



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



**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE
ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL
RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS
EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

**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

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE
ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL
RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS
EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1588-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 17736 presentado por el (la) Bachiller: JHON ALEXANDER TICONA TICONA 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. JHON ALEXANDER TICONA TICONA, quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN de la Tesis Titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN, la misma que pertenece a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

RESUELVE:

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

- * Presidente : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
* 1er Miembro : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
* 2do Miembro : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

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

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: JHON ALEXANDER TICONA TICONA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * FECHA : Jueves 05 de diciembre del 2024
* HORA : 8:00 a.m.
* LUGAR : Aula 406 - FICP

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



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ FACULTAD DE INGENIERIAS Y CS. PURAS Dr. MILTHON QUISPE HUANCA DECANO CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS DIRECTOR Dr. Efrain Parillo Sosa DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1266-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 14228 por el señor (a): **JHON ALEXANDER TICONA TICONA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1180 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 214 - 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): **JHON ALEXANDER TICONA TICONA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 214 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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): **JHON ALEXANDER TICONA TICONA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 424-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 5844, presentado el o (la) Bachiller JHON ALEXANDER TICONA TICONA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 382 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 145-2024 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 o (la) Bachiller: JHON ALEXANDER TICONA TICONA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 145-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: JHON ALEXANDER TICONA TICONA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Mgtr. **ARNALDO YANA TORRES**.

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



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

Dr. JHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. Edwin J. Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to University of Zululand Trabajo del estudiante	1%
6	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%

Submitted to Universidad Privada de Tacna



Metadatos Complementarios UANCV



Título de la tesis	
ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JHON ALEXANDER TICONA TICONA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76912225
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-5277-6687
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS



Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01316765
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - 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</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: S 15° 29' 27'' - Longitud: O 70° 07' 37''  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=18QYKotmYmk_u4D3Cb-C3Flc9fORe1Zk&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	JUNIO 2024 – OCTUBRE 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería del transporte https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.05</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>
<p>https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</p> <p>- Librería</p>	

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLEROS CARRERA DELASQUE
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS


Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLEROS CARRERA DELASQUE
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JHON ALEXANDER TICONA TICONA, identificado con DNI Nro. 76912225, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

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

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN"

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 31 de DIEMBRE del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por darme salud y fortaleza; a mis padres y hermana, por su apoyo incondicional; y a mi abuelo Leandro, por guiarme en el camino correcto y por haberme formado como la persona que soy en la actualidad. Gracias a su motivación constante, pude alcanzar mis anhelos.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, por brindarme los conocimientos necesarios durante esta etapa de mi vida. A todas las personas que he conocido en el camino, por sus enseñanzas y compañía, y a los ingenieros que nos compartieron sus conocimientos.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación	1
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Problema General.....	5
1.2.2. Problemas Específicos.....	5
1.3. Justificación e importancia de la investigación	5
1.3.1. Justificación técnica	6
1.3.2. Justificación económica	6
1.3.3. Justificación social ambiental.....	6
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos específicos	7
1.5. Hipótesis.....	7
1.5.1. Hipótesis general	7



1.5.2. Hipótesis específicas	7
1.6. Variables.....	7
1.7. Operacionalización de variables	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.2. Internacionales	9
2.2.1. Nacionales	10
2.2.2. Locales.....	12
2.3. Referencial teórico.....	13
2.4. Marco conceptual	25

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación.....	31
3.1.1. Nivel de investigación	31
3.1.2. Tipo de investigación	31
3.2. Diseño de investigación	32
3.2.1. Población	32
3.2.2. Muestra.....	32
3.2.3. Técnica e instrumento para recolección de datos.....	32
3.2.4. Recolección de datos.....	32

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Resultados.....	44
4.1.1. Gradación	44



4.1.2.	Contenido de humedad.....	49
4.1.3.	Peso específico.....	50
4.1.4.	P. unit. suelto del agregado	51
4.1.5.	P. unit. compactado del agregado	52
4.1.6.	Proporción del Diseño de mezcla $f'c$: 210 kg/cm ²	52
4.1.7.	Análisis de ensayos de concreto en estado fresco	54
4.1.8.	Análisis de la $f'c$ de 210kg/cm ²	55
4.1.9.	Resumen de resistencias promedio (compresión)	67
4.2.	Discusión	68
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFÍA	71
	ANEXOS	75



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización	8
Tabla 2	Requisitos físicos de adoquines	15
Tabla 3	Tolerancia Dimensional	16
Tabla 4	Dimensiones. y espesores del adoquín	17
Tabla 5	Peso de adoquines de concreto	19
Tabla 6	Demanda de adoquines.....	20
Tabla 7	Esfuerzo del concreto a compresión.....	33
Tabla 8	Ensayo a la absorción.....	35
Tabla 9	Requerimientos para los AG	36
Tabla 10	Requerimientos para los agregados finos.....	36
Tabla 11	Composición de los RCD.....	37
Tabla 12	Clasificación de (RCD).....	39
Tabla 13	Gradación del AF	45
Tabla 14	Gradación del material reciclado AF	47
Tabla 15	Gradación del material reciclado AG	48
Tabla 16	Resumen del contenido de humedad y absorción	49
Tabla 17	Comparativa de absorción	49
Tabla 18	Resultados de peso específico	50
Tabla 19	Valores promedios del P. unit. suelto.....	51
Tabla 20	Valores promedios del P. unit. compactado.....	52
Tabla 21	Proporciones del diseño de mezcla	53
Tabla 22	Dosificación para la combinación	53
Tabla 23	Slump obtenido.....	54



Tabla 24	F'c muestra patrón a los 7 días.....	55
Tabla 25	F'c muestra patrón a los 14 días.....	56
Tabla 26	F'c muestra patrón a los 28 días.....	57
Tabla 27	F'c con 10% de MR a los 7 días	58
Tabla 28	F'c con 10% de MR a los 14 días	59
Tabla 29	F'c con 10% de MR a los 28 días	60
Tabla 30	F'c con 30% de MR a los 7 días	61
Tabla 31	F'c con 30% de MR a los 14 días	62
Tabla 32	F'c con 30% de MR a los 28 días	63
Tabla 33	F'c con 50% de MR a los 7 días	64
Tabla 34	F'c con 50% de MR a los 14 días	65
Tabla 35	F'c con 50% de MR a los 28 días	66
Tabla 36	Resumen de la resistencia promedio.....	67



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Residuos de construcción y demolición	1
Figura 2 Dimensiones de las unidades de hormigón para pavimentos, incluyendo longitud, anchura y espesor.	16
Figura 3 Formas de los adoquines.....	18
Figura 4 colores en los adoquines.....	19
Figura 5 Compacidad en el concreto.....	28
Figura 6 Capacidad a la tracción o flexión	34
Figura 7 Curva de gradación del AF.....	45
Figura 8 Gradación del AG.....	46
Figura 9 Curva de gradación del AG	46
Figura 10 Curva de gradación del material reciclado AF.....	47
Figura 11 Curva de gradación del material reciclado AG	48
Figura 12 Comparativa de humedad y absorción.....	49
Figura 13 Comparativa agregado grueso y fino	50
Figura 14 Comparativa peso específico agregado grueso y fino.....	50
Figura 15 Diagrama del P. unit. suelto	51
Figura 16 Diagrama del P. unit. compactado	52
Figura 17 Verificación del asentamiento	54
Figura 18 Valores obtenidos de $f'c$ MP-7 días.....	55
Figura 19 Valores obtenidos de $f'c$ MP-14 días.....	56
Figura 20 Valores obtenidos de $f'c$ MP-28 días.....	57
Figura 21 Valores obtenidos de $f'c + 10\%$ MR - 7 días	58
Figura 22 Valores obtenidos de $f'c + 10\%$ MR - 14días	59



Figura 23	Valores obtenidos de $f'c + 10\%$ de MR - 14 días	60
Figura 24	Valores obtenidos de $f'c + 30\%$ de MR - 7 días	61
Figura 25	Valores obtenidos de $f'c + 30\%$ de MR – 14 días.....	62
Figura 26	Valores obtenidos de $f'c + 30\%$ de MR– 28 días.....	63
Figura 27	Valores obtenidos de $f'c + 50\%$ de MR – 7 días.....	64
Figura 28	Valores obtenidos de $f'c + 50\%$ de MR– 14 días.....	65
Figura 29	Valores obtenidos de $f'c + 50\%$ de MR – 28 días.....	66
Figura 30	Valores promedios de $f'c$ con adición de MR	67



RESUMEN

La presente investigación, titulada "Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines elaborados con la adición de material reciclado para pavimentos articulados en la provincia de San Román", tuvo como objetivo general analizar cómo la adición de material reciclado (MR) influye en las propiedades físicas y mecánicas de adoquines para pavimentos articulados.

Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un nivel explicativo y de tipo aplicado, utilizando un diseño experimental. La población consistió en adoquines elaborados con distintos porcentajes de material reciclado (10%, 30% y 50%), y se trabajó con una muestra de 36 especímenes, evaluados a los 7, 14 y 28 días tras el curado. Los ensayos incluyeron pruebas físicas y mecánicas realizadas en un entorno controlado, evaluando resistencia a la compresión, tolerancia dimensional y tasa de absorción.

Los agregados utilizados provinieron de la cantera Isla, cuyas propiedades físicas fueron previamente analizadas: peso específico (2.65 g/cm^3 para el agregado fino y 2.72 g/cm^3 para el grueso), porcentajes de absorción (4.89% y 3.12%, respectivamente) y pesos unitarios en estado suelto y compactado.

