisis granulométrico**

Desempeño de los agregados en mezclas cementosas y pavimentos, influyendo en la compactación, trabajabilidad, resistencia mecánica y durabilidad del producto final. La correcta implementación garantiza el cumplimiento de los estándares técnicos y la mejora de la formulación de la mezcla en función de las características designadas (Neville & Brooks, 2021).

El análisis granulométrico consiste en la separación de partículas de material mediante un equipo de tamizado, el cual utiliza una serie de mallas con diferentes aperturas, apegándose a normas reconocidas como ASTM C136 y NTP 400.037. El procedimiento comienza secando la muestra en un horno a 105 ± 5 °C para eliminar la humedad y garantizar resultados precisos. Posteriormente, la muestra seca se somete a



una serie de tamices para clasificar las partículas por tamaño. Se registra la fracción de material retenido en cada tamiz a su paso y se calcula el porcentaje acumulado de partículas dentro de cada rango granulométrico (Mehta & Monteiro, 2020).

El análisis de resultados granulométricos permite categorizar los áridos en función de su distribución granulométrica, evaluando su conformidad con las normas para su aplicación en hormigón, mortero, asfalto u otros materiales de construcción. Se pueden identificar tres tipos principales de granulometría: bien graduada, caracterizada por una distribución uniforme del tamaño de las partículas que facilita la compactación; mal graduado o uniforme, donde la mayoría de las partículas son de tamaños similares, lo que potencialmente resulta en vacíos excesivos dentro de la mezcla; y granulometría discontinua, definida por la falta de determinadas fracciones de tamaño, lo que afecta a la cohesión del material. Estos parámetros son fundamentales en la formulación de mezclas cementosas, ya que afectan la cantidad de pasta de cemento necesaria y la resistencia final del hormigón (Silva et al., 2022).

Esta prueba evalúa la distribución del tamaño de las partículas y permite calcular parámetros granulométricos, como el módulo de finura (FM), que refleja el tamaño promedio de las partículas en una muestra agregada. Un módulo de finura alto implica un material abundante en partículas gruesas, mientras que un valor bajo denota un agregado con mayor proporción de partículas finas. La selección del tamaño y distribución de los agregados es crucial para lograr una mezcla homogénea, una trabajabilidad óptima y una segregación mínima de partículas en estado fresco (Ribeiro et al., 2023).

El análisis granulométrico es esencial en el examen de materiales reciclados para evaluar la viabilidad de sustituir áridos naturales por áridos reciclados. La variabilidad en la composición y el elevado contenido de partículas finas de los agregados reciclados del proceso de trituración requiere ajustes en el diseño de la mezcla y los parámetros de compactación para garantizar un rendimiento óptimo en aplicaciones estructurales (Comité ACI 522, 2018).

En resumen, el análisis granulométrico es una técnica crucial para evaluar los agregados de construcción, ya que evalúa su distribución de tamaño y su impacto en la calidad de las mezclas cementosas. La aplicación de requisitos técnicos y el análisis exhaustivo de resultados facilitan la elección adecuada de los materiales, mejorando sus prestaciones en términos de compactación, resistencia y durabilidad. Este ensayo es esencial para mejorar materiales sostenibles y eficientes en la industria de la construcción, dadas las mejoras técnicas y la introducción de nuevos métodos.

iii. **Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra**

Esta prueba se emplea ampliamente para evaluar concreto, adoquines, morteros y otros materiales de construcción, proporcionando información crítica sobre sus propiedades mecánicas. La resistencia a la compresión es una consideración esencial en el diseño de mezclas y la selección de materiales para estructuras sometidas a tensiones significativas, asegurando el cumplimiento de las normas estructurales y regulatorias (Neville & Brooks, 2021).

El procedimiento para realizar la prueba de resistencia a la compresión cumple con las normas internacionales, específicamente ASTM C39 para concreto y ASTM C140 para adoquines de concreto. Inicialmente, las muestras se moldean y curan en condiciones controladas para garantizar una hidratación suficiente antes de realizar las pruebas. (Mehta & Monteiro, 2020).

Resistencia del material, permitiendo comparaciones con los requisitos establecidos para su aplicación en diferentes contextos estructurales. La resistencia a la compresión del hormigón se ve afectada por la dosis de la mezcla, la relación agua-cemento y el tipo de agregados utilizados. Los lineamientos de la NTP 399.611 establecen valores mínimos de resistencia de los adoquines de concreto para garantizar su desempeño efectivo en pavimentos de tránsito liviano, medio y pesado. Esta prueba es

crucial en investigaciones que involucran agregados reciclados o adiciones de polímeros para ver si las diferencias de composición afectan las propiedades estructurales del material (Silva et al., 2022).

Esta prueba evalúa la resistencia última y dilucida el modo de falla del material, facilitando el descubrimiento de fallas probables en la mezcla o proceso de producción. Las fallas pueden clasificarse como frágiles, marcadas por una fractura abrupta del material, o dúctiles, en las que el material demuestra deformaciones antes de la falla. El examen de estos patrones facilita la alteración de la formulación del hormigón, la mejora de la adhesión entre componentes y la optimización del diseño de la mezcla para un máximo rendimiento mecánico y resistencia a la compresión (Ribeiro et al., 2023).

La viabilidad de sustituir parcialmente los áridos naturales por áridos reciclados o incluir refuerzos plásticos. Esta prueba permite identificar criterios de sustitución ideales para estos materiales, que pueden demostrar variaciones en el rendimiento mecánico, sin comprometer la seguridad estructural. Este método también puede evaluar combinaciones de agentes plastificantes o fibras sintéticas para determinar su impacto en la resistencia última del material (Comité ACI 522, 2018).

En conclusión, el ensayo de resistencia a la compresión es una herramienta vital para definir materiales cementosos, ya que evalúa su integridad estructural y determina su idoneidad para fines constructivos. La precisa ejecución de los requisitos técnicos y un estudio exhaustivo de los resultados garantizan la selección de los materiales adecuados, mejorando así su resistencia y durabilidad. Esta prueba es esencial para el descubrimiento y desarrollo de soluciones constructivas eficientes y sostenibles, posibles gracias a las mejoras en la investigación sobre materiales reciclados.

3.7.4 Etapa de gabinete

La etapa de gabinete es una fase esencial en la investigación científica y técnica, ya que permite la recolección, análisis y procesamiento de la información obtenida durante las etapas de campo y laboratorio. En este momento se analizan los datos recopilados, se



yuxtaponen con investigaciones previas y se organizan los hallazgos de acuerdo con los objetivos establecidos. El desarrollo es crucial para garantizar la validez y consistencia de la investigación, afirmando que las conclusiones alcanzadas son precisas y basadas en evidencia empírica (Creswell & Creswell, 2018).

Una característica clave del entorno de oficina es la organización y estructuración de la información. Este material puede incluir resultados de pruebas de laboratorio, análisis estadísticos, observaciones cualitativas y referencias bibliográficas, según el tipo de investigación. Para este objetivo se emplean instrumentos de procesamiento de datos, como hojas de cálculo, software de análisis estadístico y aplicaciones de modelado estructural. En la investigación experimental sobre materiales de construcción, la sistematización de datos ayuda a establecer conexiones entre las variables estudiadas, facilitando así la identificación de tendencias y patrones que influyen en el desempeño de los materiales evaluados (Mehta & Monteiro, 2020).

Además del análisis de datos, la etapa de oficina implica la evaluación y yuxtaposición de información con marcos teóricos y puntos de referencia tecnológicos. Esta fase en ingeniería civil y construcción implica hacer referencia a los estándares emitidos por ASTM, ACI y NTP, que proporcionan criterios de aceptación para materiales estructurales y procedimientos de prueba. Comparar los resultados con valores de referencia facilita la evaluación del cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad de los materiales estudiados, confirmando su idoneidad para proyectos de construcción (Neville & Brooks, 2021).

Una actividad vital en esta etapa consiste en la preparación de informes y documentación técnica, en los que se presenten los resultados del estudio de manera sistemática y completa. Los informes incluyen gráficos, tablas comparativas y análisis estadísticos que ayudan a comprender los resultados. La documentación técnica en el estudio de materiales reciclados ayuda a evaluar alternativas sostenibles y sus posibles impactos en la industria de la construcción. La derivación de hallazgos y recomendaciones



a partir de los datos analizados es esencial para guiar las decisiones para mejorar los procesos de construcción (Silva et al., 2022).

La etapa de oficina incluye la formulación y difusión de hallazgos a través de artículos científicos, presentaciones de conferencias y foros de discusión académicos. La comunicación eficaz de los hallazgos es crucial para la transferencia de conocimientos, ya que permite a otros investigadores y profesionales replicar estudios y aplicar los resultados en sus propias investigaciones o proyectos. Además, las investigaciones en materia ambiental y de sostenibilidad indican que la difusión de los hallazgos promueve el desarrollo de prácticas más efectivas y responsables dentro de la industria (Ribeiro et al., 2023).

En conclusión, la etapa de gabinete es un paso esencial en la investigación, ya que permite organizar, analizar y documentar la información recopilada, asegurando que los resultados sean coherentes y pertinentes al contexto del estudio. La utilización de métodos estadísticos, el análisis de normativas y la elaboración de informes técnicos garantizan la precisión y legitimidad de las conclusiones. A medida que avanza la tecnología de procesamiento de datos y se digitaliza la información, esta fase continúa evolucionando, mejorando el análisis y la presentación de los resultados de las investigaciones científicas y tecnológicas.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados apreciados al elaborar los ensayos

Los resultados observados en las pruebas de investigación experimental indican los datos obtenidos de pruebas específicas que permiten evaluar el comportamiento y desempeño de los materiales bajo análisis. Estos datos son esenciales para confirmar hipótesis, realizar comparaciones regulatorias y evaluar la viabilidad del empleo de diversos materiales en aplicaciones de construcción. Los resultados de las pruebas pueden incluir parámetros como resistencia a la compresión, absorción de agua, granulometría.

Los resultados experimentales arrojan datos cuantificables y evaluaciones comparativas de diversas configuraciones de materiales, que incluyen mezclas con agregados reciclados, adiciones químicas o refuerzos sintéticos. Estas valoraciones evalúan la influencia de cada componente en el rendimiento general del material, facilitando la mejora de su formulación para mejorar la resistencia, trabajabilidad y durabilidad. La documentación de datos mediante gráficos, tablas e informes técnicos mejora la comprensión y facilita la comparación con estudios anteriores, asegurando así la integridad científica de la investigación. La identificación de patrones de falla en pruebas mecánicas facilita la evaluación del comportamiento estructural y la previsión del

desempeño en situaciones de uso reales, garantizando así la confiabilidad del material para futuras aplicaciones de construcción (Mehta & Monteiro, 2020).

Grado de humedad del material de los agregados

Tabla 3

Grado de humedad del material.

Muestra: Agregados			
	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
P. m. en húmedo+ Tarro	394.35	386.74	382.42
P. de muestreo seco+ Tarro	384.42	381.41	371.35
P. Tarro	51.32	55.14	50.44
P. de muestreo húmedo	343.41	335.73	330.25
P. de muestreo seco	331.26	326.25	321.42
P. - Agua	9.16	6.69	9.14
% Humedad	3.49	2.36	3.74

La tabla muestra el contenido de humedad de varios tipos de agregados, incluidos los agregados finos, gruesos y reciclados. Se especifican los pesos de las muestras en condiciones de humedad, junto con sus correspondientes medidas post secado en horno. Se registra el peso inicial de la muestra húmeda, incluido el recipiente, seguido del peso de la muestra seca, lo que permite calcular el volumen de agua evaporada. Para cada tipo de agregado, se proporciona el peso individual del frasco y los cálculos para los pesos del material seco y húmedo, lo que permite determinar el porcentaje.

Figura 5

Caracterización granulométrica del agregado fino

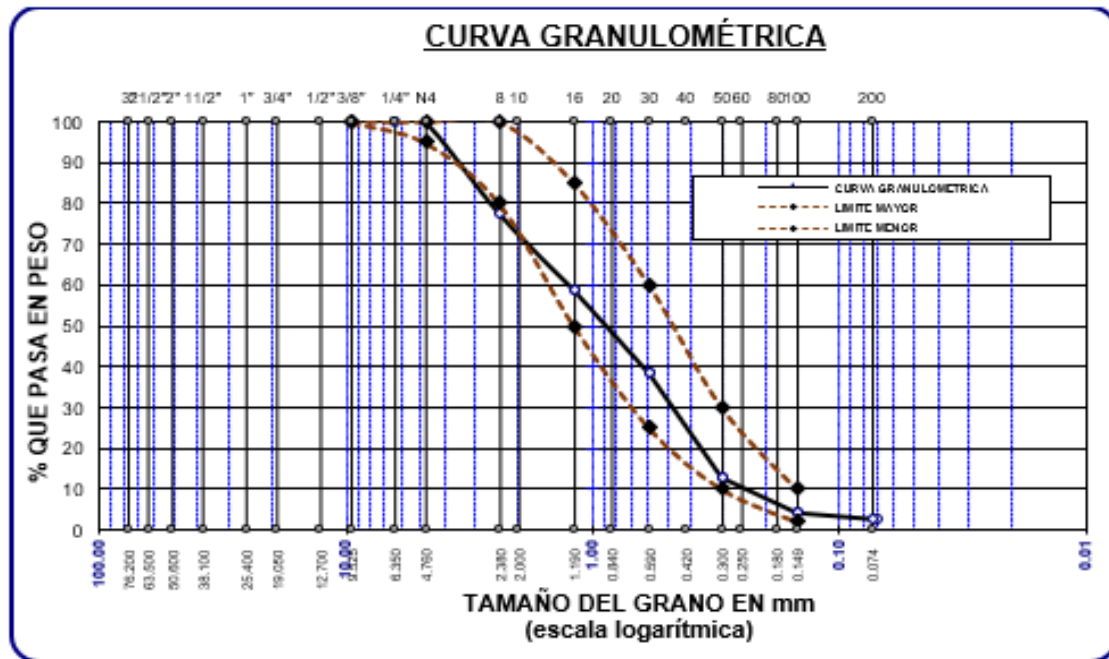
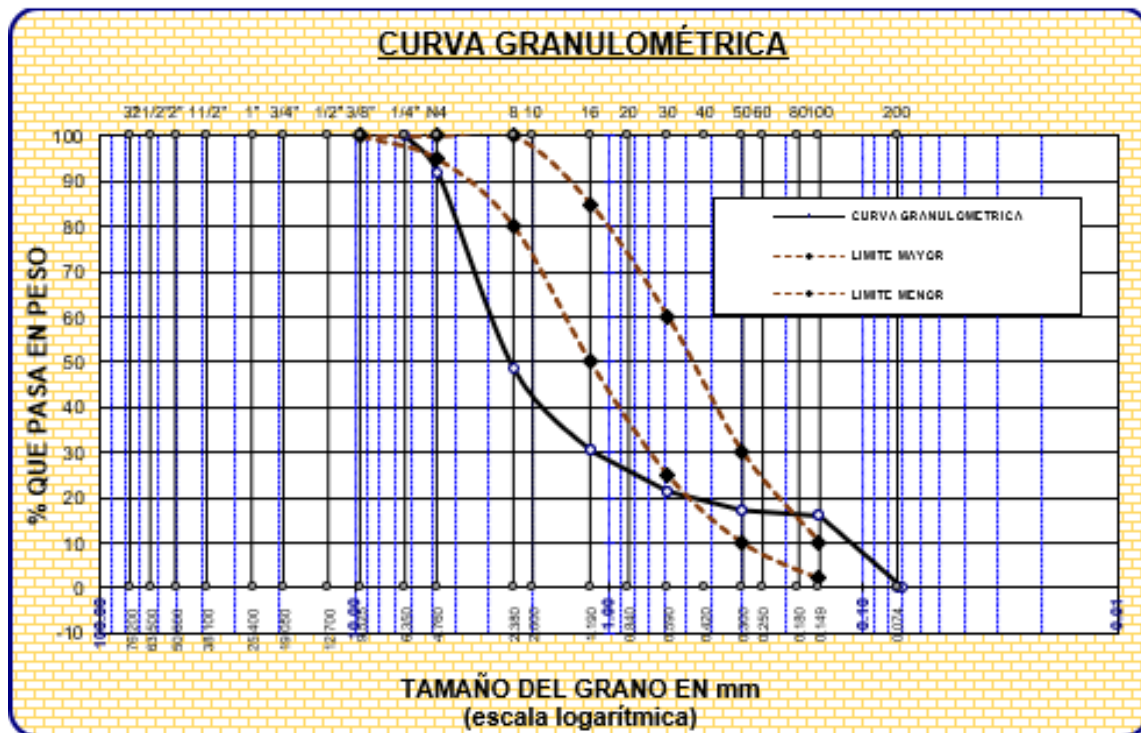


Figura 6

Distribución de partículas recicladas en agregado fino



Diseño de mezclas 340 kg/cm²

Paso 1: definición de los materiales a utilizarse

- Se empleará cemento Portland Tipo I, el cual será el componente principal en la mezcla cementicia.
- Para los agregados gruesos, se seleccionará un material con un diámetro máximo de 10 mm, asegurando una adecuada granulometría para la composición de la mezcla.
- En cuanto a los agregados finos, se establecerán tres variaciones para el análisis comparativo de las muestras: una con 100% de agregado natural, otra con una combinación de 80%.
- Se incorporarán en dos proporciones distintas, correspondientes al 5% y 10% en relación con el peso del cemento.
- Finalmente, la relación agua/cemento será establecida mediante ensayos en el laboratorio, asegurando que las condiciones de mezclado optimicen la trabajabilidad y resistencia del material resultante.