En las pruebas de resistencia a la compresión con la adición del 10% de MR, se obtuvieron resistencias de 159.87 kg/cm^2 a los 7 días, 193.82 kg/cm^2 a los 14 días y 234.15 kg/cm^2 a los 28 días. Con el 30% de MR, las resistencias alcanzadas fueron 150.86 kg/cm^2 , 200.81 kg/cm^2 y 223.10 kg/cm^2 , respectivamente.



Los resultados evidenciaron que la incorporación de MR influye positivamente en las propiedades mecánicas de los adoquines, con el porcentaje óptimo de sustitución en un 10%, alcanzando una resistencia máxima de 234.15 kg/cm² a los 28 días. Se concluye que el uso de material reciclado no solo mejora las propiedades físico-mecánicas de los adoquines, sino que también ofrece una alternativa sostenible para la construcción de pavimentos articulados.

Palabras clave: Material reciclado, dosificación, propiedades, adoquines.



ABSTRACT

The general objective of this research, entitled "Analysis of the physical and mechanical properties of pavers made with the addition of recycled material for articulated pavements in the province of San Roman", was to analyze how the addition of recycled material (RM) influences the physical and mechanical properties of pavers for articulated pavements.

It was developed under a quantitative approach, with an explanatory and applied level, using an experimental design. The population consisted of pavers made with different percentages of recycled material (10%, 30% and 50%), and a sample of 36 specimens was used, evaluated at 7, 14 and 28 days after curing. The tests included physical and mechanical tests performed in a controlled environment, evaluating compressive strength, dimensional tolerance and absorption rate.

The aggregates used came from the Isla quarry, whose physical properties were previously analyzed: specific weight (2.65 g/cm^3 for fine aggregate and 2.72 g/cm^3 for coarse aggregate), absorption percentages (4.89% and 3.12%, respectively) and unit weights in loose and compacted states.

In the compressive strength tests with the addition of 10% RM, resistances of 159.87 kg/cm^2 at 7 days, 193.82 kg/cm^2 at 14 days and 234.15 kg/cm^2 at 28 days were obtained. With 30% RM, the strengths achieved were 150.86 kg/cm^2 , 200.81 kg/cm^2 and 223.10 kg/cm^2 , respectively.

The results showed that the incorporation of RM positively influences the mechanical properties of the pavers, with the optimum percentage of substitution



at 10%, reaching a maximum strength of 234.15 kg/cm² at 28 days. It is concluded that the use of recycled material not only improves the physical-mechanical properties of the pavers, but also offers a sustainable alternative for the construction of articulated pavements.

Keywords: recycled material, pavers, physical-mechanical properties, production costs.



INTRODUCCIÓN

Anualmente, el sector de la construcción produce enormes cantidades de materiales de demolición y 1.500 millones de toneladas de hormigón, lo que lo convierte en el mayor usuario de recursos naturales del mundo. El equipamiento nacional para procesar materiales de construcción reciclados sigue siendo escaso en Perú. El objetivo de utilizar estos materiales de demolición como áridos es mejorar el control de calidad del producto y, al mismo tiempo, abordar los problemas de contaminación ambiental y exceso de material de desecho. Para garantizar propiedades correctas y el cumplimiento de las leyes, los materiales de demolición de la construcción deben ser de alta calidad y cumplir todas las normas y controles de calidad aplicables. Será importante promover estas prácticas a medida que la nación se desarrolle.

El uso de materiales reciclados en la construcción ha surgido como una técnica importante en la búsqueda de soluciones sostenibles que reduzcan el efecto medioambiental. En la provincia de San Román, los pavimentos articulados son esenciales para la infraestructura urbana, y el uso de escombros de construcción y demolición en la producción de adoquines puede proporcionar una solución eficaz de gestión de residuos, reduciendo costes y mejorando la sostenibilidad del proyecto. Este estudio se centra en evaluar cómo la adición de estos materiales reciclados afecta a las propiedades físico-mecánicas de los adoquines utilizados en pavimentos articulados, contribuyendo así a mejorar las técnicas de construcción y a promover una gestión eficiente de los residuos.

El objetivo de este estudio es desarrollar adoquines que utilicen escombros de demolición en lugar de áridos gruesos, lo que tendría un menor



impacto sobre el medio ambiente. La cantidad de árido reciclado y otros componentes utilizados determinan la resistencia de los adoquines.

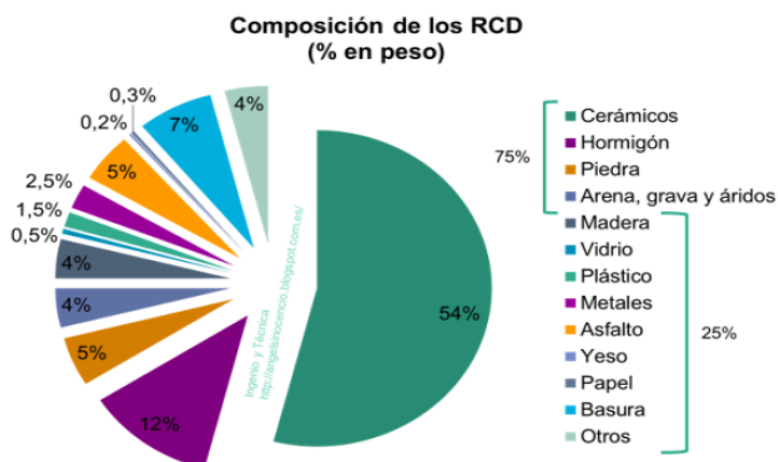
CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación

Una investigación realizada en 2014 descubrió que el 55% de la basura de Hong Kong era hormigón armado, lo que se suma a los daños medioambientales y sociales causados por los vertederos de la construcción en todo el mundo.

Figura 1 Residuos de construcción y demolición



Nota: Sánchez 2006



Algunos países reciclan más que otros; por ejemplo, Holanda recicla el 90% de su basura, mientras que España sólo el 5%. Así pues, los vertederos son importantes productores de contaminantes. Países como Japón, Estados Unidos, México, Brasil y Bélgica han experimentado un excelente desarrollo del reciclaje en los últimos años. Según Ponce (2014), página 16.

Según Morales, en Suaste - Ávila, Ciudad de México, se encuentra la primera planta de reciclaje de escombros del país, que produce 6 millones de toneladas de residuos al día y que actualmente se complementa con una planta que utiliza 600 toneladas diarias.

Los (RCD) comprenden los materiales de desecho producidos por las operaciones de construcción, demolición y rehabilitación. A pesar de ser considerados elementos inertes, su adecuada gestión es esencial para mitigar su efecto medioambiental. En países como España, una norma promulgada en 2008 obliga a las empresas constructoras a investigar sobre la gestión de residuos. Sin embargo, a pesar de esta ley, España atraviesa una crisis: anualmente se producen unos 45 millones de ton de (RCD), de los cuales sólo 6 millones se procesan adecuadamente en instalaciones autorizadas y 5 millones se valorizan. Esto indica una pérdida económica sustancial, ya que la nación podría ahorrar 450 millones de euros si estos residuos estuvieran bien controlados.

Barroso y Gómez (2011), p. 1. Debido al elevado volumen de construcción de nuevas viviendas en Perú, se produce un aumento correspondiente de la cantidad de basura generada por la destrucción de las viviendas más antiguas, lo que a su vez provoca la contaminación del medio ambiente. Porque a menudo



acaban en parques, ríos y otros lugares inadecuados. Reutilizar y reciclar estas cosas como basura permite que tengan nuevos fines sin dejar de beneficiar al medio ambiente (Vanegas, 2008 p.1).

En estos momentos, no existen lugares adecuados donde puedan acumularse de forma rentable los escombros de la construcción. Además, el reciclaje no forma parte de la formación habitual del personal de la construcción. Esto da lugar a una gran variedad de basura, que a su vez produce una cantidad considerable de metros cúbicos de basura al día. Los adoquines de concreto formarán los pavimentos articulados para el tráfico peatonal; lo que hace que este proyecto sea único es que utilizará concreto reciclado en su proceso de fabricación en cierta medida, lo que tendrá un impacto positivo (Caicedo y Pérez, 2014, p. 19).

Se trata de una cuestión importante porque mejorará la transitabilidad de los pavimentos articulados para los peatones, reducirá los costes debido a la sustitución de materiales más caros por hormigón reciclado y disminuirá el impacto medioambiental debido a la reducción de residuos en la construcción de pilotes de hormigón y de la necesidad de extracción de áridos. Tanto el público como quienes pretenden financiar proyectos con pavimentos articulados pueden beneficiarse enormemente de la consiguiente disminución de la contaminación (Vanegas, 2008 p.1).

Es necesario realizar más estudios sobre las causas, los efectos y las soluciones de los pavimentos articulados dañados, ya que su uso está aumentando tanto en entornos urbanos como rurales, donde antes no se



valoraba lo suficiente. El uso generalizado de este tipo de pavimento es en gran medida responsable de esta tendencia.

Los adoquines de cemento fabricados conforme a las normas NTP 399.604 y NTP 399.611 se utilizan para construir unidades de mampostería, y los adoquines se emplean a menudo en obras de tráfico peatonal. Reutilizables y mejorando la estética de calles, parques y aparcamientos, estos materiales ofrecen un gran valor. Sin embargo, no satisfacen las normas de calidad y longevidad, ya que carecen de certificado de calidad. La ausencia de acreditación sugiere que el proyecto no está a la altura, sino que es un costoso despilfarro de dinero.

El tratamiento de residuos de construcción en la provincia de San Román es preocupante. Esta región carece de un marco organizado para abordar este problema, en contraste con otras localidades donde se han implantado procedimientos para la eliminación adecuada de estos contaminantes. Esta situación repercute negativamente en la salud pública y el bienestar de la comunidad, además de suponer un importante problema medioambiental.

Debido a la acumulación y mal manejo de basura, se proclamó el estado de emergencia en la provincia de San Román in 2018, según la publicación El Peruano. Cuán crítico es el tema, es necesario tener una estrategia inmediata para lidiar con el problema de la basura de demolición. La inadecuada gestión ha causado una gran cantidad de basura acumular en lugares no designados and espacios públicos, amplificando la contaminación y provocando desagradables condiciones de vida para los habitantes de dichos lugares.



Los sistemas de gestión ineficaces tienen consecuencias económicas y ecológicas. El deterioro de los espacios públicos y las infraestructuras como consecuencia de una gestión insuficiente de los residuos puede limitar los esfuerzos de urbanización y deteriorar el bienestar de las personas. Seguir utilizando técnicas de eliminación insuficientes se ve favorecido por la falta de concienciación y educación medioambiental en toda la comunidad, lo que agrava el problema.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye la adición de material reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de adoquines para pavimentos articulados en la provincia de San Román?

1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿Cuál es la caracterización de los agregados de la cantera y los agregados reciclados?
2. ¿Cuál es la dosificación adecuada del concreto con la adición de material reciclado?
3. ¿Cuál es la resistencia a la compresión del adoquín con la adición de material reciclado?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

El desarrollo que se expondrá en este trabajo se basa en la idea de determinar la resistencia óptima a la compresión del pavimento articulado. Esto nos ayudará a comprender sus propiedades y las zonas de rendimiento óptimo,



al tiempo que reducimos la contaminación por residuos de construcción reciclables.

1.3.1. Justificación técnica

La investigación promueve enfoques de construcción sostenibles y la longevidad de los pavimentos evaluando las cualidades de los materiales reciclados utilizados en la fabricación de adoquines.

1.3.2. Justificación económica

Utilizando materiales reciclados en lugar de algunos de los áridos más tradicionales, la provincia de San Román podrá construir pavimentos más eficientes y rentables.

1.3.3. Justificación social ambiental

La implementación de esta investigación promueve una mejor gestión de los residuos de construcción y demolición, ayudando a disminuir el impacto ambiental y fomentando el uso de recursos sostenibles en las comunidades locales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar las propiedades físicas y mecánicas de adoquines elaborados con la adición de material reciclado para pavimentos articulados en la provincia de San Román.



1.4.2. *Objetivos específicos*

1. Evaluar la caracterización de los agregados de la cantera y los agregados reciclados.
2. Determinar la dosificación adecuada del concreto con la adición de material reciclado.
3. Determinar la resistencia a la compresión del adoquín con la adición de material reciclado.

1.5. **Hipótesis**

1.5.1. *Hipótesis general*

La adición de material reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de adoquines para pavimentos articulados en la provincia de San Román.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

1. La caracterización de los agregados de la cantera y los agregados reciclados son positivos para el diseño del concreto.
2. La dosificación adecuada del concreto con la adición de material reciclado nos permite mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adoquín.
3. La resistencia a la compresión del adoquín mejora con la adición de material reciclado.

1.6. **Variables**

✓ **Variable independiente**

Material reciclado

a. Indicadores



- Porcentajes

✓ **Variable dependiente**

Propiedades físicas y mecánicas

b. Indicadores

- Diseño de mezclas
- Asentamiento
- Resistencia a la compresión y flexión

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variable independiente: Material reciclado	Reutilizar y reciclar recursos en la construcción significa construir edificios nuevos con materiales usados anteriormente.	%	Porcentaje
Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas	Las cualidades mecánicas del hormigón incluyen su resistencia y durabilidad bajo muchos tipos de cargas, como la flexión y las presiones de compresión.	Propiedades físico mecánicas	Diseño de mezclas Asentamiento Resistencia a la compresión



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación

2.2. Internacionales

Utilizando una combinación de hormigón M50, Sharma y Gupta crearon un bloque de adoquín ecológico con una $f'c$ de 66 MPa. Los bloques se diseñaron para cumplir requisitos específicos reciclando residuos de cantera, áridos finos y arena de cimentación, lo que pone de relieve la necesidad de utilizar mezclas de hormigón respetuosas con el medio ambiente en los proyectos de construcción.

Una tesis de 2013 de Hidalgo, de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, investigó la viabilidad de utilizar vidrio reciclado para cuando se fabriquen los pavimentos articulados. Los resultados de dos pruebas de laboratorio fueron alentadores, de acuerdo con los criterios actuales y contribuyendo sustancialmente a la investigación.

El uso de agregados reciclados derivados de detritos de construcción y demolición en Cali para componentes prefabricados de hormigón, en particular



adoquines, fue el tema de la tesis de grado de ingeniería civil de Caicedo en 2014. Aunque la resistencia del producto disminuyó cuando se utilizó agregado fino en lugar de agregado reciclado, aún era utilizable con requisitos de carga más bajos, según la investigación.

Como alternativa a los adoquines convencionales, Morales (2017) creó un compuesto de mampostería utilizando materiales reciclados y comparó ambos. Con el objetivo de minimizar el efecto de los materiales en los vertederos, la f_c del tránsito peatonal varió entre 250 y 300 kPa/cm².

2.2.1. Nacionales

El objetivo general es saber si añadiendo microfibrá plástica a los adoquines de hormigón aumenta o no su f_c . Los datos se recogieron cuantitativamente mediante ensayos, y los efectos del aditivo sobre la variable dependiente se determinaron utilizando un diseño preexperimental. La planta de reciclado PEREZ SRL suministró la microfibrá plástica. Un tres y medio por ciento de microfibrá plástica añadida al hormigón normal superó su resistencia a los 28 días del curado, según los datos. Una modesta desventaja económica quedó demostrada por el hecho de que la inclusión de microfibrá plástica incrementó el coste por metro cúbico de S/. 1,61 a S/. 1,70, en comparación con la norma.

En 2014, Cabrera se propuso evaluar la durabilidad de los adoquines de vidrio reciclado frente a la de los adoquines de hormigón. Se utilizó el proceso ACI para elaborar los adoquines del estudio y se evaluaron muestras con distintas cantidades de vidrio reciclado. Las muestras que contenían cantidades variables de vidrio reciclado se pesaron y añadieron. Las muestras que



contenían un 5% de vidrio reciclado tenían una resistencia de 342,42 kb/cm^2 , un 10% con 362,86 kb/cm^2 , un 15% con 377,94 kb/cm^2 , un 25% con 384,93 kb/cm^2 , y un 50% con 389,26 kb/cm^2 . Será más fácil incluir agregados y conocer cómo afectan a la resistencia si los resultados están a la altura de la norma técnica peruana. En el futuro, saber cómo afectan los agregados a la resistencia de los adoquines será más fácil con estos datos.

Una fábrica de hormigón y hormigón armado para pavimentos de hormigón fue el resultado previsto de la tesis de Pastor 2015 en la Universidad de Piura, Perú. Los objetivos principales de la investigación eran identificar formas de mejorar las técnicas de mejora de las cualidades de los componentes de percepción y proporcionar dichos métodos. El uso de agregados reciclados permitió probar muchos tipos de adoquines destinados tanto al uso peatonal como vehicular. Sin embargo, los adoquines no estaban a la altura de las normas técnicas peruanas. En la primera muestra se registraron resistencias a la compresión de 290, 300, 280 y 300 kg/cm^2 . Las pruebas de laboratorio confirmaron que los adoquines tradicionales fabricados con plástico reciclado y absorción alcanzan una resistencia suficiente, pero no llegan a cumplir las normas establecidas por Perú.

El propósito del estudio de Ramos de 2018 fue establecer la cantidad óptima de hormigón reciclado para las unidades de pavimento de bajo tráfico de Lince, Perú. Después de recolectar muestras de adoquines convencionales, agregamos 0% de material reciclado a la muestra M0, 10% a la muestra M1, 30% a la muestra M2 y 50% a la muestra M3. Comprimos las muestras para ver cómo resistían. Según los resultados, las muestras M0 tenían una resistencia de 396,1 al 0%, M1 al 10% 321, M2 al 30% 302,1, y M3 al 50% 279,5. Estos



resultados de laboratorio llevaron a la conclusión de que, de acuerdo con la norma técnica peruana, la muestra M1 es la que debe utilizarse.

2.2.2. Locales

(Gisela, 2019) La ciudad de Juliaca enfrenta un reto significativo con los (RCD) debido a la demolición de viviendas antiguas y al aumento de la población. Investigaciones previas han demostrado que el reciclaje de concreto puede ser una solución efectiva para reutilizar estos desechos, mejorando la sostenibilidad en la construcción. Estudios han mostrado que la incorporación de agregados reciclados en porcentajes bajos (5% y 10%) puede resultar en concretos que superan las propiedades mecánicas del concreto convencional, optimizando el uso de recursos naturales. Además, esta práctica no solo contribuye a la reducción de desechos, sino que también promueve el ahorro de materiales y energía, alineándose con las recomendaciones de Kosmatka et al. (2001). Por lo tanto, este estudio se enfoca en evaluar el concreto reciclado en Juliaca, ofreciendo una respuesta viable a la problemática de los RCD en la región.

En un artículo publicado en Apaza 2022, investigadores de Juliaca (Puno) estudiaron cómo afectaba la fibra de totora a los adoquines de hormigón utilizados por los peatones. Se observó que las resistencias a la compresión, la tracción y la flexión se reducían cuando se añadía fibra a los adoquines. Según la investigación, los adoquines normales mezclados con un 0,3% de fibra de espadaña deberían proporcionar suficiente resistencia; sin embargo, las resistencias a la tracción y a la flexión disminuían al aumentar el porcentaje de fibra.