Proporciones para el diseño de mezcla

Tabla 5

Relación de materiales en la formulación

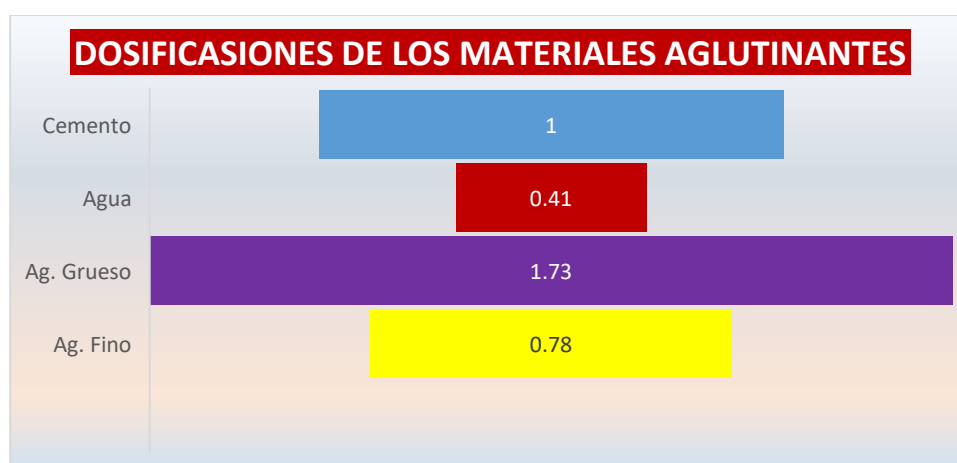
Agregado	Dosificación	Proporción	Dosificación	Proporción
	Peso Seco	Volumen	Peso Húmedo	Volumen
	(Kg/m ³)	peso seco	(kg/m ³)	peso húmedo
Cemento	556	1.00	556	1
Agua	228	0.41	223	0.40
Aq. Grueso	962	1.73	984	1.77
Aq. Fino	433	0.78	446	0.80
Aire	3.00%		3.00%	

En la tabla se especifica la dosificación de elementos de la mezcla, diferenciando entre peso seco y peso húmedo, así como sus respectivas relaciones volumétricas. La dosis de cemento es de 556 kg/m³, manteniéndose una relación de 1,00 en ambos escenarios. El

agua presenta una ligera disminución de 228 kg/m^3 a 223 kg/m^3 , manteniendo una relación casi igual a 0,40. La densidad del agregado grueso varía desde 962 kg/m^3 en condición seca hasta 984 kg/m^3 en condición saturada, con volúmenes asociados de 1,73 y 1,77, respectivamente. El agregado fino aumenta de 433 kg/m^3 a 446 kg/m^3 , con proporciones respectivas de 0,78 y 0,80.

Figura 7

Distribución de proporciones en la mezcla de concreto



El gráfico muestra las dosis de los elementos aglutinantes en la combinación, indicando la proporción relativa de cada componente. El cemento tiene un porcentaje base de 1,00, que sirve como referencia para los demás ingredientes. El agua, que constituye el 0,41 de la composición, es esencial para la hidratación y trabajabilidad del material. El agregado grueso constituye la mayor proporción con 1,73, lo que significa su predominio en la composición de la mezcla, mientras que el agregado fino le sigue con una proporción de 0,78. Estas cifras subrayan la importancia de una dosis precisa para garantizar la cohesión, resistencia y longevidad del material en aplicaciones de construcción.

4.1.1 Atributos físicos del adoquín elaborado en la provincia de San Román 2024

a. Asentamiento de los adoquines convencionales

Tabla 6

Descripción del flujo y estabilidad de la mezcla.

Descripción de la mstras	Asentamiento	Consistencia (slump)
MS1		3.82
MS2		3.80
MS3	3-4"	3.85
MS4		3.83
MS5		3.80
	PROM	3.82

Los datos medios se encuentran en la última fila de la tabla, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,82 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Figura 8

Compilación de resultados de asentamientos en muestras



Los datos medios se encuentran en la última columna de la gráfica, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,82 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Tabla 7

Compilación de resultados del asentamiento en la mezcla utilizada con agregado fino reciclado 20%

Descripción de la muestra	Asentamiento	Consistencia (slump)
MS1		3.75
MS2		3.71
MS3	3-4"	3.77
MS4		3.76
MS5		3.79
	PROM	3.76

Los datos medios se encuentran en la última fila de la tabla, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,76 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Figura 9

Comparación de asentamientos en muestras con reemplazo de 20% de agregados finos (síntesis)



Los datos medios se encuentran en la última columna de la gráfica, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,76 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Tabla 8

Compilación de resultados del asentamiento en la mezcla utilizada con agregado fino reciclado 30%

Descrip. de la mutrs	Asentamiento	Consistencia (slump)
MS1		3.71
MS2		3.70
MS3	3-4"	3.66
MS4		3.69
MS5		3.68
	PROM.	3.69

Los datos medios se encuentran en la última fila de la tabla, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,69 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Figura 10

Comparación de asentamientos en muestras con reemplazo de 30% de agregados finos (síntesis)



Los datos medios se encuentran en la última columna de la gráfica, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,69 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Tabla 9

Compilación de resultados del asentamiento en la mezcla utilizada con tiras de plástico reciclado 4%

Descripción de la muestra	Asentamiento	Consistencia (slump)
MS1		3.62
MS2		3.63
MS3	3-4"	3.60
MS4		3.59
MS5		3.64
	PROM.	3.61

Los datos medios se encuentran en la última fila de la tabla, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,61 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Figura 11

Comparación de asentamientos en muestras con reemplazo de 4% de tiras de plástico reciclado (síntesis)



Los datos medios se encuentran en la última columna de la gráfica, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,62 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Tabla 10

Compilación de resultados del asentamiento en la mezcla utilizada con tiras de plástico reciclado 8%

Descripción de la muestra	Asentamiento	Consistencia (slump)
MS1		3.55
MS2		3.56
MS3	3-4"	3.57
MS4		3.54
MS5		3.50
	PROM.	3.54

Los datos medios se encuentran en la última fila de la tabla, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,54 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Figura 12

Comparación de asentamientos en muestras con reemplazo de 4% de tiras de plástico reciclado (síntesis)



Los datos medios se encuentran en la última columna de la gráfica, donde se presenta el valor de consistencia promedio (caída). El gráfico indica que se logró una puntuación de consistencia promedio de 3,54 después de evaluar muchas muestras, lo que significa uniformidad estable en la mezcla. Esta medición es crucial para garantizar la trabajabilidad adecuada del material y su idoneidad para aplicaciones de construcción.

Comparativa de los asentamientos logrados**Tabla 11***Descripción abreviada del comportamiento de asentamiento en las mezclas*

TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA	
Descripción	Asentamiento (Slump)
Muestra convencional	3.82"
Muestra + agregados finos reciclados 20%	3.76"
Muestra + agregados finos reciclado 30%	3.69"
Muestra + tiras de plástico reciclado 4%	3.61"
Muestra + tiras de plástico reciclado 8%	3.54"

La tabla presenta la evaluación de la trabajabilidad de la mezcla mediante el ensayo de asentamiento, analizando los efectos de diferentes cantidades de áridos finos reciclados y tiras de plástico reciclado. La muestra de referencia, que representa concreto típico, logró un asentamiento de 3,82 pulgadas, lo que significa trabajabilidad superior y simplicidad de colocación. Reemplazar una porción del agregado natural con un 20% de agregado reciclado resultó en una caída de 3,76", mientras que un reemplazo del 30% disminuyó aún más el valor a 3,69", lo que indica una menor fluidez atribuida a la mayor absorción de agua de los agregados reciclados.

La incorporación de tiras de plástico reciclado influyó notablemente en la consistencia de la mezcla. La inclusión de un 4% de tiras de plástico dio como resultado un asentamiento de 3,61", mientras que una inclusión del 8% produjo un asentamiento de 3,54", lo que indica la trabajabilidad más baja entre las muestras evaluadas. Esta disminución se debe a la interferencia de las fibras plásticas dentro de la estructura de la mezcla, lo que limita la movilidad de las partículas y disminuye su cohesividad. Los resultados indican que un aumento en la proporción de materiales reciclados conduce a una reducción de la fluidez, lo que requiere modificaciones en la relación agua/cemento o la adición de agentes plastificantes para garantizar una trabajabilidad suficiente manteniendo la resistencia y durabilidad del hormigón.

Figura 13

Diferencias y similitudes en los valores de asentamiento



El gráfico compara los valores de asentamiento de diferentes combinaciones de mezclas, evaluando los efectos de los agregados finos reciclados y las tiras de plástico recicladas sobre la trabajabilidad del concreto. La muestra estándar exhibe el mayor asentamiento a 3,82", lo que significa una considerable fluidez y facilidad de colocación. El uso de agregados reciclados al 20% y 30% produce valores de asentamiento de 3,76" y 3,69", respectivamente, lo que significa una trabajabilidad reducida debido a la mayor absorción de agua de los agregados reciclados. La adición de tiras de plástico reciclado al 4% y 8% afecta significativamente la consistencia de la mezcla, reduciendo el asentamiento a 3,61 pulgadas y 3,54 pulgadas, respectivamente. Esta disminución se atribuye a la obstrucción mecánica de las fibras plásticas, que dificultan el flujo de la mezcla y aumentan su cohesividad interna. El gráfico demuestra que un aumento en los materiales reciclados conduce a una menor trabajabilidad de la combinación, destacando la necesidad de ajustes en la relación agua/cemento o la adición de agentes plastificantes para mejorar la trabajabilidad y al mismo tiempo preservar la integridad estructural.

4.1.2 Comparación de la resistencia a carga en adoquines con componentes reutilizados

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín convencional

Tabla 12

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales

Exposición	Carga (kg)	(KG/CM2)	Diseño	Días
MT (1)	44241	221	340	7
MT (2)	41425	220		
MT (3)	44273	225		
MT (4)	45757	228		
MT (5)	45433	224		
Prom. Final		224.24		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 224.24 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 14

Valores registrados tras la falla de la muestra natural



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 224,24 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con arena reciclada 20%

Tabla 13

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 20%

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	45532	227		
MT (2)	45742	226		
MT (3)	46365	234	340	7
MT (4)	46421	230		
MT (5)	46365	230		
	Prom. Final	230.08		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 230.08 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 15

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 20% arena fina reciclada



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 230.08 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con arena reciclada 30%

Tabla 14

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 30%

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	44453	224	340	7
MT (2)	44432	223		
MT (3)	45365	226		
MT (4)	44102	223		
MT (5)	44352	224		
Prom. Final		224.39		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a

prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 224.24 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 16

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% arena fina reciclada



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 224.39 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con TPR 4%

Tabla 15

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 4%

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	46362	234	340	7
MT (2)	46421	233		
MT (3)	47352	235		
MT (4)	47421	235		
MT (5)	46421	234		
Prom. Final		234.58		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 234.58 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 17

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 234.58 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con TPR 8%

Tabla 16

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 8%

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	48613	241		
MT (2)	48641	242		
MT (3)	48321	241	340	7
MT (4)	48102	241		
MT (5)	47623	239		
	Prom. Final	241.20		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 241.20 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 18

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 8% TPR



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 241.20 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín convencional día 14

Tabla 17

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	62454	311	340	14
MT (2)	62856	313		
MT (3)	62741	313		
MT (4)	61362	310		
MT (5)	62652	311		
Prom. Final		312.41		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 312.41 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 19

Valores registrados tras la falla de la mstra natural



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 312.41 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con arena reciclada 20%

Tabla 18

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 20% día 14

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	62754	311		
MT (2)	63632	315		
MT (3)	62251	314	340	14
MT (4)	62352	314		
MT (5)	62742	312		
Prom. Final		313.66		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 313.66 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 20

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 20% arena fina reciclada día 14



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 313.66 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con arena reciclada 30%

Tabla 19

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 30% día 14

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	62267	311		
MT (2)	62946	313		
MT (3)	62241	311	340	14
MT (4)	62625	314		
MT (5)	62513	311		
	Prom. Final	312.46		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 312.46 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 21

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 30% arena fina reciclada



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 312.46 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con TPR 4% día 14

Tabla 20

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 4%

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	64320	320		
MT (2)	64412	321		
MT (3)	63251	318	340	14
MT (4)	63321	320		
MT (5)	63352	315		
Prom. Final		319.45		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 319.45 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 22

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 319.45 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con TPR 8% día 14

Tabla 21

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 8%

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	65412	325	340	14
MT (2)	65759	326		
MT (3)	65952	325		
MT (4)	64974	324		
MT (5)	64625	324		
Prom. Final		325.15		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 325.15 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 23

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 325.15 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín convencional día 28

Tabla 22

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	68952	343		
MT (2)	68452	340		
MT (3)	68858	342	340	28
MT (4)	68956	340		
MT (5)	67675	339		
	Prom. Final	341.31		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 341.31 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 24

Valores registrados tras la falla de la muestra natural



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 341.31 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con arena reciclada 20%

Tabla 23

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 20% día 28

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	70625	351	340	28
MT (2)	69263	348		
MT (3)	70512	354		
MT (4)	70145	350		
MT (5)	69623	349		
Prom. Final		350.81		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 350.81 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 25

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% arena fina reciclada día 28



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 350.81 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con arena reciclada 30%

Tabla 24

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + arena reciclada 30% día 28

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	69421	346		
MT (2)	69352	348		
MT (3)	69423	348	340	28
MT (4)	69632	347		
MT (5)	69754	345		
	Prom. Final	347.18		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 347.18 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 26

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 30% arena fina reciclada





El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 347.18 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con TPR 4% día 28

Tabla 25

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 4%

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	71352	355	340	28
MT (2)	70142	352		
MT (3)	71523	356		
MT (4)	70652	355		
MT (5)	70153	353		
Prom. Final		354.72		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 354.72 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 27

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 4% TPR



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 354.72 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Pruebas de resistencia a la compresión adoquín con TPR 8% día 28

Tabla 26

Capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales + TPR 8%

Exposición	Carga (kg)	(kg/cm ²)	Diseño	Días
MT (1)	72956	360	340	28
MT (2)	72542	360		
MT (3)	72652	362		
MT (4)	72412	361		
MT (5)	72652	361		
Prom. Final		361.11		

La tabla presenta un análisis de la capacidad de resistencia bajo carga en adoquines naturales, evaluando el comportamiento mecánico de distintas muestras sometidas a prueba. Se examinan los valores de carga aplicada y el soporte que cada una de ellas ofrece, permitiendo determinar su rendimiento estructural tras un período específico de curado. A partir de las mediciones obtenidas, se calcula un promedio final de resistencia de 361.11 kg/cm², lo que refleja un comportamiento uniforme en las muestras analizadas. Este resultado es clave Para analizar la conformidad con las normativas de diseño y garantizar que los adoquines presenten la resistencia adecuada para su aplicación en pavimentación y otros usos estructurales.

Figura 28

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR



El gráfico ilustra la fluctuación de la capacidad de carga compresiva en adoquines convencionales y muestra la progresión de los datos adquiridos de varias muestras bajo condiciones de carga. Se notan cambios en la capacidad de carga estructural, mostrando un aumento gradual hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución menor en las medidas finales. El conjunto de la tendencia revela una resistencia promedio de 361.11 kg/cm², lo que indica un desempeño mecánico sostenido y el cumplimiento de especificaciones adecuadas para su aplicación de pavimentación. Esta investigación nos permite evaluar la consistencia del material y su capacidad para soportar tensiones sin poner en peligro su integridad estructural.

Cuadros de comparación de las muestras (Compresión)

Tabla 27

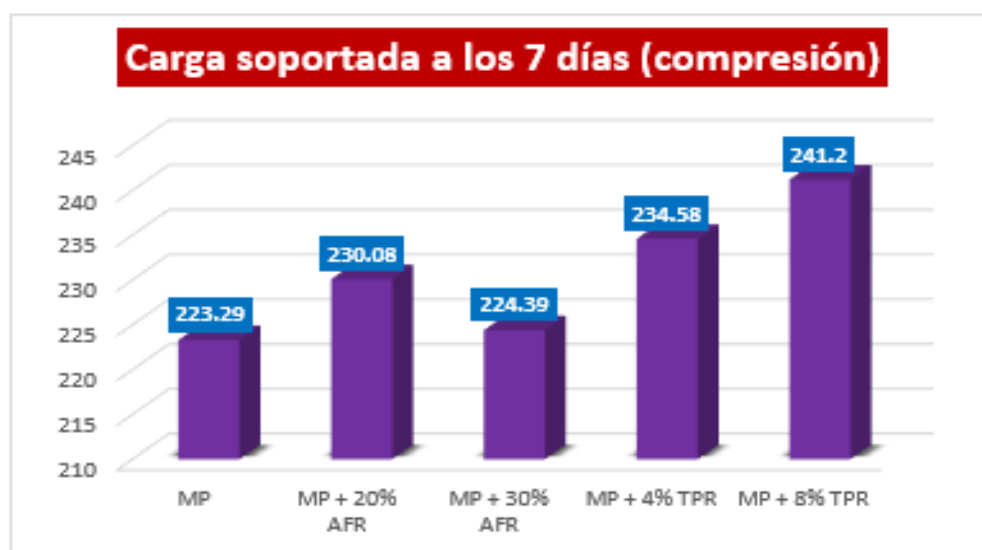
Medición de muestras tras 7 días

COMPRESIÓN (KG/CM2)	
Muestra	7 días
MP	223.29
MP + 20% AFR	230.08
MP + 30% AFR	224.39
MP + 4% TPR	234.58
MP + 8% TPR	241.20

La tabla muestra las mediciones de resistencia a la compresión de muestras de adoquines después de 7 Días, evaluando diferentes combinaciones de agregados reciclados y tiras de plástico reciclado. La muestra estándar (MP) alcanzó una resistencia de 223,29 kg/cm², sirviendo de referencia para el resto de variantes. El uso de un 20% de áridos finos reciclados (AFR) mejoró la resistencia hasta 230,08 kg/cm², mientras que una fracción de 30% de AFR la incrementó hasta 224,39 kg/cm², lo que indica una elevación de la capacidad de carga. La integración de tiras de plástico reciclado (TPR) permitió mejorar la resistencia. Con un 4% de TPR, la resistencia a la compresión alcanzada fue de 234,58 kg/cm², y con un 8% de TPR, el valor máximo medido fue de 241,20 kg/cm².