2.3. Referencial teórico

2.3.1.1. Adoquín:

Los adoquines prefabricados de hormigón en seco se fabrican mezclando materiales cementosos con áridos (finos y gruesos), agua no contaminada y otros ingredientes. En la producción de estas piezas se utiliza un método de vibro compactación empleado en la industria. Hoy en día existe una gran variedad de adoquines en cuanto a tamaño, color y forma. Los pavimentos articulados o entrelazados utilizan estos componentes como capa superficial.

2.3.1.2. Adoquines para pavimentos articulados:

- **Definición y características:** Los adoquines son bloques prefabricados de concreto utilizados en pavimentos articulados, diseñados para soportar cargas vehiculares y peatonales. Este tipo de pavimento es flexible y se adapta a diferentes condiciones climáticas, manteniendo su durabilidad y resistencia.
- **Tipos de adoquines:** Se puede detallar los diferentes tipos de adoquines según su forma, tamaño y materiales de fabricación.
- La Norma Técnica Peruana 399.611 (INACAL, 2017) categoriza a los adoquines en tres tipos: Tipo I, Tipo II y Tipo III.
 - Adoquines destinados a vías peatonales, clasificados como adoquines de Tipo I.
 - Adoquines de Tipo II designados para superficies de bajo tráfico automovilístico.



- Los pavimentos con tráfico de vehículos pesados, los patios industriales y las zonas de almacenamiento son ideales para los adoquines de tipo III.
- a) Amarre: ofrece múltiples métodos de instalación para zonas de alto tránsito, incluyendo muelles y calzadas tanto interiores como exteriores.
- b) Antideslizante: su objetivo es la preservación de los bienes culturales en relación con las calzadas. Se caracteriza por su configuración en espina de pez, que da lugar a pavimentos omnidireccionales.
- c) Adoquines rectangulares: ofrecen un diseño sencillo que facilita una instalación económica y proporciona versatilidad. Son apropiados para pequeñas plazas, caminos y carreteras, ya que su configuración rectangular potencia su uso.
- d) Adoquín Guitarra: el más destacado e innovador en el campo de los adoquines, exhibe un diseño singular. Sus dos formas exclusivas, cuadrada y octogonal, las distinguen por su originalidad, permitiendo la creación de pavimentos con diferentes configuraciones.
- e) Adoquín Ecológico Gramoquín: es ideal para aparcamientos de vehículos y para preservar zonas verdes, integrándose con el entorno natural; también se utiliza para revestir canales de riego y estabilizar taludes.

f) Adoquín Azteca: de fabricación muy antigua, fue utilizado por primera vez en Colombia y parte de Centroamérica. Su tamaño es considerablemente mayor que el de los adoquines convencionales actuales, lo que explica su producción sólo por encargo y su escasa demanda comercial.

- **Ventajas del uso de adoquines:** Destaca la resistencia, facilidad de instalación, reparación y el bajo costo de mantenimiento en comparación con otros tipos de pavimentos.

Tabla 2*Requisitos físicos de adoquines*

Tipo	Espesor(mm)	F'c, mín. Mpa (Kg/cm ²)	
		Promedio und	Und individual
I (peatonal)	40	31(320)	28(290)
	60	31(320)	28(290)
II (vehicular ligero)	60	41(420)	37(380)
	80	37(380)	33(340)
	100	35(360)	32(325)
III (vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	>80	55(561)	50(510)

Nota: (INACAL, 2017)

2.3.1.3. Tolerancia dimensional

Tabla 3

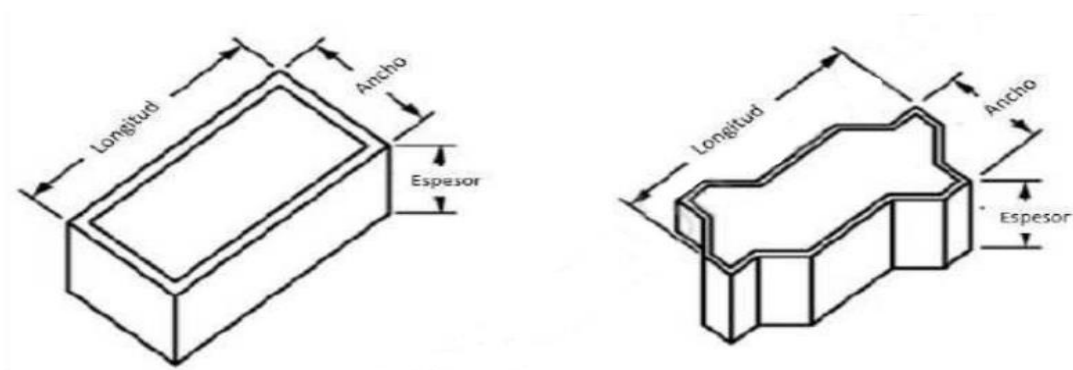
Tolerancia Dimensional

Descripción	Longitud	Ancho	Espesor
Tolerancia dimensional (mm)	+/- 1,6	+/-1,6	+/-3,2

Nota: INACAL, 2017.

Figura 2

Dimensiones de las unidades de hormigón para pavimentos, incluyendo longitud, anchura y espesor.



Nota: Gob.ar. Retrieved December 27, 2024

Las pruebas de absorción, “La siguiente tabla resume las especificaciones que deben cumplir los adoquines para ser utilizados en pavimentos que puedan estar sometidos a condiciones que aumenten

2.3.1.4. Dimensiones y espesores del adoquín

Tabla 4

Dimensiones. y espesores del adoquín

Tipos	Usos	Dimensiones	Espesores
		nominales (cm)	nominales (cm)
I	En pavimentos para el tránsito peatonal	20x10	4 cm
II	En pavimentos para el tránsito de vehículos ligeros	20x10	6-8 cm
III	En pavimentos para el tránsito de vehículos pesados, patios industriales y contenedores	20x10	8-10 cm

Nota: NTP 399.611,2017.

A. FORMA

La configuración de la extendedora dicta las múltiples disposiciones posibles en el pavimento, como se ve en la Figura 2. El Concrete & Concrete Institute (2013) afirma que:

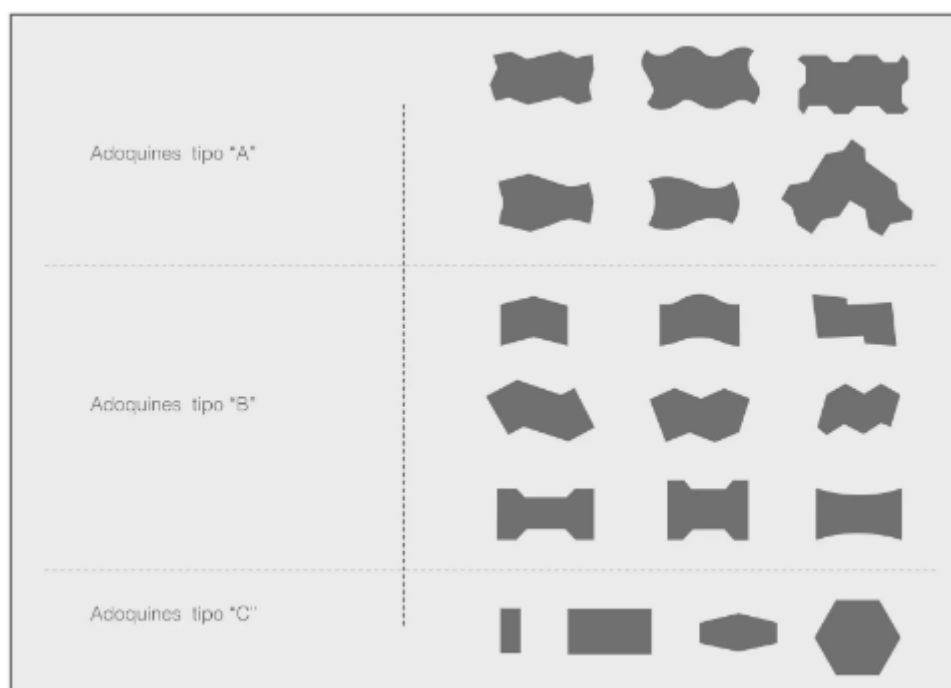
Existen tres tipos distintos de adoquines reconocidos en todo el mundo: A, B y C. Los adoquines con muescas del tipo «A», como se muestra en la Figura 1, suelen tener cuatro caras con muescas y pueden colocarse en «espiga» para mejorar las condiciones de enclavamiento para los desplazamientos horizontales y verticales. Hay menos enclavamiento y más resistencia a los desplazamientos a lo largo de las caras paralelas en un eje con los adoquines del tipo «B», es decir, las dos caras dentadas que se muestran en la Figura 1. La eficacia del enclavamiento entre adoquines de superficie plana para resistir los movimientos

longitudinales o de rotación está condicionada por su disposición, aunque no está garantizada.

Formas de los adoquines

Figura 3

Formas de los adoquines.



B. COLOR

La diversidad cromática del adoquín responde sobre todo a fines estéticos. Los pigmentos utilizados pueden ser de origen orgánico o inorgánico, siendo estos últimos más frecuentes debido a sus cualidades superiores en comparación con los primeros, entre las que se incluyen:

- ✓ Mayor resistencia a los productos químicos alcalinos.
- ✓ Tenacidad a las sustancias ácidas.
- ✓ Dureza a las fluctuaciones

- ✓ modificar las características del hormigón.

Figura 4

colores en los adoquines



Nota <https://alfredofenollar.com/adoquines-de-hormigon-de-color-mixto-estetica-y-funcionalidad/>

C. PESO

Variará en función de su diferente tamaño y materiales constitutivos.