Figura 29

Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 7



El gráfico ilustra la carga sostenida después de 7 días de pruebas de compresión, contrastando la resistencia de varias combinaciones de adoquines. La muestra estándar (MP) alcanzó una resistencia de 223,29 kg/cm², mientras que la incorporación de un 20% de áridos finos reciclados (AFR) elevó la resistencia a 230,08 kg/cm², y con un 30% de AFR, la resistencia ascendió a 224,39 kg/cm², lo que indica una mejora marginal en la capacidad de carga. Por el contrario, la incorporación de tiras de plástico reciclado (TPR) mejoró significativamente la resistencia. Con una concentración de 4% de TPR, la resistencia aumentó a 234,58 kg/cm², y con una concentración de 8% de TPR, el valor máximo registrado alcanzó 241,20 kg/cm². Los hallazgos indican que la integración de materiales reciclados, en particular tiras de plástico reciclado, mejora notablemente la resistencia del material, lo que implica su capacidad para maximizar el rendimiento mecánico de los adoquines manteniendo la sostenibilidad.

Tabla 28

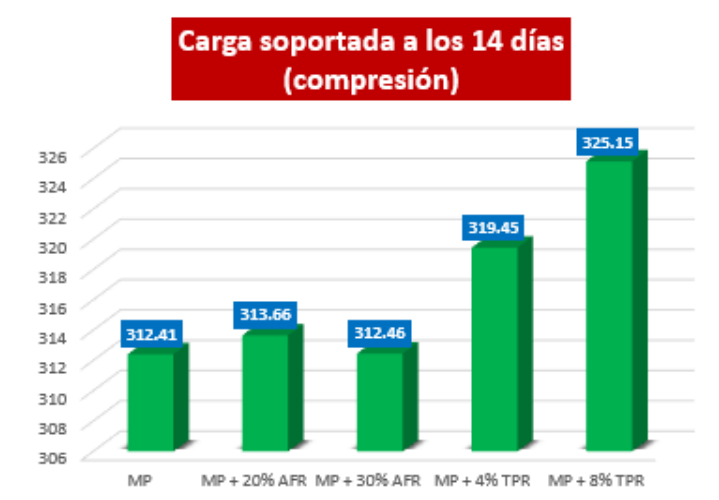
Medición de muestras tras 14 días

FUERZAS COMPRESIVAS (KG/CM2)	
Muestra	14días
MP	312.41
MP + 20% AFR	313.66
MP + 30% AFR	312.46
MP + 4% TPR	319.45
MP + 8% TPR	325.15

La tabla muestra los resultados de las mediciones de resistencia a la compresión de los adoquines después de 14 Días, contrastando varias composiciones de mezcla. La muestra de referencia (MP) presentó una resistencia de 312,41 kg/cm². La adición de un 20% de áridos finos reciclados (AFR) dio como resultado un aumento marginal a 313,66 kg/cm², mientras que la inclusión de un 30% de AFR mantuvo una resistencia casi constante a 312,46 kg/cm². La incorporación de tiras de plástico reciclado (TPR) mejoró notablemente la resistencia, consiguiendo 319,45 kg/cm² con 4% TPR y alcanzando un máximo de 325,15 kg/cm² con 8% TPR.

Figura 30

Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 14



La grafica muestra los resultados de las mediciones de resistencia a la compresión de los adoquines después de 14 Días, contrastando varias composiciones de mezcla. La muestra de referencia (MP) presentó una resistencia de 312,41 kg/cm². La adición de un 20% de áridos finos reciclados (AFR) dio como resultado un aumento marginal a 313,66 kg/cm², mientras que la inclusión de un 30% de AFR mantuvo una resistencia casi constante a 312,46 kg/cm². La incorporación de tiras de plástico reciclado (TPR) mejoró notablemente la resistencia, consiguiendo 319,45 kg/cm² con 4% TPR y alcanzando un máximo de 325,15 kg/cm² con 8% TPR. Los resultados indican que, si bien los áridos reciclados no producen una alteración significativa de la resistencia al cabo de 14 días, la incorporación de fibras plásticas mejora notablemente la integridad estructural del material, aumentando su capacidad portante.

Tabla 29

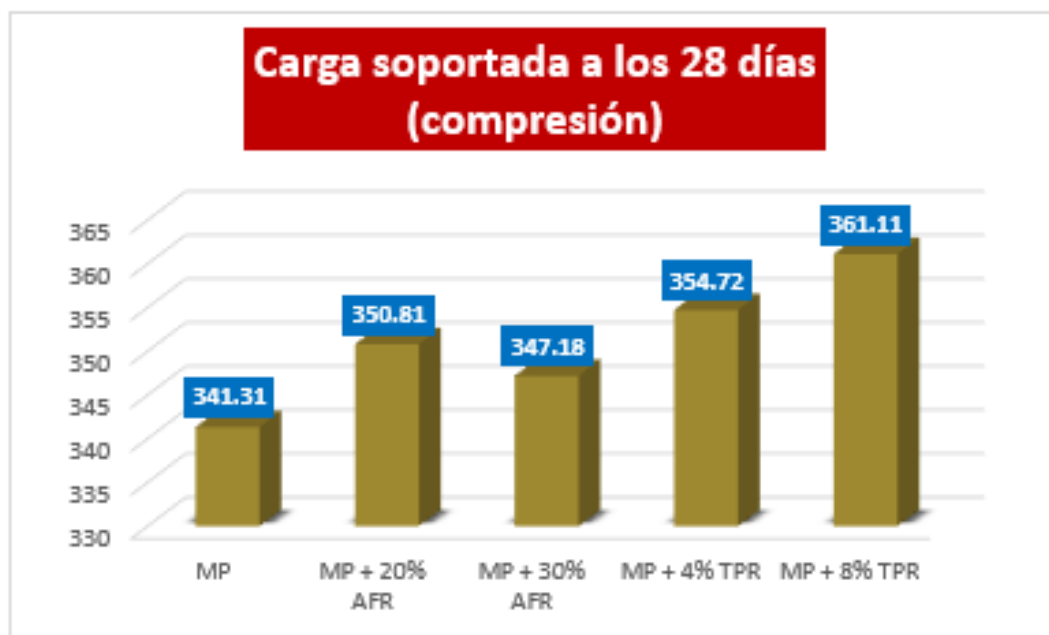
Medición de muestras tras 28 días

FUERZAS COMPRESIVAS (KG/CM2)	
Muestra	28días
MP	341.31
MP + 20% AFR	350.81
MP + 30% AFR	347.18
MP + 4% TPR	354.72
MP + 8% TPR	361.11

La tabla muestra los valores de resistencia a la compresión registrados después de 28 Días, evaluando diferentes combinaciones de áridos reciclados y tiras de plástico reciclado. La muestra estándar (MP) alcanzó una resistencia de 341,31 kg/cm², estableciendo el criterio para el resto de variantes. La inclusión de un 20% de agregados finos reciclados (AFR) produjo una resistencia a la compresión de 350,81 kg/cm², mientras que un 30% de AFR resultó en una resistencia ligeramente reducida de 347,18 kg/cm², lo que sugiere que la aplicación de agregados reciclados mejora la resistencia hasta cierto límite. antes de que se produzca el deterioro. Por el contrario, la inclusión de tiras de plástico reciclado (TPR) demostró un impacto aún más ventajoso en la resistencia. Con un 4% de TPR, la resistencia aumentó a 354,72 kg/cm², y con un 8% de TPR, el valor máximo registrado alcanzó 361,11 kg/cm². Los hallazgos demuestran que la incorporación de elementos reciclados, especialmente fibras plásticas, mejora la longevidad del adoquín, validando su viabilidad como un material sostenible y estructuralmente eficiente para pavimentación y construcción.

Figura 31

Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 28





Por el contrario, la inclusión de tiras de plástico reciclado (TPR) demostró un impacto aún más ventajoso en la resistencia. Con un 4% de TPR, la resistencia aumentó a 354,72 kg/cm², y con un 8% de TPR, el valor máximo registrado alcanzó 361,11 kg/cm². Los hallazgos demuestran que la incorporación de elementos reciclados, especialmente fibras plásticas, mejora la longevidad del adoquín, validando su viabilidad como un material sostenible y estructuralmente eficiente para pavimentación y construcción.

Tabla 30

Medición de muestras tras

Muestra	FUERZAS COMPRESIVAS (KG/CM2)		
	7días	14días	28días
MP	223.29	312.41	341.31
MP + 20% AFR	230.08	313.66	350.81
MP + 30% AFR	224.39	312.46	347.18
MP + 4% TPR	234.58	319.45	354.72
MP + 8% TPR	241.20	325.15	361.11

La tabla muestra el desarrollo de la capacidad de carga compresiva en adoquines con diferentes combinaciones de agregados reciclados (AFR) y tiras de plástico reciclado (TPR) a los 7, 14 y 28 Días. La muestra estándar (MP) demostró un aumento progresivo, alcanzando 341,31 kg/cm² al día 28. La adición de 20% y 30% de AFR mejoró la resistencia, resultando en valores finales de 350,81 kg/cm² y 347,18 kg/cm², respectivamente. . demostrando una ligera disminución junto con un mayor porcentaje de contenido reciclado. En contraste, las combinaciones que contienen 4% y 8% de TPR exhibieron los valores más altos, alcanzando 354,72 kg/cm² y 361,11 kg/cm², respectivamente, lo que indica que las fibras plásticas mejoran significativamente la resistencia del material.

Figura 32

Tendencia de los valores de resistencia según el tiempo de curado



El gráfico ilustra la resistencia a la compresión de adoquines compuestos de varias combinaciones de agregados reciclados (AFR) y tiras de plástico reciclado (TPR) durante el período de curado de 7, 14 y 28 días. La resistencia demuestra un aumento gradual a lo largo del tiempo, con la muestra de referencia (MP) comenzando en 223,29 kg/cm² a los 7 días, avanzando a 312,41 kg/cm² a los 14 días y finalmente alcanzando 341,31 kg/cm² a los 28 días. La incorporación de 20% de AFR resultó en una mejora moderada, logrando 230,08 kg/cm² a los 7 días, 313,66 kg/cm² a los 14 días y 350,81 kg/cm² a los 28 días. En contraste, con 30% AFR, los valores registrados fueron 224,39 kg/cm², 312,46 kg/cm² y 347,18 kg/cm², respectivamente, lo que sugiere una disminución marginal en la resistencia con el aumento de agregado reciclado. La incorporación de tiras de plástico reciclado (TPR) mostró una mejora considerable en la durabilidad. Con 4% TPR, los valores aumentaron a 234,58 kg/cm² a los 7 días, 319,45 kg/cm² a los 14 días y 354,72 kg/cm² a los 28 días. En cambio, al 8% de TPR se observó la máxima resistencia, alcanzando 241,20 kg/cm² a los 7 días, 325,15 kg/cm² a los 14 días y 361,11 kg/cm² a los 28 días. Los resultados indican que el uso de tiras de plástico reciclado mejora la integridad estructural de los adoquines, aumentando notablemente su capacidad de carga, lo que sugiere su aplicabilidad en usos estructurales sostenibles y de alto rendimiento.

4.1.3 Comportamiento de los adoquines con agregado reciclado y TPR al ser expuestos a flexión

El rendimiento de los adoquines que incluyen agregados reciclados y tiras de plástico reciclado (TPR) bajo cargas de flexión se define por su capacidad para soportar presiones antes de presentar fallas estructurales. La inclusión de áridos reciclados influye en la distribución de cargas en el material, modificando su resistencia y ductilidad, mientras que las tiras de plástico reciclado funcionan como refuerzo interno, mejorando la cohesión y evitando la rápida propagación de grietas. Un contenido elevado de TPR se asocia con una mejor capacidad de absorción de esfuerzos de flexión, lo que mejora la durabilidad y el rendimiento de la pavimentadora en condiciones de carga variables.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines convencional día 7

Tabla 31

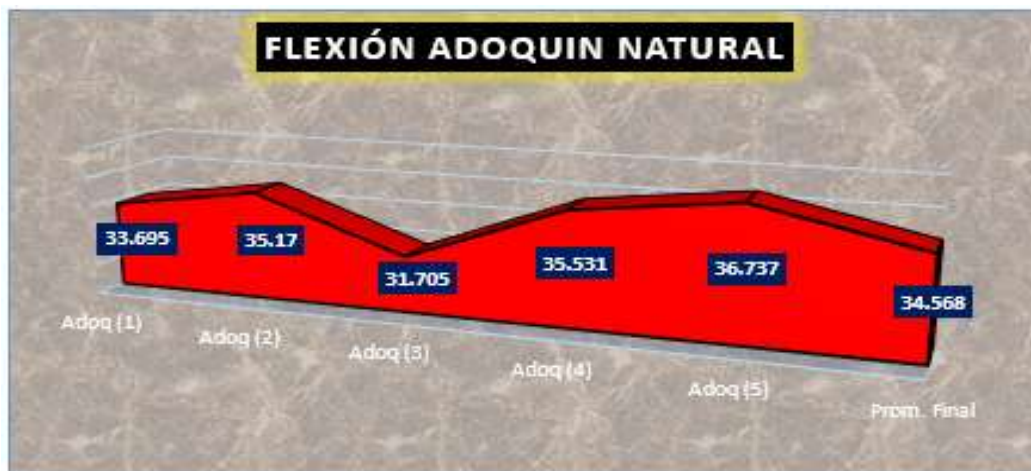
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1087.62	33	
MT (2)	1135.32	35	
MT (3)	1056.12	31	7
MT (4)	1148.45	35	
MT (5)	1184.95	36	
	Prom. Final	34.568	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 34.568 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 33

Valores registrados tras la falla de la muestra natural día 7



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 34.568 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 20% de AF día 7

Tabla 32

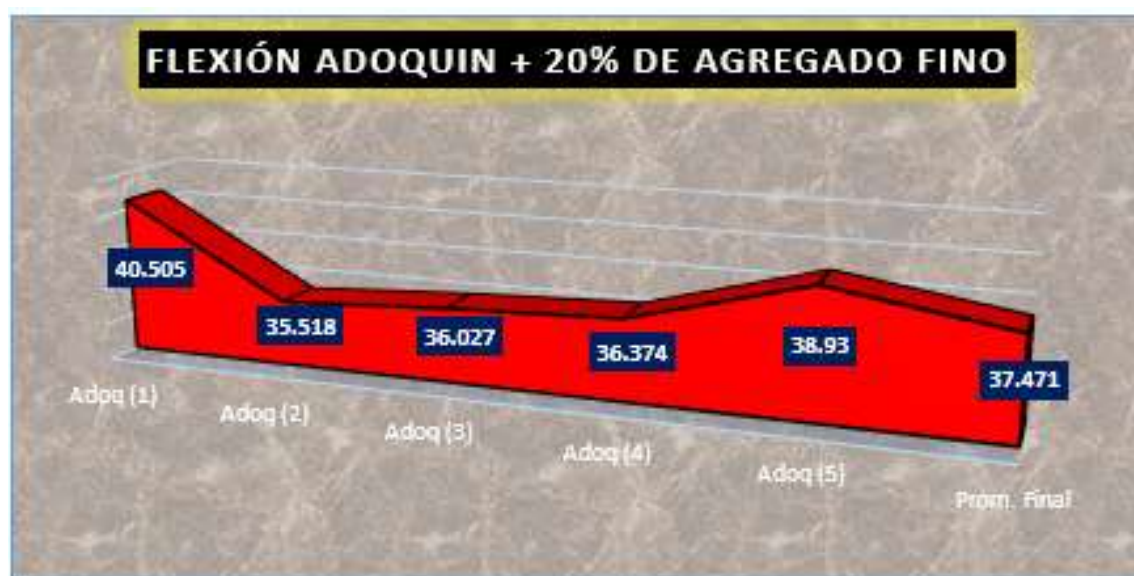
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 20% de agregado fino

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1296.36	40	7
MT (2)	1174.42	35	
MT (3)	1148.75	36	
MT (4)	1159.85	36	
MT (5)	1265.52	38	
	Prom. Final	37.471	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 37.471 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 34

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% agregado fino día 7



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 37.471 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 30% de AF día 7