Tabla 5

Peso de adoquines de concreto

	Espesor (cm)	Peso (kg)
Rectangular	4	1.8
	6	2.6
	8	3.5
Estriado	4	2.3
	6	3.54
	8	-

Nota: INACAL, 2017

Demanda de adoquines a nivel nacional

Según Gauchi (2017), la demanda nacional de adoquines indica un incremento notable de la absorción de prefabricados en los últimos años.

Según el Cuadro N° 10, hasta el año 2018, los adoquines de concreto fueron muy solicitados para la pavimentación y reconstrucción de parques y áreas industriales en el Perú, debido a sus bajos costos de mantenimiento y facilidad de instalación.

Tabla 6*Demanda de adoquines*

Año	Demanda del Mercado
2004	17500644
2005	20615758
2006	22126893
2007	23233528
2008	28145398
2009	28030002
2010	29128778
2011	32839785
2012	37926667
2013	44878625
2014	46835333
2015	43153570
2016	44966020
2017	30835448
2018	32531398

Nota: Chambi, 2017

2.3.1.5. Material reciclado en la construcción:

Los materiales reciclados en la construcción proceden del tratamiento de escombros de construcción y demolición, que se reutilizan para producir nuevos componentes de construcción, como adoquines.

- **Tipos de residuos reciclados:** Residuos de concreto, ladrillos, cerámicas y otros escombros de construcción son los más

comunes en la elaboración de adoquines. Estos materiales pueden mejorar la sostenibilidad del producto final.

- **Impacto del material reciclado en la construcción sostenible:**

La integración de materiales reciclados reduce la basura en los vertederos y conserva los recursos naturales, apoyando así la economía circular.

2.3.1.6. Propiedades físicas y mecánicas del concreto:

F’c: Es una propiedad fundamental para los adoquines, ya que determina su capacidad para soportar cargas sin fracturarse. La adición de material reciclado puede modificar esta propiedad, por lo que se debe analizar cómo influye en comparación con los adoquines tradicionales.

Absorción de agua y porosidad: Estas propiedades físicas determinan la durabilidad de los adoquines, ya que el agua puede deteriorar el material a largo plazo. El uso de reciclados puede alterar la porosidad del concreto.

Durabilidad: Es la capacidad de los adoquines de mantener sus propiedades a lo largo del tiempo, resistiendo factores como el desgaste y las condiciones climáticas.

Trabajabilidad: Es la facilidad con la que los adoquines pueden ser moldeados y colocados. El material reciclado puede afectar la facilidad y cohesión de la mezcla de concreto.

2.3.1.7. Tipos de cemento

El cemento es una sustancia con propiedades adhesivas y cohesivas que le permiten unir componentes minerales en una masa sólida. En la construcción,



esta frase se define específicamente como materiales aglutinantes utilizados con piedras, ladrillos, bloques y materiales similares.

Este pegamento se fabrica calcinando diversos materiales, como arcilla, arenisca y piedra caliza, hasta obtener un polvo fino que, mezclado con agua, se endurece y adquiere su pegajosidad duradera.

La NTP 334:009-2016,:

- ✓ Tipo I: Para uso general cuando no se requieren cualidades específicas.
- ✓ Tipo II: De aplicación general, pero de uso específico cuando es esencial que nuestra combinación presente un comportamiento mecánico satisfactorio en presencia de exposición a sulfatos.
- ✓ Tipo II (MH): Similar a los ejemplos anteriores en uso general, se utiliza específicamente cuando se requiere una calidez de hidratación moderado y una fuerza moderada a los sulfatos.
- ✓ Tipo III: primeros días de fraguado.
- ✓ Tipo IV: Cemento utilizado para la regulación del calor de hidratación.
- ✓ Tipo V: Cemento utilizado cuando se requiere una resistencia superior a la exposición a sulfatos.

Por el contrario, los cementos Portland con aditivos contienen componentes que, durante el proceso de hidratación, interactúan con la alita y otros constituyentes, mejorando las propiedades previstas del material, incluida



la mejora de la impermeabilidad y el aumento de la resistencia. Entre los recursos suplementarios se incluyen:

Escoria: este subproducto de la siderurgia requiere determinadas circunstancias, como un enfriamiento rápido, para ser considerado apropiado como aditivo; de lo contrario, no puede servir como materia prima. Incluyen complejos de silicato-aluminato de calcio, lo que los hace apropiados destinados a la producción de cemento.

2 tipos:

- ✓ Naturales: caracterizadas principalmente por rocas volcánicas de diversos tipos o rocas de origen orgánico, como la tierra de diatomeas, generalmente denominada diatomita.
- ✓ Entre las puzolanas de esta categoría, dos destacan especialmente por su utilización y eficacia:

Cenizas volantes (fly ash): El material es muy apreciado porque se forma a partir del humo del carbón, que producen las centrales termoeléctricas, y no necesita molerse.

Microsílice: mucho más fino que el cemento por un factor de 100. La soldadura y la industria del ferro silicio son su cuna. Se utilizan para fabricar hormigón de alta resistencia por lo finos que son.

Fillers: Para mejorar la producción de cemento, la producción de cemento se mejora añadiendo volúmenes modestos de aditivos a la mezcla. Contrariamente a la creencia popular, esta sustancia es crucial porque mejora la hidratación del cemento mediante un efecto de dispersión.

En base a la discusión precedente, se puede determinar que los cementos creados a partir de estas adiciones incluyen aquellos con escoria de alto horno, cementos puzolánicos y cementos con filler. A nivel mundial, existe una multitud de variedades de cemento; sin embargo, nos centraremos en aquellos que están estandarizados y reconocidos bajo las normas peruanas vigentes, como la NTP 33.082.

La NTP 334.090 reconoce ahora dos categorías de cemento en general.

Triturando o mezclando escoria, puzolanas o relleno con cemento Portland se crea un material compuesto denominado cemento de adición binaria.

El cemento molido o triturado y mezclado con escorias, puzolanas o cargas se denomina cemento ternario:

- ✓ Dos puzolanas de escoria de alto horno.
- ✓ Escoria y Piedra caliza y puzolana

La norma anteriormente citada se refiere a los cementos destinados a una amplia aplicación, acompañados de las denominaciones y terminología subsiguientes:

Las características del cemento Portland incluyen una variedad de aditivos como la cal, un relleno de piedra caliza, un cemento puzolánico modificado, un contenido de escoria de alto horno y un contenido de puzolana. Se clasifica en una de estas tres categorías IS, IP, IL o ICO. Dos componentes más conforman el tipo IT ternario. Las distintas variedades de cemento tienen características y aplicaciones diferentes; entre ellas se incluyen GU, MS, HS, HE, MH y LH. Estos cementos se caracterizan por una resistencia temprana



excepcional, una idoneidad moderada al calor de hidratación, resistencia a los sulfatos y resistencia a la exposición a los sulfatos.

2.3.1.8. Normativa técnica aplicable:

Normas para la fabricación de adoquines: Detalla las normativas nacionales e internacionales que establecen los criterios de diseño, fabricación y uso de adoquines de concreto. Por ejemplo, la **NTP 399.613** que regula los bloques de concreto para pavimentos.

Reglamentos de gestión de residuos: Hace referencia a las normativas vigentes sobre el uso de materiales reciclados en la construcción, como la ley de gestión de residuos de construcción y demolición.

Reciclaje de escombros de construcción: Presentar estudios y conceptos sobre cómo los escombros reciclados influyen en las propiedades del concreto, y su papel en la economía circular.

2.4. Marco conceptual

Adoquines: Bloques prefabricados utilizados en la construcción de pavimentos articulados. Son piezas modulares de concreto que permiten una fácil instalación y mantenimiento. Se analizan en términos de su resistencia, durabilidad y comportamiento frente a cargas.

Agregados: Los áridos son el componente predominante del hormigón, ya que constituyen aproximadamente las tres cuartas partes de su masa, lo que valida su uso extensivo. Dado que los áridos débiles no pueden utilizarse para



fabricar hormigón fuerte, las cualidades de los áridos influyen en la resistencia del hormigón y, por extensión, en su rendimiento estructural.

Los áridos finos y gruesos son las dos categorías principales de áridos. Los trozos minerales que componen los áridos finos -arena de tamaño inferior a 5 mm- deben ser limpios, duraderos y robustos. Para una mejor hidratación y adherencia de la pasta de cemento, se requieren áridos gruesos -procedentes de rocas más grandes trituradas- con piezas mayores de 5 mm, que suelen oscilar entre 9,5 mm y 38 mm.

Hay dos formas principales de clasificar los áridos naturales: como totalmente naturales o como extraídos de canteras. Los primeros presentan una superficie rugosa debido a la extracción, mientras que los segundos son lisos y redondeados, lo que supone un notable contraste de textura.

Agua: El hormigón puede fabricarse con agua potable, de origen natural, que no huela ni tenga un color fuerte. Además de provocar eflorescencias, corrosión bajo tensión, inestabilidad volumétrica y una menor vida útil de la mezcla, los contaminantes del agua tienen un gran impacto en el tiempo de fraguado y la resistencia del hormigón.

Tipos de agua: En el campo de la tecnología del hormigón se habla a menudo de dos tipos de agua: el agua de amasado, que se utiliza para el propio proceso de amasado, y el agua de curado, que es necesaria para minimizar la pérdida de agua causada por la exudación de calor del hormigón. El agua de hidratación y el agua evaporable son subconjuntos de la primera. Esta última se compone de agua activa, capilar o de absorción.



Agua de mezclado: la cantidad de agua necesaria para que el cemento se hidrate por cada volumen de hormigón fabricado; esta agua confiere a la sustancia su fluidez característica, que a su vez lubrica las partículas mientras son nuevas. Por el contrario, el agua de hidratación y el agua evaporable son los dos tipos principales utilizados en la formación de la pasta aglomerante.

Agua de hidratación: es la forma de agua utilizada para crear la fase sólida de la pasta aglutinante. Debido a que permanece intacta en entornos con temperaturas de 110°C y niveles de humedad del 0%, también se conoce como no evaporable. Para que se produzca la hidratación se necesita aproximadamente un 23% la densidad del material cementante en agua.

Agua evaporable: La tensión superficial del cemento hace posible que la pasta aglutinante estable se empape de agua. El agua en estado libre se evapora rápidamente, el agua en estado capilar llena los huecos de la pasta y el agua en estado activo produce una capa molecular que afecta a la forma en que el hormigón reacciona a las presiones causadas por las interacciones de atracción entre las moléculas.

Agua de curado: indica cuánta agua se necesita para hidratar completamente la pasta. La cantidad de agua necesaria depende de:

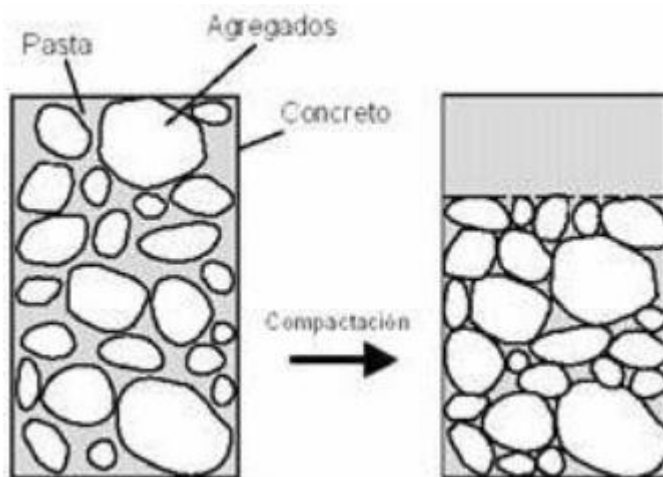
- **Humedad del ambiente:** el agua libre se evapora más rápidamente en entornos con poca humedad.
- **La relación a/c:** una relación baja da lugar a una combinación con insuficientes huecos, lo que imposibilita la formación del gel.
- La densidad del agua que no puede evaporarse

Costo de producción: El análisis de costos se enfoca en cómo la incorporación de material reciclado afecta el precio de fabricación de los adoquines. Este aspecto es importante para evaluar la viabilidad económica de la producción a gran escala.

Compacidad: A menudo se utiliza más agua de la necesaria para que el cemento experimente sus procesos de hidratación durante la mezcla del hormigón. Una vez absorbida el agua de amasado, la mayor parte se evapora, dejando mucho espacio vacío. Por esta razón, es esencial utilizar la menor cantidad de agua posible en el proceso de mezclado para garantizar un hormigón muy compacto. La densidad también desempeña un papel importante en la determinación de este atributo.

Figura 5

Compacidad en el concreto



Nota: <http://www.concrete.0catch.com/Capitulo33.htm>

Durabilidad: Se refiere a la capacidad del adoquín de resistir el paso del tiempo y el desgaste producido por las condiciones ambientales, tráfico y otros factores externos.



Impermeabilidad: En la mayoría de los casos, el grado de compacidad del hormigón determina su impermeabilidad. La granulometría es crucial porque determina la impermeabilidad del hormigón. Con la cantidad adecuada de cemento y energía de vibración, una granulometría continua puede producir un hormigón impermeable resistente a los ataques químicos y físicos (como la congelación), así como al desgaste, los impactos, las vibraciones y otras tensiones mecánicas. Esto se debe a que el hormigón tendría menos huecos y menos vías de penetración de estos agentes externos.

Material reciclado: Elementos que provienen de la demolición o el desecho de construcciones previas, como concreto triturado, escombros o ladrillos. En esta investigación, se estudia cómo la incorporación de estos materiales afecta las propiedades del concreto en los adoquines.

Propiedades físicas del concreto: Se refieren a las características del concreto que se pueden medir y observar, como la densidad, porosidad y absorción de agua. Estas propiedades influyen en la durabilidad y resistencia del pavimento.

Propiedades mecánicas del concreto: Son las propiedades asociadas a la fuerza del hormigón y a su resistencia a la deformación y a la rotura bajo presión. Para determinar la calidad de los adoquines, la $f'c$ es esencial.

Resistencia mecánica: En comparación con las demás características enumeradas, ésta es crucial. Tanto la cantidad de cemento utilizada como la intensidad de la vibración contribuyen a aumentar esta resistencia.

Resistencia a la abrasión y congelamiento: Como ya se ha dicho, su pequeño tamaño es crucial, ya que la vibración ofrece una excelente protección



frente a las fuerzas externas. Al ser más compacto y contener menos agua, esta forma de hormigón tiene un comportamiento mecánico favorable cuando se expone al hielo.

Desmolde rápido: Si la granulometría es correcta y la mezcla no es demasiado acuosa, las piezas prefabricadas de hormigón pueden desmoldarse rápidamente. Demasiada agua o demasiadas partículas finas en la mezcla son las dos posibles causas de la rotura de las probetas durante esta técnica. Otra posible razón puede ser que el hormigón no se haya vibrado durante el tiempo suficiente para lograr una consolidación adecuada.

Sostenibilidad: Una de las formas en que el material reciclado en la producción de adoquines contribuye a la sostenibilidad es reduciendo el impacto medioambiental de la construcción. Cuando se piensa en sostenibilidad, la reducción de residuos y el uso de menos materias primas vírgenes van de la mano.

- Diseño de mezclas con material reciclado
- Economía circular y reciclaje de materiales
- Ensayos de laboratorio para el cálculo de propiedades físico-mecánicas



CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación

La investigación se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo, ya que se medirá el impacto del material reciclado (MR) en las propiedades físico-mecánicas de los adoquines mediante datos numéricos obtenidos de ensayos controlados.

3.1.1. Nivel de investigación

Explicativo, ya que busca comprender y analizar cómo la incorporación de diferentes proporciones de material reciclado afecta las propiedades físico-mecánicas de los adoquines.

3.1.2. Tipo de investigación

Aplicada, porque los resultados serán utilizados para proponer soluciones sostenibles en la fabricación de pavimentos articulados.



3.2. Diseño de investigación

Se empleará un diseño experimental, en el que se fabricarán adoquines con diferentes porcentajes de material reciclado (10%, 30% y 50%), sometiéndolos a pruebas físicas y mecánicas en condiciones controladas.

3.2.1. Población

Adoquines fabricados con diversos porcentajes de material reciclado.

3.2.2. Muestra

Un total de 36 especímenes de adoquines, divididos según los porcentajes de material reciclado (10%, 30% y 50%). Cada grupo será evaluado a los 7, 14 y 28 días después del curado.

3.2.3. Técnica e instrumento para recolección de datos

Los adoquines se ensayarán en un entorno controlado para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, incluida su f_c , tolerancia dimensional y tasa de absorción.

3.2.4. Recolección de datos

3.2.4.1. Procedimiento

Los adoquines serán fabricados con diferentes porcentajes de material reciclado y sometidos a pruebas bajo las normativas vigentes. Los resultados serán comparados con adoquines sin material reciclado.

a) Propiedades Mecánicas

- **Resistencia**

El uso de áridos de alta calidad permite al hormigón alcanzar toda su capacidad resistente. El comportamiento estructural del hormigón está muy influenciado por el árido, que constituye más del 75 % de su volumen. En la norma de ensayo de materiales del MTC (2016) se menciona que:

Para garantizar que los áridos y otros componentes utilizados para construir el elemento estructural son de alta calidad, comprobar si el hormigón cumple los requisitos y evaluar la eficacia de cualquier aditivo, es necesario medir la capacidad a la compresión de las muestras de hormigón.

b) Ensayos del adoquín de concreto

- Ensayo de $f'c$

La $f'c$ de un concreto, de acuerdo con el IMCC (2006), se halla dividiendo la carga aplicada entre el área de la sección soporte en unidades SI.

Tabla 7

Esfuerzo del concreto a compresión

Tipo	Espesor (mm)	Promedio (Mpa)	Mínimo (Mpa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	37
	80	37	33
III	100	35	32
	≥ 80	55	50

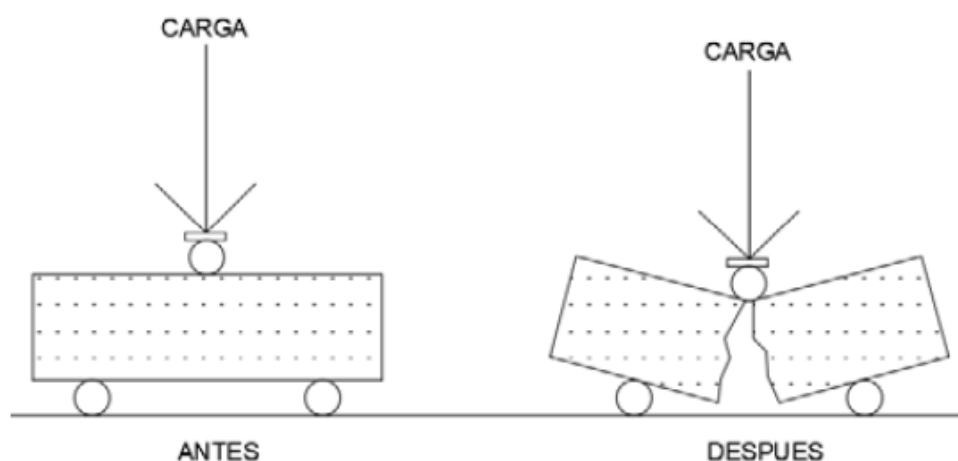
Nota: INACAL, 2017.

c) Pruebas de resistencia a la flexión

La rigidez a la tracción y el momento de fallo en materiales como vigas, losas de hormigón y adoquines, como consecuencia de las tensiones aplicadas, pueden medirse mediante la tenacidad a la flexión y los momentos flectores.