Tabla 33

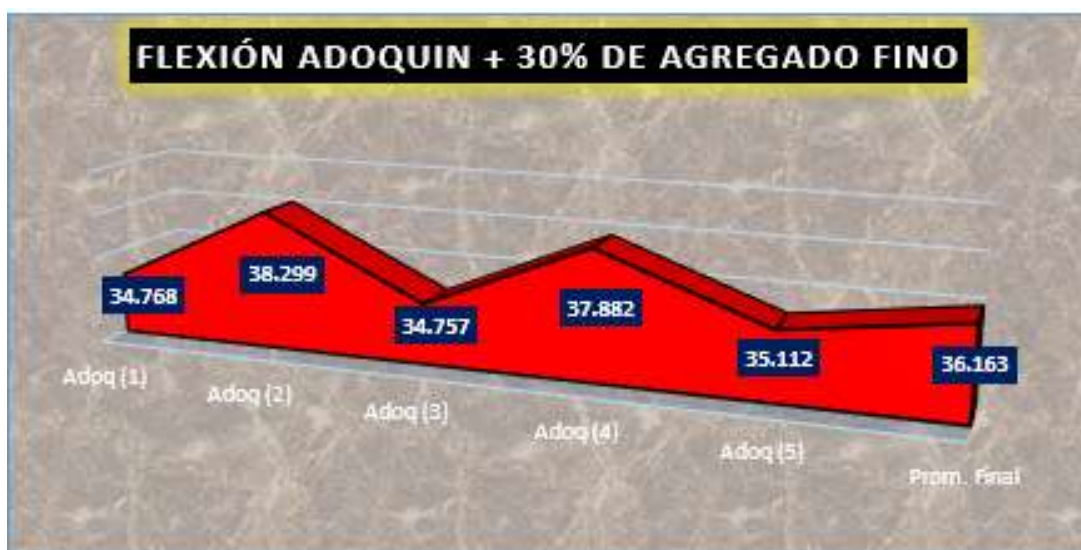
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 30% de agregado fino

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1345.41	34	7
MT (2)	1241.25	38	
MT (3)	1155.65	34	
MT (4)	1242.74	37	
MT (5)	1162.62	35	
Prom. Final		36.163	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 36.163 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 35

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% agregado fino día 7



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 36.163 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 4% de TPR día 7

Tabla 34

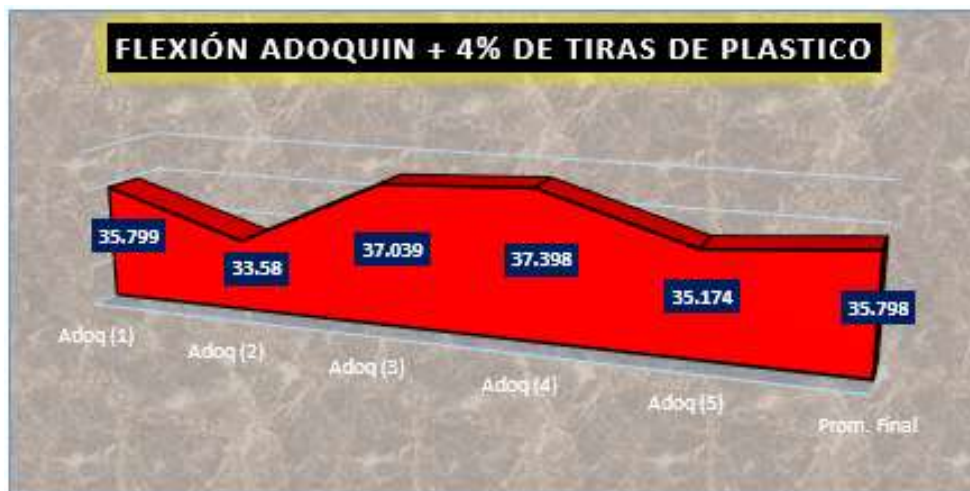
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 4% de tiras de plástico reciclado

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1174.14	35	
MT (2)	1065.26	33	
MT (3)	1156.65	37	7
MT (4)	1198.32	37	
MT (5)	1187.64	35	
	Prom. Final	35.798	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 35.798 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 36

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 4% TPR día 7



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 35.798 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 8% de TPR día 7

Tabla 35

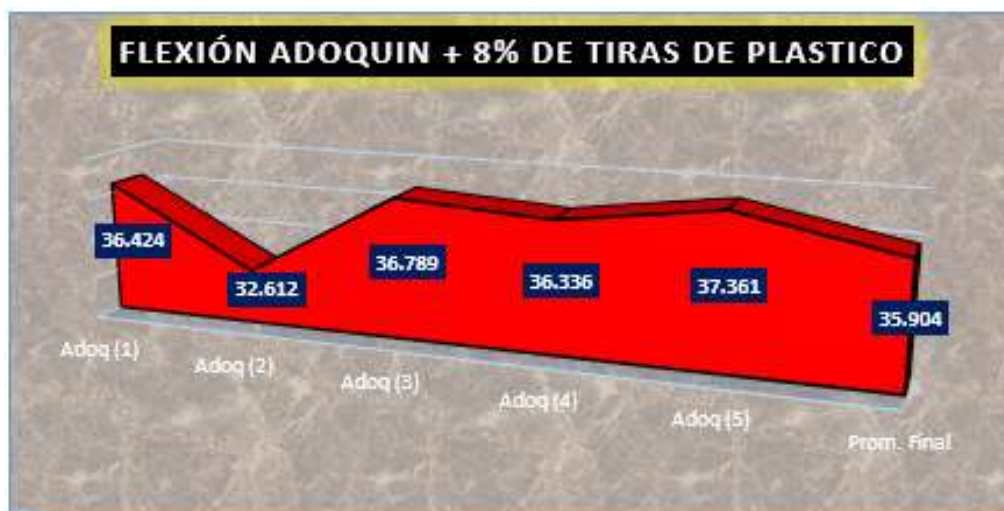
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 8% de tiras de plástico reciclado

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1191.26	36	
MT (2)	1041.54	32	
MT (3)	1162.65	36	7
MT (4)	1195.15	36	
MT (5)	1151.95	37	
	Prom. Final	35.904	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 35.904 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 37

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR día 7



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 35.904 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines convencional día 14

Tabla 36

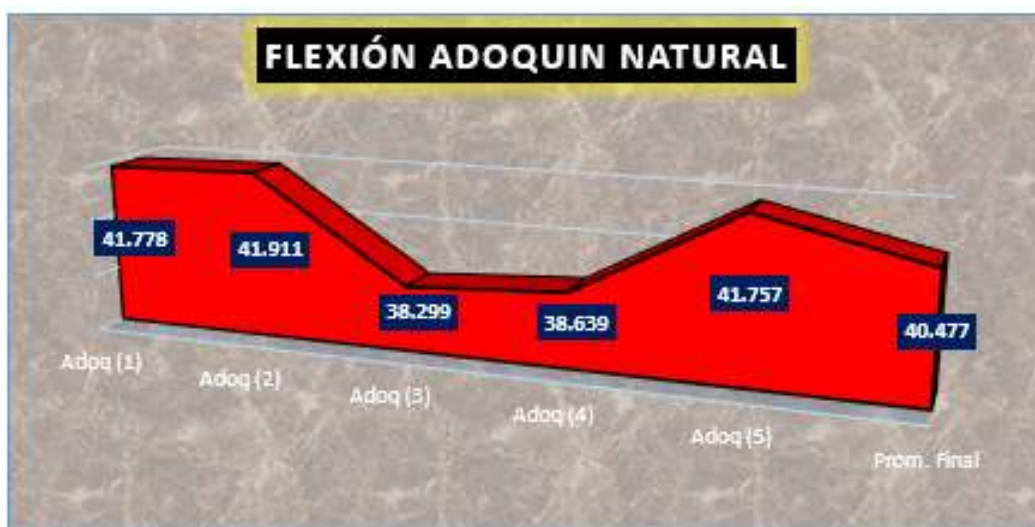
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1343.33	41	14
MT (2)	1366.26	41	
MT (3)	1245.46	38	
MT (4)	1241.21	38	
MT (5)	1345.59	41	
Prom. Final		40.477	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 40.477 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 38

Valores registrados tras la falla de la mstra natural día 14



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 40.477 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 20% de AF día 14

Tabla 37

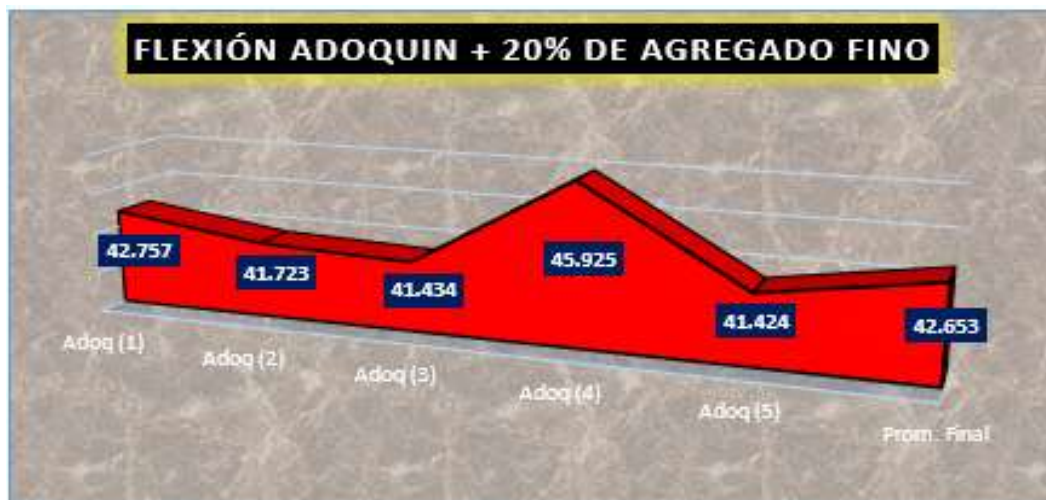
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 20% de agregado fino

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1369.26	42	14
MT (2)	1386.96	41	
MT (3)	1375.41	41	
MT (4)	1495.74	45	
MT (5)	1338.36	41	
	Prom. Final	42.653	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 42.653 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 39

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 20% agregado fino día 14



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 42.653 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 30% de AF día 14

Tabla 38

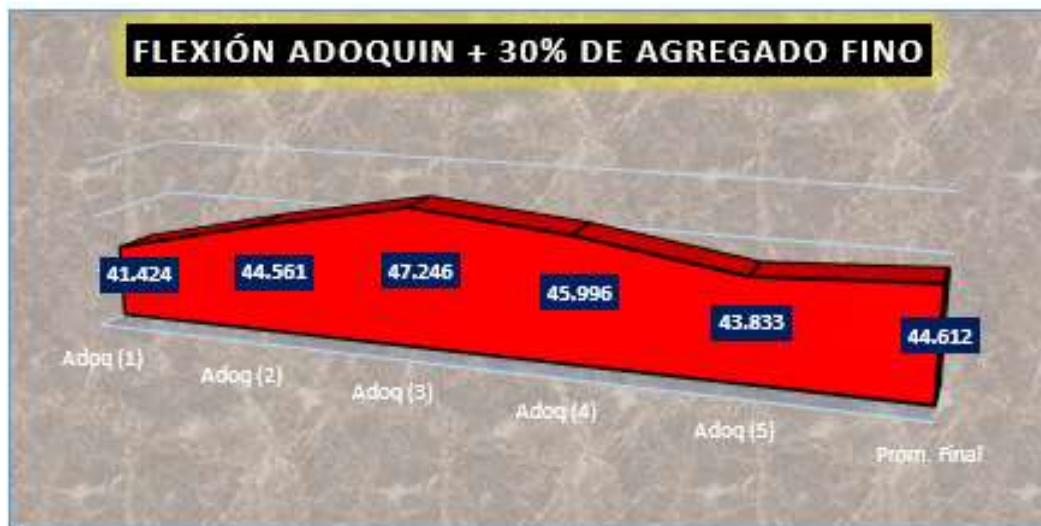
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 30% de agregado fino

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1341.23	41	14
MT (2)	1474.91	44	
MT (3)	1525.44	47	
MT (4)	1463.98	45	
MT (5)	1463.56	43	
Prom. Final		44.612	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 44.612 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 40

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 30% agregado fino día 14



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 44.612 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 4% de TPR día 14

Tabla 39

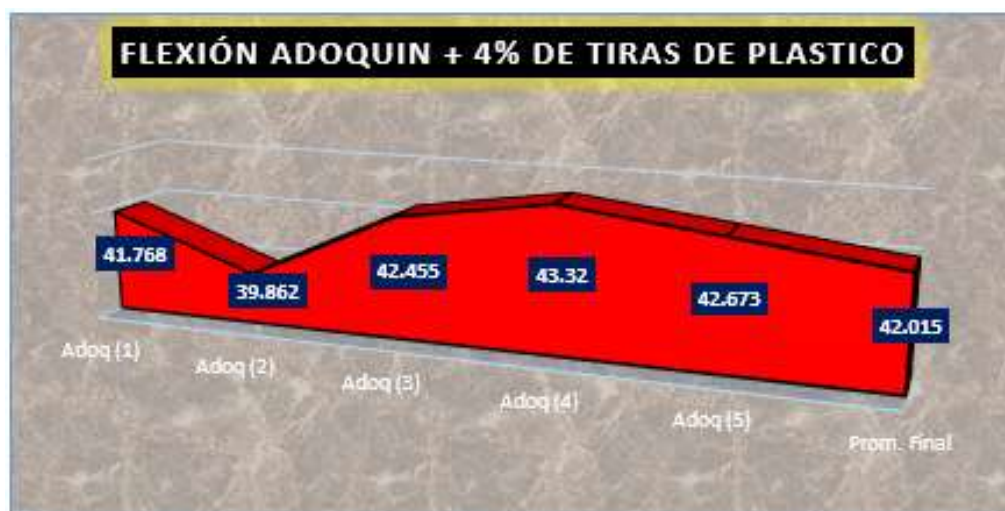
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 4% de tiras de plástico reciclado

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1322.42	41	14
MT (2)	1214.47	39	
MT (3)	1368.35	42	
MT (4)	1345.41	43	
MT (5)	1336.75	42	
Prom. Final		42.015	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 42.015 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 41

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 4% TPR día 14



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 42.015 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 8% de TPR día 14

Tabla 40

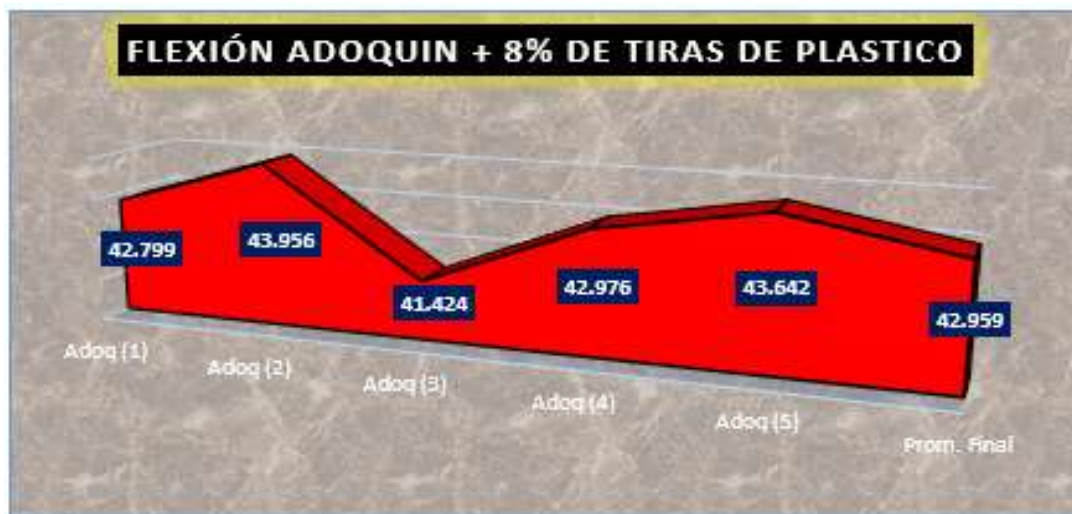
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 8% de tiras de plástico reciclado

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1342.36	42	
MT (2)	1425.42	43	
MT (3)	1341.58	41	14
MT (4)	1375.74	42	
MT (5)	1369.41	43	
	Prom. Final	42.959	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 42.959 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 42

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 8% TPR día 14



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 42.959 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines convencional día 28

Tabla 41

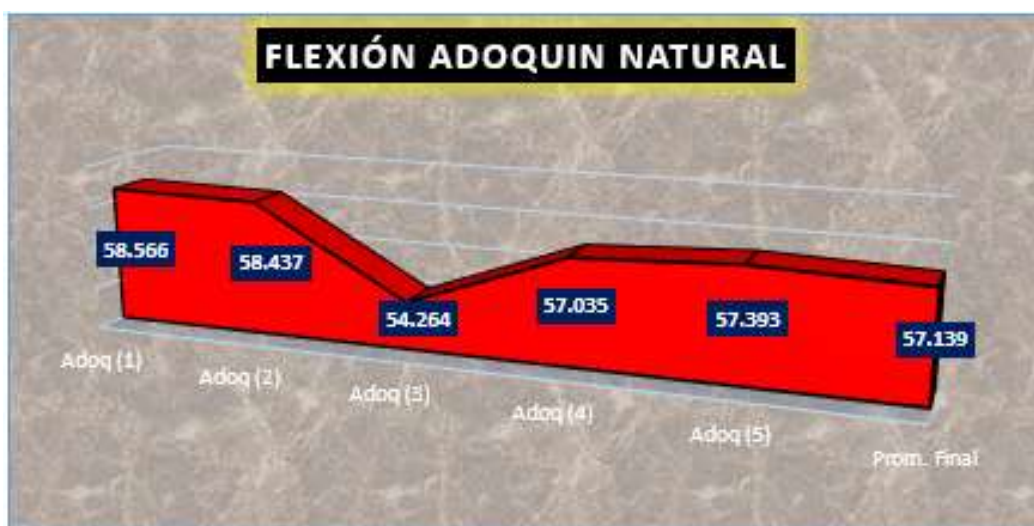
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1845.35	58	28
MT (2)	1853.75	58	
MT (3)	1758.14	54	
MT (4)	1875.59	57	
MT (5)	1836.69	57	
	Prom. Final	57.139	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 57.139 kg/cm^2 , lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 43