Figura 6

Capacidad a la tracción o flexión



d) Ensayo a la absorción

Lo que esto significa es que los elementos con agujeros o poros pueden permitir que los productos químicos ocupen espacio en su interior. En cuanto a la información proporcionada por la NTP 399.611 (2017), la absorción total para los adoquines de hormigón de tipo I y II es del 6% cuando se utilizan en combinación con 3 unidades, y del 7,5% cuando se utilizan solos. Por el contrario, el tipo III supone un 5% de media y un 7% de forma individual en tres unidades. Tabla 8.

Tabla 8*Ensayo a la absorción*

Tipo de adoquín	Absorción máx Prom. De unds	Und. Individual
I Y II	6	7.5
III	5	7

Nota:

3.2.4.2. Agregados

Los áridos deben cumplir normas comparables a las de la gradación de la mezcla en caliente. Las pruebas enumeradas en la Tabla 423-01 del Manual de Carreteras 423-02 del MTC son aplicables tanto a los materiales finos como a los gruesos.

El árido grueso, idealmente procedente de roca triturada, no debe presentar abundancia de granos blandos, alargados, planos o no integrables. Se debe evitar cualquier suciedad, polvo o arcilla que pueda dificultar la capacidad del ligante para formar una conexión.

La arena natural triturada o mezclada debe ser la fuente del árido fino, que debe estar limpio, ser firme y tener una textura angulosa y rugosa. Debe eliminarse todo lo que pueda hacerlo menos adherente al asfalto.

El porcentaje actual de polvo mineral de los áridos triturados debe estar comprendido entre 0,5 y 0,8 g/cm³, según indica el MTC (2013).

a) Requerimientos para los agregados gruesos

Tabla 9*Requerimientos para los AG*

Ensayos	Norma
Durabilidad	MTC E 209
Abrasión los ángeles	MTC E 207
Adherencia	MTC E 517
Índice de durabilidad	MTC E214
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791
Cartas fracturadas	MTC E210
Sales solubles totales	MTC E 219
Absorción	MTC E 206

Nota: MTC, 2013**b) Requerimientos para los agregados finos****Tabla 10***Requerimientos para los agregados finos*

Ensayos	Norma
Equivalente de arena	MTC E 114
Angularidad del af	MTC E 222
Azul de metileno	AASHTO TP 57
Índice de plasticidad N°40	MTC E 111
Durabilidad	MTC E 209
Índice de durabilidad	MTC E 214
Índice de plasticidad N° 200	MTC E 111
Sales solubles totales	MTC E 219
Absorción	MTC E 205

Nota: MTC, 2013

c) Ensayo a los agregados

Se utiliza una batería de pruebas para confirmar técnicamente la calidad, resistencia y longevidad de los áridos. Siguiendo las directrices establecidas por la AASTHO, la ASTM y el MTC (MTC), se utilizarán estos métodos y herramientas en las diferentes pruebas.

3.2.4.3. Composición del RCD:

Los componentes de los RCD difieren según la región, ya que su composición cambia por muchas razones en función del estilo de construcción. En la tabla 1 que aparece a continuación se ofrece una estimación aproximada de los materiales que componen estas basuras, tal y como se recoge en el PNRCD.

- **Composición de los residuos de construcción y demolición en relación con el Plan Nacional 2001-2006**

Tabla 11

Composición de los RCD

COMPONENTE	%
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	54
Hormigón	12
Piedra	5
Arena, grava y otros áridos	4
Madera	4
Vidrio	0.5
Plástico	1.5
Metales	2.5
Asfalto	5
Yeso	0.2
Papel	0.3
Basura	7
Otras	4

Nota: MTC, 2013

3.2.4.4. Clasificación del RCD:

En función de los parámetros empleados, los RCD pueden clasificarse. Su lugar de origen es el principal factor utilizado para clasificarlos. Los RCD de construcción y demolición pueden proceder de diversas fuentes, como la excavación, la demolición o la construcción. La destrucción, desmontaje y posterior eliminación de un edificio o infraestructura, así como los escombros transitorios generados por operaciones de restauración o reparación, se consideran residuos de demolición.

Durante el propio proceso de construcción de una nueva infraestructura o de reparación de las instalaciones existentes, se genera cierta cantidad de basura. Estos escombros se conocen como residuos de la construcción. Proceden de dos lugares En primer lugar, está la propia obra, que genera gran cantidad de escombros sacos de cemento, hormigón, materiales, cerámica y, en segundo lugar, está la basura procedente del embalaje de los productos cartón, papel, plástico, madera, etc. Por último, pero no por ello menos importante, la basura de excavación es, bueno, basura de excavaciones. Las excavaciones suelen realizarse antes de empezar a construir.

La tabla 2.4 clasifica los RCD en tres grandes categorías, con otras subcategorías para cada una de ellas, según el segundo criterio, que es el uso del material; este criterio fue considerado en el PRCD de España 2001-2006.

Por último, hay que tener en cuenta que se clasifican en tres grupos en función de sus características: residuos especiales, basura inerte y basura banal o no especial. En primer lugar, están los residuos inertes, que incluyen elementos como la tierra, el aire y el agua. En general, los residuos inertes están

compuestos por elementos minerales estables, por lo que no son perjudiciales para el medio ambiente en ningún sentido (no provocan corrosión, irritación ni reacciones químicas, por ejemplo). También se incluyen en esta categoría los residuos de la construcción a base de piedra; al ser inertes, pueden reciclarse en el mismo lugar donde se crearon o utilizarse en instalaciones que procesan áridos simplemente triturándolos.

- **Clasificación de residuos**

Tabla 12

Clasificación de (RCD)

Clasificación	Grupo	Componentes
RCD Aprovechables		
Inertes	Hormigón, ladrillos, tejas, cerámicas, piedras.	Pueden ser triturados y reutilizados como áridos reciclados o rellenos en obras.
Reciclables	Metales (aluminio, acero), vidrio, madera limpia, plásticos no contaminados, cartón y papel.	Pueden ser recuperados y reincorporados en procesos productivos.
Orgánicos	Restos de vegetación, tierra, raíces.	Útiles para compostaje o recuperación de suelos en proyectos ambientales.
RCD No Aprovechables		
Peligrosos	Pinturas, barnices, adhesivos, disolventes, materiales con amianto.	Requieren manejo especializado y no pueden ser reutilizados de manera directa.
No reciclables	Yeso contaminado, maderas tratadas químicamente, plásticos no reciclables.	Difíciles de reciclar, generalmente se disponen en vertederos o requieren procesos específicos.
Mixtos no tratados	Mezclas de escombros, madera, metales, y otros residuos sin separación previa.	Necesitan separación y clasificación antes de ser potencialmente aprovechados.



El segundo grupo, el banal, está formado por todas las cosas que se pueden separar de forma natural para reciclarlas unas de otras y guardarlas junto a la basura doméstica. De hecho, las instalaciones industriales reciclan esta basura junto con otros materiales para que pueda volver a utilizarse, ya sea como componente de determinados materiales de construcción o como subproducto de otras industrias.

El tercer tipo de basura se conoce como «residuos especiales», e incluye cosas como escombros de construcción que contienen materiales con cualidades que los hacen potencialmente peligrosos. Aquí puede descubrir compuestos que pueden reaccionar con otros materiales, irritar la piel, provocar envenenamiento, inflamación, irritación e incluso carcinogenicidad. Aislar este tipo de residuos y facilitar su gestión o eliminación regulada requiere un tratamiento particular.

3.2.4.5. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP)

- **NTPR 339.035:2015. Es evidente. El cono ABRAMS se utiliza como método de ensayo para medir el terrón de hormigón.**

Especifica cómo realizar el ensayo de medición del asentamiento, que mide la cantidad que se asienta el hormigón recién mezclado, tanto en entornos de laboratorio controlados como en la obra. La fecha de publicación de esta norma es el 31 de diciembre de 2015.

- **NTP 339.186:2014. AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS (revisada en el 2019).**



Este procedimiento establece las medidas que deben tomarse para secar los áridos, ya sean finos o gruesos, con el fin de determinar su contenido de humedad total, que es una medida de su tendencia a la evaporación. Por tanto, el porcentaje que se computa no tiene en cuenta el agua que se combina químicamente con la parte mineral de algunos áridos y no se evapora; esta cualidad engloba tanto la humedad superficial como la contenida en el interior de los huecos del árido.

- **Sección 399.604:2002 de la NTP. Bloques de mampostería. MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN. (revisada en el 2015).**

La norma, que se presentó para su evaluación y posible modificación el 25 de diciembre de 2015, detalla los procedimientos para cuantificar y registrar los atributos físicos, como las dimensiones, las propiedades mecánicas y la absorbencia, de las unidades de mampostería de hormigón.

- **399.611:2017 NTP. Bloques de mampostería. Adoquines de hormigón. LO QUE NECESITA.**

Los criterios de capacidades mecánicas y físicas de las unidades de pavimentación se definen en esta norma. El 1 de marzo de 2018 fue la fecha de publicación de esta norma.

- **Materias primas. NTP 400.012:2013. Análisis de áridos finos, gruesos y globales mediante grafito. (revisada en el 2018).**



Para determinar la distribución granulométrica fina, gruesa o global de diferentes áridos, esta norma establece los procedimientos a seguir y los equipos que deben utilizarse. El 18 de julio de 2018 es la fecha de publicación de esta norma.