Valores registrados tras la falla de la mstra natural día 28



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 57.139 kg/cm^2 , lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 20% de AF día 28

Tabla 42

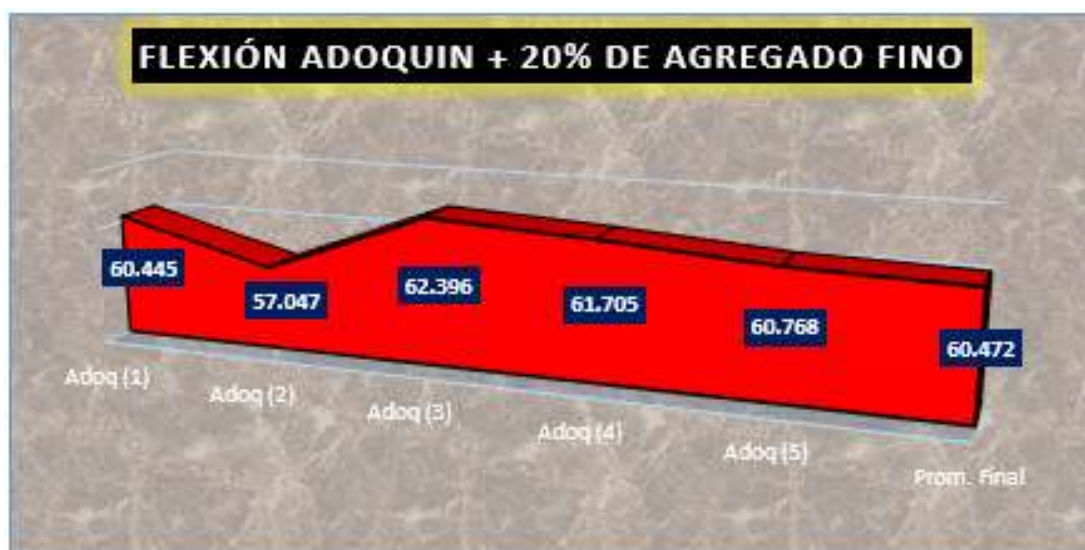
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 20% de agregado fino

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1935.42	60	28
MT (2)	1869.92	57	
MT (3)	1962.23	62	
MT (4)	1924.42	62	
MT (5)	1935.74	61	
Prom. Final		60.472	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 60.472 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 44

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 20% agregado fino día 28



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 60.472 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 30% de AF día 28

Tabla 43

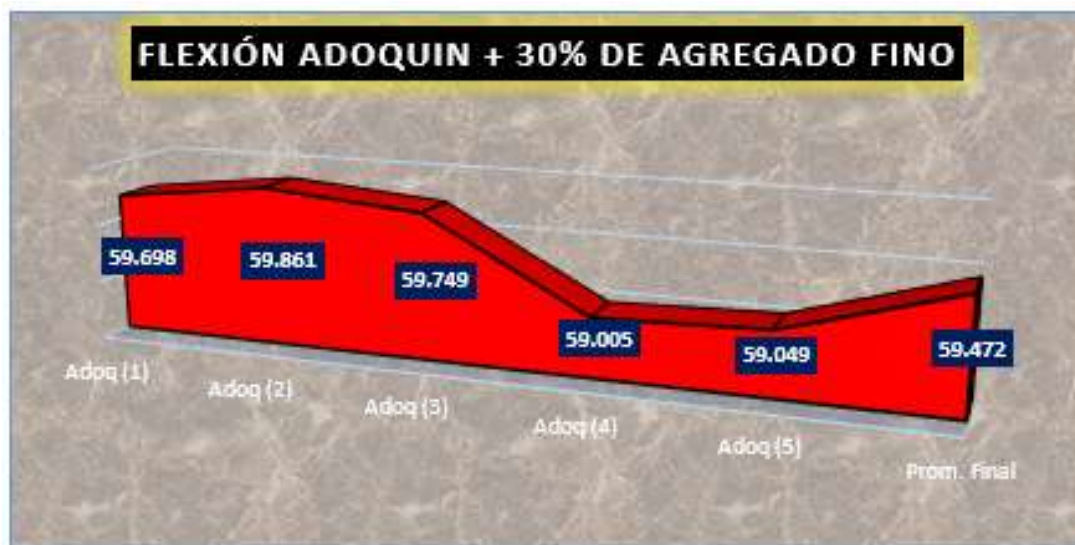
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 30% de agregado fino

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1948.59	59	
MT (2)	1965.56	59	
MT (3)	1932.14	59	28
MT (4)	1862.54	59	
MT (5)	1895.95	59	
	Prom. Final	59.472	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 59.472 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 45

Valores registrados tras la falla de la muestra natural + 30% agregado fino día 28



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 34.568 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 4% de TPR día 28

Tabla 44

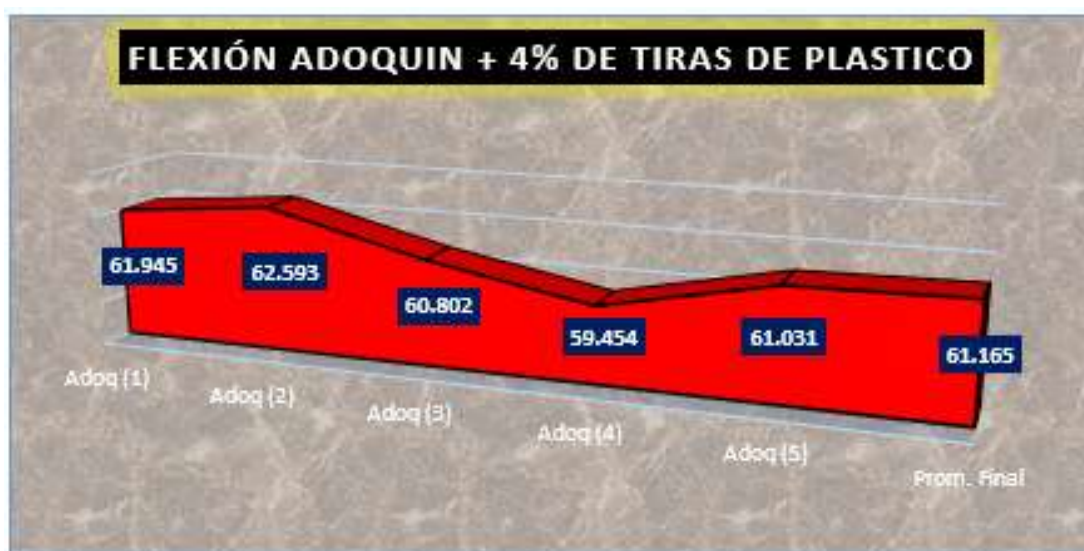
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 4% de tiras de plástico reciclado

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1941.75	61	
MT (2)	2025.69	62	
MT (3)	1985.77	60	28
MT (4)	1924.25	59	
MT (5)	1936.74	61	
	Prom. Final	61.165	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 61.165 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 46

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 4% TPR día 28



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 34.568 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Ensayo mecánico de flexión en adoquines con 8% de TPR día 28

Tabla 45

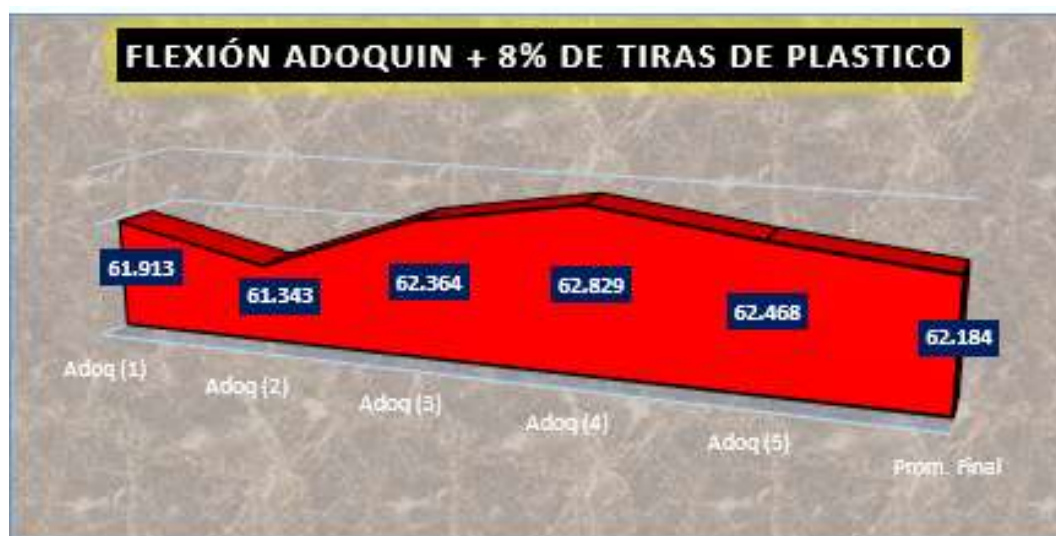
Ensayo de carga en flexión para adoquines naturales + 8% de tiras de plástico reciclado

Exposición	Carga dial (kg)	(KG/CM2)	Días
MT (1)	1935.14	62	28
MT (2)	1969.52	61	
MT (3)	1974.57	62	
MT (4)	2025.96	63	
MT (5)	1941.36	62	
Prom. Final		62.184	

La tabla muestra los resultados del ensayo de carga de flexión de adoquines naturales, evaluando su capacidad resistente bajo presiones aplicadas siguiendo un intervalo de curado. Las muestras exhiben variaciones en la carga soportada, lo que indica disparidades en la distribución de tensiones y la consistencia del material. Las mediciones arrojaron una resistencia promedio final de 62.184 kg/cm², lo que indica un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de pavimentación. Este número es crucial para evaluar la durabilidad y el rendimiento mecánico del material bajo tensiones del mundo real.

Figura 47

Valores registrados tras la falla de la mstra natural + 8% TPR día 28



El gráfico muestra la resistencia a la flexión de los adoquines naturales, destacando las diferencias entre las muestras evaluadas. Las discrepancias en la capacidad de carga son evidentes, superando algunos valores a otros en el análisis. No obstante, el cálculo del promedio total da como resultado un valor de 34.568 kg/cm², lo que refleja el desempeño promedio de resistencia a la flexión del material. Este resultado establece un estándar para futuras investigaciones y mejoras en la fabricación de adoquines de hormigón.

Cuadros de comparación de las muestras (flexión)

Tabla 46

Medición de muestras tras 7 días

FUERZAS FLEXIONANTES (KG/CM2)	
Muestra	7 días
MP	34.568
MP + 20% AFR	37.471
MP + 30% AFR	36.163
MP + 4% TPR	35.798
MP + 8% TPR	35.904

La tabla presenta los resultados del ensayo de carga de flexión realizado sobre adoquines naturales, evaluando su capacidad portante tras 7 Días. Las muestras presentan variaciones en la carga aplicada y el apoyo recibido. La muestra que presentó menor resistencia registró un soporte de 31.705 kg/cm², mientras que la muestra con mayor resistencia alcanzó 36.737 kg/cm², lo que indica variaciones en la distribución de tensiones y compactación del material. A pesar de estas discrepancias, el promedio final alcanzado fue de 34.568 kg/cm², lo que significa que el material posee suficiente integridad estructural para soportar esfuerzos de flexión en pavimentos. Estos valores permiten evaluar la calidad del adoquín y su capacidad para soportar cargas sin comprometer su integridad, asegurando así su idoneidad para aplicaciones de infraestructuras viarias y urbanas.

Figura 48

Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 7



La gráfica representa la carga soportada en flexión a los 7 Días, evaluando distintas combinaciones de agregados reciclados (AFR) y tiras de plástico reciclado (TPR) en adoquines. Se observa que la muestra patrón (MP) alcanzó un soporte de 34.568 kg/cm², estableciendo la referencia para las demás configuraciones. La incorporación de 20% de AFR mostró el mejor desempeño, alcanzando 37.471 kg/cm², lo que indica un incremento significativo en la resistencia. Con 30% de AFR, la resistencia obtenida fue de 36.163 kg/cm², reflejando también una mejora con respecto a la muestra patrón.

Tabla 47

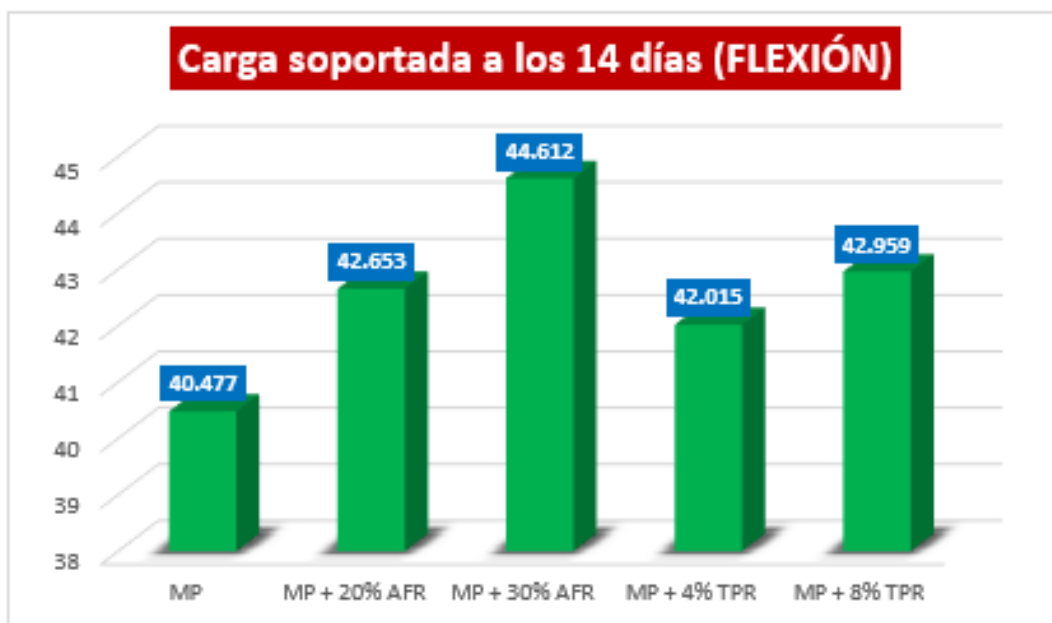
Medición de muestras tras 14 días

FUERZAS FLEXIONANTES (KG/CM2)	
Muestra	14días
MP	40.477
MP + 20% AFR	42.653
MP + 30% AFR	44.612
MP + 4% TPR	42.015
MP + 8% TPR	42.959

La tabla presenta los resultados del ensayo de resistencia a la flexión en adoquines tras 14 Días, comparando diferentes configuraciones de mezcla con agregados reciclados (AFR) y tiras de plástico reciclado (TPR). La muestra patrón (MP) alcanzó una resistencia de 40.477 kg/cm², estableciendo la referencia para las demás variantes. La adición de 20% de AFR mejoró la resistencia a 42.653 kg/cm², mientras que con 30% de AFR, se obtuvo el valor más alto de 44.612 kg/cm², evidenciando un impacto positivo en la resistencia a la flexión.

Figura 49

Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 14 fuerzas flexionante



La gráfica representa la carga soportada en flexión tras 14 Días, evaluando el impacto de la incorporación de agregados reciclados (AFR) y tiras de plástico reciclado (TPR) en la resistencia de los adoquines. La muestra patrón (MP) obtuvo una resistencia de 40.477 kg/cm², sirviendo como referencia. La adición de 20% de AFR incrementó la resistencia a 42.653 kg/cm², mientras que con 30% de AFR, se alcanzó el valor más alto de 44.612 kg/cm², lo que indica una mejora significativa en la capacidad de carga flexional.

Tabla 48

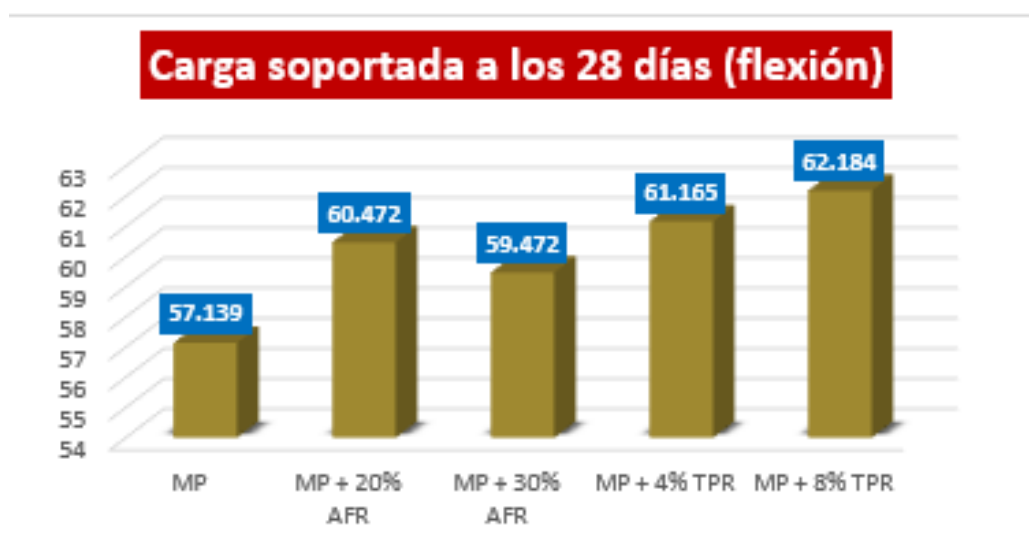
Medición de muestras tras 28 días (flexión)

FUERZAS FLEXIONANTES (KG/CM2)	
Muestra	28días
MP	57.139
MP + 20% AFR	60.472
MP + 30% AFR	59.472
MP + 4% TPR	61.165
MP + 8% TPR	62.184

El gráfico ilustra los resultados de la prueba de resistencia a la flexión en adoquines después de 28 Días, comparando diferentes diseños que incorporan áridos reciclados (AFR) y tiras de plástico reciclado (TPR). La muestra estándar (MP) alcanzó una resistencia de 57,139 kg/cm², sirviendo como punto de referencia. La adición de un 20% de AFR aumentó la resistencia a 60,472 kg/cm², mientras que la adición de un 30% de AFR produjo un valor ligeramente inferior de 59,472 kg/cm², lo que indica que una mayor proporción de agregados reciclados puede dar lugar a variaciones modestas en la capacidad de carga a flexión.

Figura 50

Informe sobre la resistencia estructural tras la rotura en día 28



La integración de tiras de plástico reciclado tuvo un impacto más pronunciado en la resistencia a la flexión. Con 4% TPR la resistencia aumentó a 61.165 kg/cm², y con 8% TPR alcanzó un máximo de 62.184 kg/cm², demostrando que la incorporación de fibras plásticas mejora significativamente la resistencia del material. Los hallazgos demuestran que la incorporación de materiales reciclados mejora la integridad estructural de los adoquines, y las fibras plásticas actúan como el refuerzo más eficiente para la resistencia a la flexión.

Cuadros de comparación de las muestras (resistencia a flexión)

Tabla 49

Medición de muestras tras

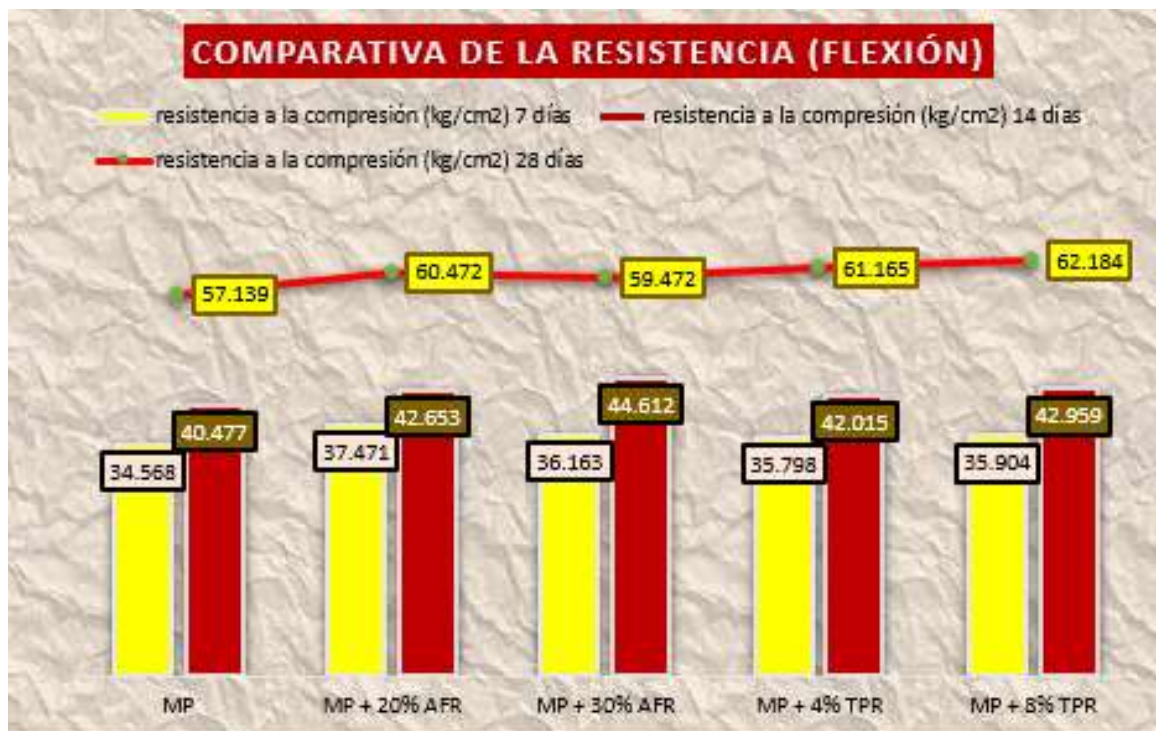
Muestra	FUERZAS FLEXIONANTES (KG/CM ²)		
	7días	14días	28días
MP	34.568	40.477	57.139
MP + 20% AFR	37.471	42.653	60.472
MP + 30% AFR	36.163	44.612	59.472
MP + 4% TPR	35.798	42.015	61.165
MP + 8% TPR	35.904	42.959	62.184

La tabla muestra el avance de la resistencia a la flexión en adoquines con diferentes proporciones de agregados reciclados (AFR) y tiras de plástico reciclado (TPR) a los 7, 14 y 28 Días. La muestra estándar (MP) demostró un aumento constante, pasando de 34.568 kg/cm² a los 7 días a 40.477 kg/cm² a los 14 días, y alcanzando 57.139 kg/cm² a los 28 días. La inclusión de 20% de AFR produjo valores de resistencia de 37,471 kg/cm², 42,653 kg/cm² y 60,472 kg/cm², mientras que la adición de 30% de AFR resultó en valores de 36,163 kg/cm², 44,612 kg/cm² y 59,472 kg/cm², lo que indica una mejora significativa en comparación con la muestra de referencia. Respecto a las mezclas de TPR, la resistencia con 4% de fibras plásticas se midió en 35.798 kg/cm², 42.015 kg/cm² y 61.165 kg/cm², mientras que con 8% TPR los valores máximos alcanzados fueron de 35.904 kg/cm², 42.959 kg/cm² y 62.184 kg/cm² durante cada fase de curado. Los hallazgos demuestran que la incorporación de materiales reciclados mejora la resistencia a la flexión, destacando

el impacto ventajoso de las fibras plásticas que optimizan el rendimiento estructural del adoquín a medida que avanza el curado.

Figura 51

Tendencia de los valores de resistencia según el tiempo de curado



El gráfico compara la resistencia a la flexión de adoquines fabricados con diferentes mezclas de áridos reciclados (AFR) y tiras de plástico reciclado (TPR) después de un curado de 7, 14 y 28 días. Se observa un aumento significativo en la resistencia, con la muestra estándar (MP) comenzando en 34.568 kg/cm² a los 7 días, progresando a 40.477 kg/cm² a los 14 días y alcanzando 57.139 kg/cm² a los 28 días. La integración del 20% de AFR mostró un mejor rendimiento, produciendo valores de 37,471 kg/cm², 42,653 kg/cm² y 60,472 kg/cm², mientras que la adición del 30% de AFR arrojó valores de 36,163 kg/cm², 44,612 kg/cm² y 59,472 kg/cm², lo que supone un importante aumento de la resistencia mecánica.

La integración de TPR mostró un refuerzo estructural notablemente mejorado. Después de un TPR del 4%, la resistencia aumentó de 35.798 kg/cm² después de 7 días a 42.015 kg/cm² a los 14 días, alcanzando finalmente 61.165 kg/cm² a los 28 días. Con una TPR del



8 %, los valores más altos informados fueron 35 904 kg/cm², 42 959 kg/cm² y 62 184 kg/cm², respectivamente. Los hallazgos indican que la inclusión de materiales reciclados mejora la capacidad de flexión de los adoquines, especialmente en mezclas que contienen fibras plásticas, lo que ilustra su eficacia como refuerzo estructural para optimizar el rendimiento de los adoquines en aplicaciones de pavimentación.

4.2 Discusión de Resultados

Los hallazgos sugieren que un mayor porcentaje de materiales reciclados afecta el desempeño estructural de los adoquines, lo que resulta en una mejora de la resistencia mecánica, de acuerdo con estudios previos sobre el uso de materiales reciclados en componentes de construcción (Suchithra et al., 2022).

Los valores de resistencia a la compresión registrados a los 7, 14 y 28 días demuestran un aumento uniforme en todas las muestras, observándose una tendencia positiva en aquellas con mayor contenido de tiras de plástico reciclado. La muestra estándar (MP) demostró un aumento típico de resistencia durante el proceso de curado, alcanzando un valor máximo de 341,31 kg/cm² después de 28 días. La inclusión de 20% AFR produjo una resistencia de 350.81 kg/cm², mientras que 30% AFR resultó 347.18 kg/cm², demostrando que el agregado reciclado mantiene la integridad estructural del adoquín sin disminuir significativamente su desempeño mecánico (Castillo & Trujillo, 2019). La adición de 4% y 8% de TPR mejoró significativamente la resistencia a la compresión, alcanzando valores de 354,72 kg/cm² y 361,11 kg/cm², respectivamente, lo que confirma que las fibras plásticas pueden mejorar la cohesión del material y optimizar la distribución de la carga en la estructura del adoquín (Iftikhar et al., 2023).

Se observó un patrón similar en la resistencia a la flexión, y los adoquines que contienen AFR y TPR exhibieron un rendimiento mejorado en comparación con la muestra estándar. Luego de 7 días, la resistencia de la muestra convencional midió 34,568 kg/cm², mientras que la muestra. La incorporación de fibras plásticas al 4% y 8% TPR resultó en



valores de 61.165 kg/cm² y 62.184 kg/cm², respectivamente, demostrando que estos materiales reciclados mejoran la capacidad de absorción. Sobre esfuerzos de flexión en adoquines de concreto (Cahuana & Alberto, 2020).

La trabajabilidad de la mezcla estuvo influenciada por los ingredientes añadidos, además de por sus propiedades mecánicas. La muestra de referencia tuvo un asentamiento promedio de 3,82 pulgadas, mientras que la adición de 20% y 30% de AFR produjo asentamientos de 3,76 y 3,69 pulgadas, respectivamente. Este comportamiento sugiere que el reemplazo parcial de agregados nativos por agregados reciclados disminuye la fluidez de la mezcla, quizás debido a la mayor absorción de agua de los materiales reciclados (Cahuana & Alberto, 2020). La inclusión de tiras de plástico reciclado influyó notablemente en la trabajabilidad, reduciendo el revenimiento a 3.61 pulgadas con 4% TPR y a 3.54 pulgadas con 8% TPR, indicando una disminución en la fluidez de la mezcla a medida que las partículas de plástico modificaron la cohesión interna del material (Castillo & Trujillo, 2019).

Los resultados demuestran que la incorporación de áridos reciclados y tiras de plástico mejora la resistencia mecánica de los adoquines, al tiempo que proporciona un método sostenible para reducir los residuos sólidos desde una perspectiva tanto medioambiental como económica. La reutilización de materiales de construcción y residuos plásticos contribuye a reducir el agotamiento de los recursos naturales y mitigar los impactos ambientales asociados a su eliminación (Iftikhar et al., 2023). Además, la sustitución parcial de áridos convencionales por materiales reciclados puede reducir los costes de producción, haciendo viable esta opción para su implementación en proyectos de pavimentación tanto urbana como rural.

Este estudio valida la efectividad del empleo de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en la fabricación de adoquines de concreto, demostrando que estos



materiales pueden mejorar el desempeño estructural al tiempo que garantizan la durabilidad. Es imperativo continuar evaluando criterios complementarios, incluidos la durabilidad a largo plazo, la resistencia a condiciones ambientales adversas y el desempeño de los adoquines bajo diversas circunstancias de carga. Esta investigación establece una base sólida para futuras investigaciones, mejorando el conocimiento sobre el uso de materiales reciclados en el sector de la construcción y promoviendo estrategias innovadoras para la gestión sostenible de residuos.

CONCLUSIONES

- C.1.** En el análisis de las características físicas de los adoquines de concreto, se observó que la muestra de referencia presentó un asentamiento de 3.82 pulgadas. Al reemplazar parcialmente el agregado fino por material reciclado, se produjo una ligera disminución en este parámetro, alcanzando un valor de 3.69 pulgadas. Sin embargo, la mayor influencia en la trabajabilidad de la mezcla se evidenció con la incorporación de tiras de plástico reciclado, las cuales generaron una reducción más notoria en el asentamiento, registrando un mínimo de 3.54 pulgadas, lo que sugiere una menor fluidez del material.
- C.2.** Respecto a la capacidad de resistencia a la compresión, los adoquines tradicionales lograron una resistencia final de 341.31 kg/cm² tras 28 Días. En las muestras donde se sustituyó parte del agregado fino por agregado reciclado, se observó una variabilidad en el desempeño estructural, logrando un valor máximo de 350.81 kg/cm² con un 20% de sustitución, lo que representa la combinación más eficiente dentro de las proporciones evaluadas. En contraste, al incorporar tiras de plástico reciclado, la resistencia experimentó un incremento aún mayor, alcanzando un valor máximo de 361.11 kg/cm² cuando se utilizó una dosificación del 8%, evidenciando el impacto positivo de este material en la mejora de la capacidad de carga del adoquín.
- C.3.** En cuanto a los ensayos de resistencia a la flexión, los adoquines convencionales registraron un valor promedio de 57.14 kg/cm² tras 28 Días. En las muestras con sustitución parcial de agregados finos por agregados reciclados, la resistencia flexional aumentó, obteniendo 60.47 kg/cm² con una proporción del 20% de material reciclado. Por otro lado, al integrar tiras de plástico reciclado en la composición del adoquín, la resistencia alcanzó su punto más alto con un valor medio de 62.18 kg/cm²



cuando se aplicó una dosificación del 8%, lo que sugiere que estos refuerzos proporcionan una mayor capacidad para resistir esfuerzos de tracción y flexión.



RECOMENDACIONES

- R.1.** Se recomienda ampliar el estudio investigando la utilización de materiales de diversas regiones en la producción de adoquines de concreto, con el objetivo de analizar las características del suelo y determinar si estas variaciones pueden mejorar el desempeño del material en relación con los hallazgos de la presente investigación.
- R.2.** Se recomienda realizar experimentos experimentales sistemáticos variando las proporciones de áridos finos reciclados y tiras de plástico reciclado, junto con la incorporación de materiales alternativos adicionales. La incorporación de determinados aditivos puede mejorar las características del adoquín, facilitando la formulación de una combinación con mejores prestaciones mecánicas y mayor durabilidad.
- R.3.** Las evaluaciones preliminares de los componentes complementarios para la producción de adoquines tradicionales se consideran esenciales para mejorar su desempeño estructural. Asimismo, es fundamental examinar los distintos grados de integración de estos materiales para evaluar su influencia sobre la resistencia mecánica, comprobando si producen impactos beneficiosos o perjudiciales de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma E.080.



REFERENCIAS

- Amorós Morote, C. E., & Bendezú Ulloa, J. C. (2019). Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm². *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626313>
- Aparicio, R., & Andrés, F. (2020). *Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los agregados finos y gruesos con mayor demanda en la ciudad de Tunja* [Bachelor thesis]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/29821>
- Apaza Lazo, E. V., & Salcedo Tejeda, J. L. (2019). *Influencia de la Ceniza de Hoja de Maíz, Cáscara de Cebada y Bagazo de Caña de Azúcar (Materiales Puzolánicos Artificiales), Como Sustitutos Parciales del Cemento en la Resistencia del Concreto Para Diseños: $F'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ en la Ciudad de Arequipa*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8803>
- Cahuana, I., & Alberto, R. (2020). Propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto con la adición de material reciclado de construcción, Los Olivos – 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67187>
- Ceballos, S., & González, C. (2024). *Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-100X2021000100027&script=sci_arttext
- Chinguel Delgado, R. L. R. (2020). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto en adoquines tipo III, utilizando ceniza de hoja de eucalipto y microsílíce con ceniza de hoja de eucalipto, Lima 2019. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57298>



- Cruzado de la Cruz, H. Y., & Rivera Chuñe, B. (2019). *Influencia de tipos de incorporador de aire sobre el asentamiento, aire total, absorción, peso unitario y compresión del concreto a bajas temperaturas*. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/13159>
- Enríquez, A., Collahuazo, L. L., Hermosa, P., Acosta, M., Feijoo, C., Quezada, M., & Ibarra, D. (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. *Revista Científica GeoLatitud*, 5(1), Article 1.
- Estupiñan, D. F. J., & Caballero, J. J. G. (2020). Importancia del concreto en el campo de la construcción. *Formación Estratégica*, 2(1), Article 1.
- Gomez Rojas, N. G. (2020, febrero 4). «Metodología de la investigación, ¿para qué?: La producción de los datos y los diseños», Néstor Cohen, Gabriela Gómez Rojas (2020). *Portal de la Comunicación*. <https://incom.uab.cat/portalcon/books/libros/metodologia-de-la-investigacion-para-que-la-produccion-de-los-datos-y-los-disenos-nessor-cohen-gabriela-gomez-rojas-2020/>
- Gómez-Gómez, A., Vinasco-Isaza, L. E., Lima, N. B. de, Tenório, J. A. S., Gómez-Gómez, A., Vinasco-Isaza, L. E., Lima, N. B. de, & Tenório, J. A. S. (2018). Relación entre el tamaño de partícula y el contenido de las fases cristalinas presentes en una escoria de aluminio. *DYNA*, 85(206), 348-354. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.74252>
- Jaimes Leal, L. Á., & Torres Cervera, K. P. (2019, julio 1). *APROVECHAMIENTO DEL GCR PARA LA ELABORACION DE ADOQUINES ECOLOGICOS COMO ALTERNATIVA A LA INDUSTRIA CONSTRUCTIVA*. | EBSCOhost. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n29a3>
- Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2020). Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review. *Construction*



- and Building Materials*, 254, 119346.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119346>
- Ledezma, F., & Yauri, W. (2023). Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica. *Revista Científica Ciencias Ingenieriles*, 3(1), Article 1.
<https://doi.org/10.54943/ricci.v3i1.224>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. En *Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
<https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Meza Domínguez, Y. (2018). "Propiedades Físico – Mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el Centro Comercial Tambo Plaza, Lurín—2017". *Universidad César Vallejo*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26903>
- Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.
- Pérez, G., & Fernando, J. (2016). *Aprovechamiento de cenizas de carbón mineral producidas en la industria local como material conglomerante en la construcción* [masterThesis, Universidad de Medellín].
<https://repository.udem.edu.co/handle/11407/65>
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.
- Saraguro, B., Carrión, J., Torres, H., & Guerrero, P. (2021). La resistencia a la compresión y el desgaste en adoquines de concreto. *Impacto Científico*, 16(2), Article 2.
- Sika Perú. (2019). *SikaCem® Acelerante PE*.
- Sota, A., & Isabel, M. (2019). Diseño del pavimento con adoquines rectangulares de concreto para la renovación vial en la provincia de Huaral. *Universidad Peruana Los Andes*. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1379>



Suárez P., I. T., Varguillas C., C. S., & Ronceros Morales, C. (2022). *Técnicas e instrumentos de investigación. Diseño y validación desde la perspectiva cuantitativa*. <http://repositorio.upsjb.edu.pe/handle/20.500.14308/4759>

Tecnología del Hormigón - Unidad 6: Resistencia a la Compresión by Instituto del cemento y del hormigon - Issuu. (2022, enero 12). https://issuu.com/ich_mkt/docs/unidad_6.pptx



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Título de tesis: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto de la adición de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en las propiedades de adoquines de concreto en la provincia de San Román 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar el efecto de la adición de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en las propiedades de adoquines de concreto en la provincia de San Román 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El efecto de la adición de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado mejorarán las propiedades de adoquines de concreto en la provincia de San Román 2024.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLASTICO RECICLADO</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Adoquín + Agregados finos reciclados</i> $M+20\%AR$ $M+30\%AR$</p> <p><i>Adoquín + tiras de plástico reciclado</i> $M+ 4\% TPR$ $M+ 8\% TPR$</p>	<p>Fichas y Herramientas de Laboratorio</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la influencia de la adición de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en las propiedades físicas de adoquines de concreto en la provincia de San Román?</p> <p>¿Cuál es el efecto del empleo de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en la provincia de San Román?</p> <p>¿Cuál es el impacto de la incorporación de agregados finos reciclados y de tiras de plástico reciclado en proporciones variables sobre la resistencia a la flexión de adoquines de concreto en la provincia de San Román?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la influencia de la adición de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en las propiedades físicas de adoquines de concreto en la provincia de San Román.</p> <p>Determinar el efecto del empleo de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en la provincia de San Román.</p> <p>Determinar el impacto de la incorporación de agregados finos reciclados y de tiras de plástico reciclado en proporciones variables sobre la resistencia a la flexión de adoquines de concreto en la provincia de San Román.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La influencia de la adición de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado optimizarán las propiedades físicas de adoquines de concreto en la provincia de San Román.</p> <p>El efecto del empleo de agregados finos reciclados y tiras de plástico reciclado en proporciones variables mantendrá las resistencias a la compresión de adoquines de concreto en la provincia de San Román.</p> <p>El impacto de la incorporación de agregados reciclados y tiras de plástico reciclado en proporciones variables mejorará las resistencias a flexión de adoquines de concreto en la provincia de San Román.</p>		



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



PROYECTO: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
CANTERA: ISLA - AGREGADO GRUESO
ISLA - 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 <u>485.85</u>
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	112.56	22.51	22.51	77.49	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.12</u>
N° 16	93.25	18.65	41.16	58.84	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1618.15</u>
N° 30	102.03	20.41	61.57	38.43	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	127.65	25.53	87.10	12.90	Wc+B =	<u>1813</u> Wc+B-W = <u>195</u>
N° 100	43.11	8.62	95.72	4.28	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500.00}{1618.15 - 1813} = 2.56$ gr/cm ³
N° 200	8.23	1.65	97.37	2.63	ABSORCIÓN	
FONDO	13.17	2.63	100.00	0.00	B =	<u>500.00</u> B-A = <u>14.15</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{14.15 \times 100}{485.85} = 2.91$ %
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA			3.08			

AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>784.64</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
1"	279	7.97	7.97	92.03	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.12</u>
3/4"	521	14.89	22.86	77.14	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1799.52</u>
1/2"	1045	29.86	52.71	47.29	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	553	15.80	68.51	31.49	Wc+B =	<u>2113</u> Wc+B-W = <u>314</u>
N° 4	0	0.00	68.51	31.49	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{1799.52 - 2113} = 2.55$ gr/cm ³
N° 8	1102	31.49	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00	B =	<u>800.00</u> B-A = <u>15.36</u>
SUMA	3500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{15.36 \times 100}{784.64} = 1.96$ %
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A.
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - C.P. INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚBICAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y FIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS CABALLEROS

SOLICITANTE: ROMÁN 2024

CANTERA: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
ISLA - AGREGADO GRUESO
ISLA - AGREGADO FINO

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

FECHA: 26 DE AGOSTO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	395.74
P.T.M. SECA	385.12
P.TARRO	51.23
P.AGUA	10.62
P.S.SECO	333.89
% HUMEDAD	3.18

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	387.97
P.T.M. SECA	380.35
P.TARRO	51.16
P.AGUA	7.62
P.S.SECO	329.19
% HUMEDAD	2.31

PESOS UNITARIOS

AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9382	5968	2122	1609
9398	5968	2122	1616
9395	5968	2122	1615
			1613

AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
12855	7981	3224	1512
12824	7981	3224	1502
12853	7981	3224	1511
			1508

VARILLADO

PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9618	5968	2122	1720
9612	5968	2122	1717
9610	5968	2122	1716
			1718

VARILLADO

PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
13200	7981	3224	1619
13208	7981	3224	1621
13245	7981	3224	1633
			1624

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
 FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 10325



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



DISEÑO DE MEZCLA F'c = 340 Kg./cm.²

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
: ISLA - 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 = 340 Kg./cm.² a los 28 días
entonces la resistencia promedio F'cr = 424 Kg./cm.²

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 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: 3/8" (9.53mm)

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

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos	2.55	2.56
P.e SSS		
P.e Bulk		
P.U. Vanillado	1624	1718
P.U. Suelto	1508	1613
% de Absorción	1.96	2.91
% de Humedad Natural	2.31	3.18
Modulo de Fineza	-	3.08

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal: 3/8" (9.53mm)
- 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: 228 L/m³
- Como el concreto estará sometido a Intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 3.0 %
- Como se prevé que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de: 0.41
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4, el requerimiento de cemento será de:
(228 L/m³) / (0.41) = 556 Kg/m³



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



7. De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.08 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1624 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/8" (9.53mm) se recomienda el uso de 0.592 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.5923) \cdot (1624) = 962 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= \left(\frac{228}{1000} \right) = 0.228 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= \left(\frac{556}{2.88 \cdot 1000} \right) = 0.193 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= \left(\frac{962}{2.53 \cdot 1000} \right) = 0.380 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= \left(\frac{3.0}{100} \right) = 0.030 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.831 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.831) = 0.169 \text{ m}^3$$

$$(0.169) \cdot (2.56) \cdot 1000 = 433 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (962) \cdot (1.023148) = 984 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (433) \cdot (1.0318) = 446 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

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:

$$228 - \frac{962 \cdot (2.31 - 1.96)}{100} - 433 \left(\frac{3.18 - 2.91}{100} \right) = 223$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	556	1.00	556	1.00
Agua	228	0.41	223	0.40
Agreg. Grueso	962	1.73	984	1.77
Agreg. Fino	433	0.78	446	0.80
Aire	3.0 %		3.0 %	

13.08 BOLSAS /m³ DE CEMENTO:

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg
Agregado fino húmedo	34.11 Kg
Agregado grueso húmedo	75.23 Kg
Agua efectiva	17.07 Kg

Miguel Arnoldo Yana Torres
M.Sc. en Ingeniería Civil
FICE - CARRANDESA CIVIL



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:	Redondeo		
0.75 p3 de Arena		0.7 p3 de Arena	
1.76 p3 de Piedra Chancada		1.8 p3 de Piedra Chancada	
17 Lt. de Agua		17 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 DOSIFICACIÓN POR TANDAS.
* Se deberá de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES

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

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
VICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JERARQUÍA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 100257



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

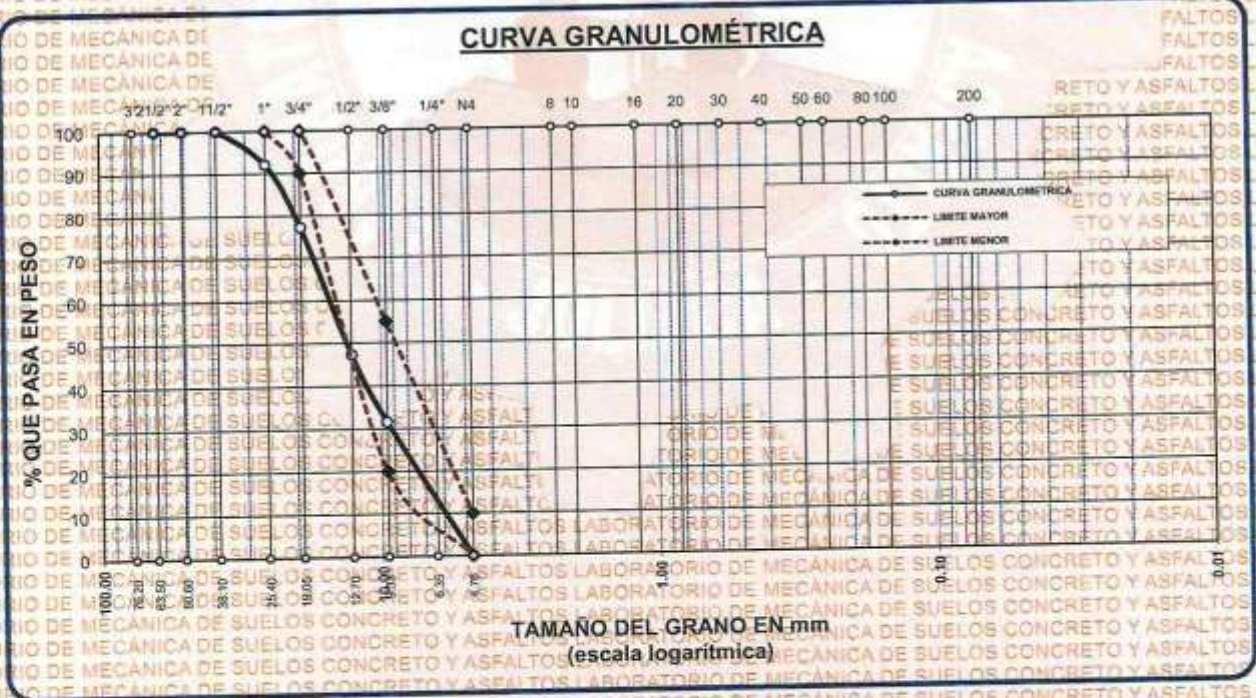


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
CANTERA: ISLA - AGREGADO GRUESO
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 PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200		0.00	0.00	100.00	100 %	Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4"
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	90 - 100 %	OBSERVACIONES:
1"	25.400	279.00	7.97	7.97	92.03		
3/4"	19.050	521.00	14.89	22.86	77.14		
1/2"	12.700	1045.00	29.86	52.71	47.29	20 - 55 %	
3/8"	9.525	553.00	15.80	68.51	31.49		
1/4"	6.350						
No.4	4.760	1102.00	31.49	100.00	0.00	0 - 10 %	
BASE		0.00	0.00	100.0	0.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Mtro. Amalia Jara Torres
I.P. 100257



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

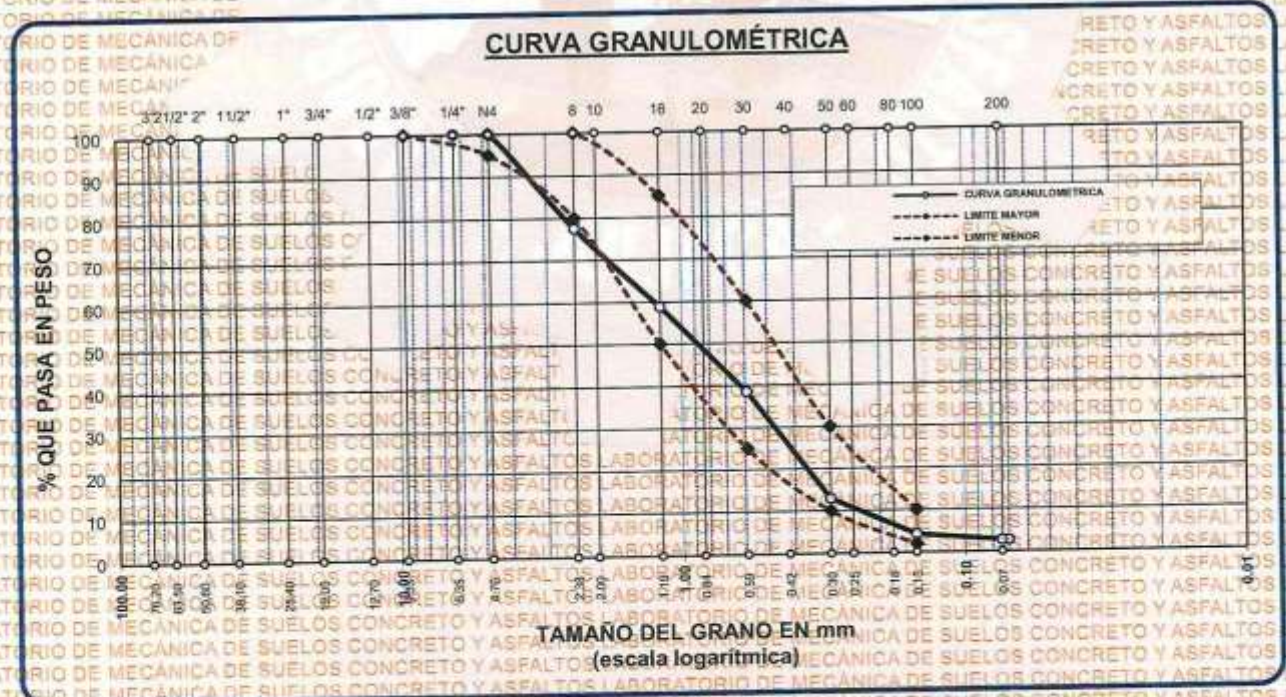


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
CANTERA: ISLA - 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 = 3.08 OBSERVACIONES:
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	112.56	22.51	22.51	77.49		
No10	2.000					50 - 85 %	
No16	1.190	93.25	18.65	41.16	58.84		
No20	0.840					25 - 60 %	
No30	0.590	102.03	20.41	61.57	38.43		
No40	0.420					10 - 30 %	
No 50	0.300	127.65	25.53	87.10	12.90		
No60	0.250						
No80	0.180					2-10%	
No100	0.149	43.11	8.62	95.72	4.28		
No200	0.074	8.23	1.65	97.37	2.63		
BASE		13.17	2.63	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		2.63					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



[Signature]
DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR 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 : EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO

LUGAR : ISLA - 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	5968 gr	5968 gr	5968 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2122 cm ³	2122 cm ³	2122 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9382.00 gr	9398.00 gr	9395.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3414.00 gr	3430.00 gr	3427.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.609 gr/cm ³	1.616 gr/cm ³	1.615 gr/cm ³
PROMEDIO	1.613 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	5968 gr	5968 gr	5968 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2122 cm ³	2122 cm ³	2122 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9618.00 gr	9612.00 gr	9610.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3650.00 gr	3644.00 gr	3642.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.720 gr/cm ³	1.717 gr/cm ³	1.716 gr/cm ³
PROMEDIO	1.718 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



[Firma]
Diego Armando Ticona Torreblanca



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 : EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLASTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO

: ISLA - 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	7981 gr	7981 gr	7981 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3224 cm ³	3224 cm ³	3224 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12855.00 gr	12824.00 gr	12853.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4874.00 gr	4843.00 gr	4872.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.512 gr/cm ³	1.502 gr/cm ³	1.511 gr/cm ³
PROMEDIO	1.508 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	7981 gr	7981 gr	7981 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3224 cm ³	3224 cm ³	3224 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	13200.00 gr	13208.00 gr	13245.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5219.00 gr	5227.00 gr	5264.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.619 gr/cm ³	1.621 gr/cm ³	1.633 gr/cm ³
PROMEDIO	1.624 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO M.S.C.A.
 DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Ing. Arnaldo Yana Torres
 191257



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 : EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO

ISLA : 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.)	395.74
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	385.12
PESO DEL TARRO (gr.)	51.23
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	344.51
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	333.89
PESO DEL AGUA (gr.)	10.62
% HUMEDAD	3.18

MUESTRA : AGREGADO GRUESO	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	387.97
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	380.35
PESO DEL TARRO (gr.)	51.16
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	336.81
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	329.19
PESO DEL AGUA (gr.)	7.62
% HUMEDAD	2.31

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
[Firma]



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

TEMA
SOLICITANTE
LUGAR
FECHA

EFFECTO DE LA ADICION DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLASTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024.
BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
26 AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION ADOQUIN CONVENCIONAL

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1078.25	33.695	34.57	26/08/2024	02/09/2024	7	56.16
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1125.45	35.170		26/08/2024	02/09/2024	7	58.62
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1014.56	31.705		26/08/2024	02/09/2024	7	52.84
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1136.98	35.531		26/08/2024	02/09/2024	7	58.22
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1175.57	36.737		26/08/2024	02/09/2024	7	61.23
						34.568					57.61

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1336.89	41.778	40.46	26/08/2024	09/09/2024	14	69.63
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1341.14	41.911		26/08/2024	09/09/2024	14	69.85
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1225.58	38.299		26/08/2024	09/09/2024	14	63.83
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1236.45	38.639		26/08/2024	09/09/2024	14	64.40
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1336.23	41.757		26/08/2024	09/09/2024	14	69.60
						40.477					67.46

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1874.12	58.566	57.14	26/08/2024	23/09/2024	28	97.61
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1869.98	58.437		26/08/2024	23/09/2024	28	97.39
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1736.45	54.264		26/08/2024	23/09/2024	28	90.44
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1825.12	57.035		26/08/2024	23/09/2024	28	96.06
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1836.56	57.393		26/08/2024	23/09/2024	28	96.65
						57.139					95.23

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

M. Sc. A. Ticona Torres
26/08/2024





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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: EFECTO DE LA ADICION DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV JULIACA
FECHA: 26 AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION ADOQUIN CON 20% AGREGADOS RECICLADOS

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1296.15	40.505	37.47	26/08/2024	02/09/2024	7	67.51
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1136.56	35.516		26/08/2024	02/09/2024	7	59.20
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1152.86	36.027		26/08/2024	02/09/2024	7	60.04
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1163.98	36.374		26/08/2024	02/09/2024	7	60.62
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1245.75	38.930		26/08/2024	02/09/2024	7	64.88
						37.471					62.45

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1368.23	42.757	42.65	26/08/2024	09/09/2024	14	71.26
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1335.15	41.723		26/08/2024	09/09/2024	14	69.54
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1325.89	41.434		26/08/2024	09/09/2024	14	69.06
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1469.59	45.925		26/08/2024	09/09/2024	14	76.54
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1325.58	41.424		26/08/2024	09/09/2024	14	69.04
						42.653					71.09

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1934.23	60.445	60.47	26/08/2024	23/09/2024	28	100.74
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1825.51	57.047		26/08/2024	23/09/2024	28	95.09
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1996.68	62.396		26/08/2024	23/09/2024	28	103.99
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1974.56	61.705		26/08/2024	23/09/2024	28	102.84
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1944.56	60.768		26/08/2024	23/09/2024	28	101.28
						60.472					100.79

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



W. Armano 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 FLEXION

NTP 339.034

TEMA: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 26 AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION ADOQUÍN CON 30% AGREGADOS RECICLADOS

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1112.56	34.768	36.16	26/08/2024	02/09/2024	7
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1225.56	38.299		26/08/2024	02/09/2024	7
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1112.23	34.757		26/08/2024	02/09/2024	7
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1212.23	37.882		26/08/2024	02/09/2024	7
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1123.57	35.112		26/08/2024	02/09/2024	7
						36.163				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1325.56	41.424	44.61	26/08/2024	09/09/2024	14
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1425.96	44.561		26/08/2024	09/09/2024	14
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1511.87	47.246		26/08/2024	09/09/2024	14
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1471.86	45.996		26/08/2024	09/09/2024	14
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1402.67	43.833		26/08/2024	09/09/2024	14
						44.612				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1910.34	59.698	59.47	26/08/2024	23/09/2024	28
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1915.56	59.861		26/08/2024	23/09/2024	28
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1911.97	59.749		26/08/2024	23/09/2024	28
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1888.15	59.005		26/08/2024	23/09/2024	28
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1889.56	59.049		26/08/2024	23/09/2024	28
						59.472				

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

MSc. Yanina Torres
E.I.C.P. CAP. INGENIERA CIVIL





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

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS REICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV JULIACA
FECHA: 26 AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION ADOQUÍN CON 4% TIRAS DE PLASTICO REICLADO

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1145.58	35.799	35.80	26/08/2024	02/09/2024	7
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1074.57	33.580		26/08/2024	02/09/2024	7
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1185.24	37.039		26/08/2024	02/09/2024	7
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1196.74	37.398		26/08/2024	02/09/2024	7
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1125.56	35.174		26/08/2024	02/09/2024	7
						35.798				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1336.56	41.768	42.02	26/08/2024	09/09/2024	14
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1275.58	39.862		26/08/2024	09/09/2024	14
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1358.56	42.455		26/08/2024	09/09/2024	14
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1386.23	43.320		26/08/2024	09/09/2024	14
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1365.54	42.673		26/08/2024	09/09/2024	14
						42.015				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1982.23	61.945	61.16	26/08/2024	23/09/2024	28
2	V-2	10.0	8.0	20.0	2002.96	62.593		26/08/2024	23/09/2024	28
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1945.65	60.802		26/08/2024	23/09/2024	28
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1902.54	59.454		26/08/2024	23/09/2024	28
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1952.99	61.031		26/08/2024	23/09/2024	28
						61.165				

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



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

Msc. Aracely Yano Torres



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA
SOLICITANTE
LUGAR
FECHA

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024.
BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
26 AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION ADOQUÍN CON 8% DE TIRAS DE PLASTICO RECICLADO

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1165.58	36.424	35.90	26/08/2024	02/09/2024	7
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1043.57	32.612		26/08/2024	02/09/2024	7
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1177.24	36.789		26/08/2024	02/09/2024	7
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1162.74	36.336		26/08/2024	02/09/2024	7
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1195.56	37.361		26/08/2024	02/09/2024	7
						35.904				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1369.56	42.799	42.96	26/08/2024	09/09/2024	14
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1406.58	43.956		26/08/2024	09/09/2024	14
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1325.56	41.424		26/08/2024	09/09/2024	14
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1375.23	42.976		26/08/2024	09/09/2024	14
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1396.54	43.642		26/08/2024	09/09/2024	14
						42.959				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	10.0	8.0	20.0	1981.23	61.913	62.184	26/08/2024	23/09/2024	28
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1962.96	61.343		26/08/2024	23/09/2024	28
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1995.65	62.364		26/08/2024	23/09/2024	28
4	V-4	10.0	8.0	20.0	2010.54	62.829		26/08/2024	23/09/2024	28
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1998.99	62.468		26/08/2024	23/09/2024	28
						62.184				

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VARGAS"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
Mgtr. Arnoldo Yano Torres
FIR 303252



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TEMA: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

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

FECHA: 26-AGOSTO-2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	44265	200.13	221.18	340	26/08/2024	02/09/2024	7	65.05
2	B - 2	44256	200.30	220.95	340	26/08/2024	02/09/2024	7	64.98
3	B - 3	45132	199.78	221.18	340	26/08/2024	02/09/2024	7	65.05
4	B - 4	45642	199.87	228.36	340	26/08/2024	02/09/2024	7	67.16
5	B - 5	45014	200.25	224.79	340	26/08/2024	02/09/2024	7	66.11
Promedio De Esf. Rotura				223.29					65.67

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	62462	200.32	311.81	340	26/08/2024	09/09/2024	14	91.71
2	B - 2	62798	200.02	313.96	340	26/08/2024	09/09/2024	14	92.34
3	B - 3	62745	199.98	313.76	340	26/08/2024	09/09/2024	14	92.28
4	B - 4	61987	199.45	310.79	340	26/08/2024	09/09/2024	14	91.41
5	B - 5	62421	200.25	311.72	340	26/08/2024	09/09/2024	14	91.68
Promedio De Esf. Rotura				312.41					91.68

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	B - 1	68754	200.24	343.36	340	26/08/2024	23/09/2024	28	100.99
2	B - 2	68245	200.30	340.71	340	26/08/2024	23/09/2024	28	100.21
3	B - 3	68346	199.78	342.11	340	26/08/2024	23/09/2024	28	100.62
4	B - 4	68101	199.82	340.81	340	26/08/2024	23/09/2024	28	100.24
5	B - 5	67985	200.21	339.57	340	26/08/2024	23/09/2024	28	99.87
Promedio De Esf. Rotura				341.31					100.39

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

Mano firmada
 Msc. Arnelo Yano Torres
 FICP - CIPR, INGENIERIA CIVIL





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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TEMA

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE

BACHILLER DIEGO ARMANDO TIGONA TORREBLANCA

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

26 AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOQUÍN CON 20% DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B-1	45621	200.13	227.96	340	26/08/2024	02/09/2024	7	67.05
2	B-2	45412	200.30	226.72	340	26/08/2024	02/09/2024	7	66.68
3	B-3	46759	199.78	234.05	340	26/08/2024	02/09/2024	7	68.84
4	B-4	46124	199.87	230.77	340	26/08/2024	02/09/2024	7	67.87
5	B-5	46237	200.25	230.90	340	26/08/2024	02/09/2024	7	67.91
Promedio De Esf. Rotura				230.08					67.67

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B-1	62324	200.32	311.12	340	26/08/2024	09/09/2024	14	91.51
2	B-2	63147	200.02	315.70	340	26/08/2024	09/09/2024	14	92.85
3	B-3	62852	199.98	314.29	340	26/08/2024	09/09/2024	14	92.44
4	B-4	62742	199.45	314.58	340	26/08/2024	09/09/2024	14	92.52
5	B-5	62598	200.25	312.60	340	26/08/2024	09/09/2024	14	91.94
Promedio De Esf. Rotura				313.66					92.25

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B-1 SUELOS C	70413	200.24	351.64	340	26/08/2024	23/09/2024	28	103.42
2	B-2 SUELOS C	69754	200.30	348.25	340	26/08/2024	23/09/2024	28	102.43
3	B-3 SUELOS C	70850	199.78	354.64	340	26/08/2024	23/09/2024	28	104.31
4	B-4 SUELOS C	70021	199.82	350.42	340	26/08/2024	23/09/2024	28	103.06
5	B-5 SUELOS C	69895	200.21	349.11	340	26/08/2024	23/09/2024	28	102.68
Promedio De Esf. Rotura				350.81					103.18

OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



Diego Armando Tigona Torreblanca
E.I.C.P. CAR. INGENIERÍA CIVIL
511 103257



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 COMPRESIÓN

EFEECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

TEMA: EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 26 AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOQUÍN CON 30% DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	RESISTENCIA
1	B-1	44879	200.13	224.25	340	26/08/2024	02/09/2024	7	65.96
2	B-2	44756	200.30	223.44	340	26/08/2024	02/09/2024	7	65.72
3	B-3	45213	199.78	226.31	340	26/08/2024	02/09/2024	7	66.56
4	B-4	44654	199.87	223.42	340	26/08/2024	02/09/2024	7	65.71
5	B-5	44962	200.25	224.53	340	26/08/2024	02/09/2024	7	66.04
Promedio De Esf. Rotura				224.39					66.00

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	RESISTENCIA %
1	B-1	62346	200.32	311.23	340	26/08/2024	09/09/2024	14	91.54
2	B-2	62741	200.02	313.67	340	26/08/2024	09/09/2024	14	92.26
3	B-3	62312	199.98	311.59	340	26/08/2024	09/09/2024	14	91.64
4	B-4	62754	199.45	314.64	340	26/08/2024	09/09/2024	14	92.54
5	B-5	62312	200.25	311.17	340	26/08/2024	09/09/2024	14	91.52
Promedio De Esf. Rotura				312.46					91.90

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	RESISTENCIA %
1	B-1 SUELO	69425	200.24	346.71	340	26/08/2024	23/09/2024	28	101.97
2	B-2	69745	200.30	348.20	340	26/08/2024	23/09/2024	28	102.41
3	B-3	69524	199.78	348.00	340	26/08/2024	23/09/2024	28	102.35
4	B-4	69352	199.82	347.07	340	26/08/2024	23/09/2024	28	102.08
5	B-5	69254	200.21	345.91	340	26/08/2024	23/09/2024	28	101.74
Promedio De Esf. Rotura				347.18					102.11

OBSERVACIONES:
LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. EFATUTURA
Diego Armando Ticona Torres
26/08/2024



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TEMA

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS PINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE

BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS UANCV - JULIACA

FECHA

26 DE AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOQUÍN CON 4% TIRAS DE PLÁSTICO RECICLADO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	AS %
1	B-1	46875	200.13	234.22	340	26/08/2024	02/09/2024	7	68.89
2	B-2	46781	200.30	233.55	340	26/08/2024	02/09/2024	7	68.89
3	B-3	47021	199.78	235.36	340	26/08/2024	02/09/2024	7	69.22
4	B-4	47002	199.87	235.16	340	26/08/2024	02/09/2024	7	69.17
5	B-5	46982	200.25	234.62	340	26/08/2024	02/09/2024	7	69.00
Promedio De Esf. Rotura				234.58					69.00

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	AS %
1	B-1	64125	200.32	320.11	340	26/08/2024	09/09/2024	14	94.15
2	B-2	64342	200.02	321.68	340	26/08/2024	09/09/2024	14	94.61
3	B-3	63754	199.98	318.80	340	26/08/2024	09/09/2024	14	93.77
4	B-4	63985	199.45	320.81	340	26/08/2024	09/09/2024	14	94.36
5	B-5	63251	200.25	315.86	340	26/08/2024	09/09/2024	14	92.90
Promedio De Esf. Rotura				319.45					93.96

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	AS %
1	B-1	71213	200.24	355.64	340	26/08/2024	23/09/2024	28	104.60
2	B-2	70642	200.30	352.68	340	26/08/2024	23/09/2024	28	103.73
3	B-3	71125	199.78	356.02	340	26/08/2024	23/09/2024	28	104.71
4	B-4	70987	199.82	355.25	340	26/08/2024	23/09/2024	28	104.49
5	B-5	70872	200.21	353.99	340	26/08/2024	23/09/2024	28	104.11
Promedio De Esf. Rotura				354.72					104.33

OBSERVACIONES

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN CABRERÍA
FICP - CAS INGENIERÍA CIVIL
Diego Armando Ticona Torres



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLASTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINOS DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

TEMA : EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE PLASTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINOS DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE : BACHILLER DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : 26 AGOSTO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOQUIN CON 8% TIRAS DE PLASTICO RECICLADO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B-1	48246	200.13	241.07	340	26/08/2024	02/09/2024	7	70.90
2	B-2	48623	200.30	242.75	340	26/08/2024	02/09/2024	7	71.40
3	B-3	48156	199.78	241.05	340	26/08/2024	02/09/2024	7	70.90
4	B-4	48267	199.87	241.49	340	26/08/2024	02/09/2024	7	71.03
5	B-5	47985	200.25	239.63	340	26/08/2024	02/09/2024	7	70.48
Promedio De Esf. Rotura				241.20					70.94

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B-1	65124	200.32	325.10	340	26/08/2024	09/09/2024	14	95.62
2	B-2	65321	200.02	326.57	340	26/08/2024	09/09/2024	14	96.05
3	B-3	65032	199.98	325.19	340	26/08/2024	09/09/2024	14	95.64
4	B-4	64741	199.45	324.60	340	26/08/2024	09/09/2024	14	85.47
5	B-5	64936	200.25	324.27	340	26/08/2024	09/09/2024	14	95.37
Promedio De Esf. Rotura				325.15					95.63

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B-1	72234	200.24	360.74	340	26/08/2024	23/09/2024	28	106.10
2	B-2	72124	200.30	360.08	340	26/08/2024	23/09/2024	28	105.91
3	B-3	72365	199.78	362.22	340	26/08/2024	23/09/2024	28	106.54
4	B-4	72146	199.82	361.05	340	26/08/2024	23/09/2024	28	106.19
5	B-5	72364	200.21	361.44	340	26/08/2024	23/09/2024	28	106.31
Promedio De Esf. Rotura				361.11					106.21

OBSERVACIONES:
LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



INVESTIGACIÓN ANDINA "NESTOR CERRES VELÁSQUEZ"
FICP - CAPA INGENIERÍA CIVIL
Diego Armando Ticona Torreblanca



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 31-01-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DIEGO ARMANDO TICONA TORREBLANCA

Dirección: BARRIO JORGE CHAVEZ

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70600918

Teléfono: 983 192 551 email: diegoticona1234@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EFFECTO DE LA ADICIÓN DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y TIRAS DE

PLÁSTICO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE

CONCRETO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGREGADOS, RECICLADOS, TIRAS DE PLÁSTICO, PROPIEDADES DEL

ADOQUÍN
¿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

31-01-2025

Fecha