- **400.017:2020 según NTP. NEUMÁTICOS REFINADOS. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE DENSIDAD O MASA POR VOLUMEN. (“PESO UNITARIO”) Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS.**

En esta norma se incluyen todos los pasos necesarios para determinar el P.U.S. o P.U.C. y calcular el número de huecos en el árido fino, el árido grueso o una combinación de ambos. Si el N.M.T. de los áridos es de 150 mm, este procedimiento de ensayo es para ellos. La fecha de publicación de esta norma es el 18 de febrero de 2018.

- **400.018:2020 según NTP. NEUMÁTICOS REFINADOS. La determinación de los materiales que tienen un espesor inferior a 75 μm se realiza mediante el uso del flujo normalizado. (N.º 200) POR LAVADO EN AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO.**

Para la fabricación de hormigones y morteros, esta norma establece todos los procedimientos necesarios para determinar cuánto polvo o material articulado puede pasar a través de una malla húmeda de 75 μm (nº 200) en el árido.

- **NTP 400.019:2020. Los áridos en bruto de menor tamaño se sometieron a pruebas de resistencia al desgaste con la máquina Ángeles, que mide la resistencia al impacto y a la abrasión. MÉTODO DE ENSAYO.**



La resistencia al desgaste abrasivo de los áridos gruesos de tamaño inferior a 37,5 mm (1 ½") se determinó mediante la prueba de la máquina de Los Ángeles, que se publicó el 26 de noviembre de 2020.

- **400.021:2020 NTP. NEUMÁTICOS REFINADOS. ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO Y DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Procedimiento de ensayo.**

Para los áridos gruesos, esta norma determina de forma fiable: el peso específico seco, el peso específico seco superficial saturado, el peso específico aparente, el porcentaje de absorción y, tras un día de inmersión, su absorción y el peso específico seco superficial saturado.

- **NTP 400.022:2013: UN ENFOQUE PROFESIONAL PARA MEDIR LA ABSORCIÓN, LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA DENSIDAD (revisada en el 2018).**

Se establece el método para determinar el porcentaje de absorción, la densidad relativa (gravedad específica) y la densidad media (sin considerar los poros de las partículas) del agregado fino. La fecha de publicación de esta norma es el 18 de julio de 2018.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Resultados

En este capítulo se presentan los parámetros físicos y mecánicos de los adoquines de hormigón que contienen material de construcción reciclado como sustituto del árido fino y grueso en porcentajes del 10%, 30% y 50%. La absorción, el peso unitario y la uniformidad son algunos de los atributos físicos que se tendrán en cuenta. Las pruebas de laboratorio de confianza determinarán y validarán características mecánicas como la $f'c$. La cantera Isla suministró los áridos, mientras que los escombros de demolición sirvieron como fuente de material reciclado.

4.1.1. Gradación

a) Agregado fino

El árido fino suministrado por Cantera Isla cumple con los estándares de granulometría necesarios, según demuestran los ensayos de laboratorio, y es apto para su uso en la fabricación de adoquines de hormigón.

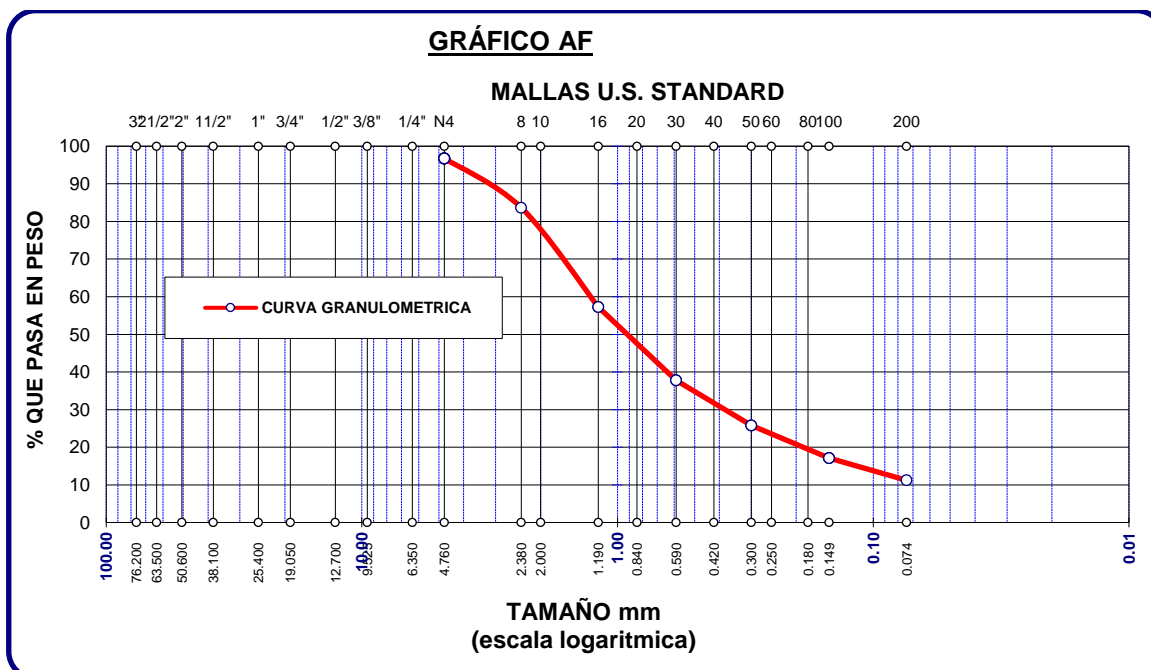
Tabla 13

Gradación del AF

Tamiz	mm	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
No4	4.760	23.23	3.23	3.23	96.77
No8	2.380	94.12	13.10	16.34	83.66
No16	1.190	189.70	26.41	42.74	57.26
No30	0.590	140.01	19.49	62.24	37.76
No 50	0.300	85.91	11.96	74.20	25.80
No100	0.149	62.35	8.68	82.88	17.12
No200	0.074	42.51	5.92	88.79	11.21

Figura 7

Curva de gradación del AF



b) Agregado Grueso

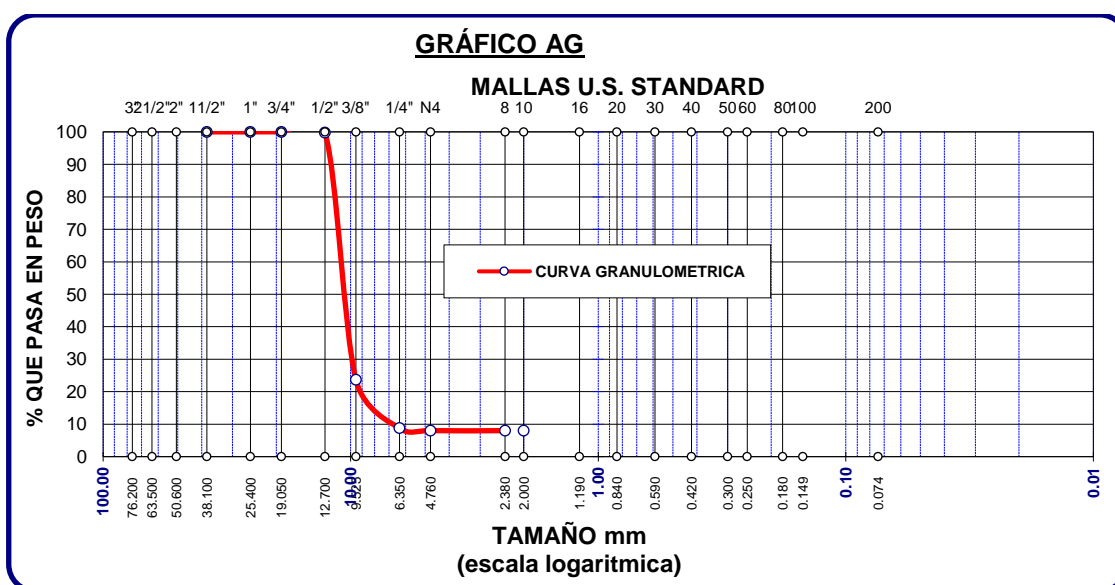
El árido grueso de la Cantera Isla cumple los criterios necesarios debido a su granulometría, que está determinada para satisfacer los tamices utilizados en la construcción de adoquines de hormigón.

Figura 8 Gradación del AG

Tamiz	mm	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
2"	0	0	0	0	100
1 1/2"	38.100	0	0	0	100
1"	25.400	0	0	0	100
3/4"	19.050	0	0	0	100
1/2"	12.700	4.56	4.56	0.25	0.25
3/8"	9.525	1409.01	1409.01	76.08	76.33
1/4"	6.350	276.05	276.05	14.91	91.24
No4	4.760	13.90	13.90	0.75	91.99

Figura 9

Curva de gradación del AG



c) Recopilación de la materia prima del concreto reciclado

Las partículas de hormigón triturado procedentes de diversos materiales de construcción, como pilares, vigas, losas y cimientos, se transforman en áridos finos y gruesos de diferentes granulometrías mediante el proceso de cribado. Este proceso se conoce como reciclado.

Tabla 14

Gradación del material reciclado AF

Tamiz	mm	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
No4	4.760	19.99	2.76	2.76	97.24
No8	2.380	88.90	12.28	15.05	84.95
No16	1.190	185.56	25.64	40.68	59.32
No30	0.590	144.09	19.91	60.59	39.41
No 50	0.300	80.67	11.15	71.74	28.26
No100	0.149	73.08	10.10	81.84	18.16
No200	0.074	40.67	5.62	87.45	12.55

Figura 10

Curva de gradación del material reciclado AF

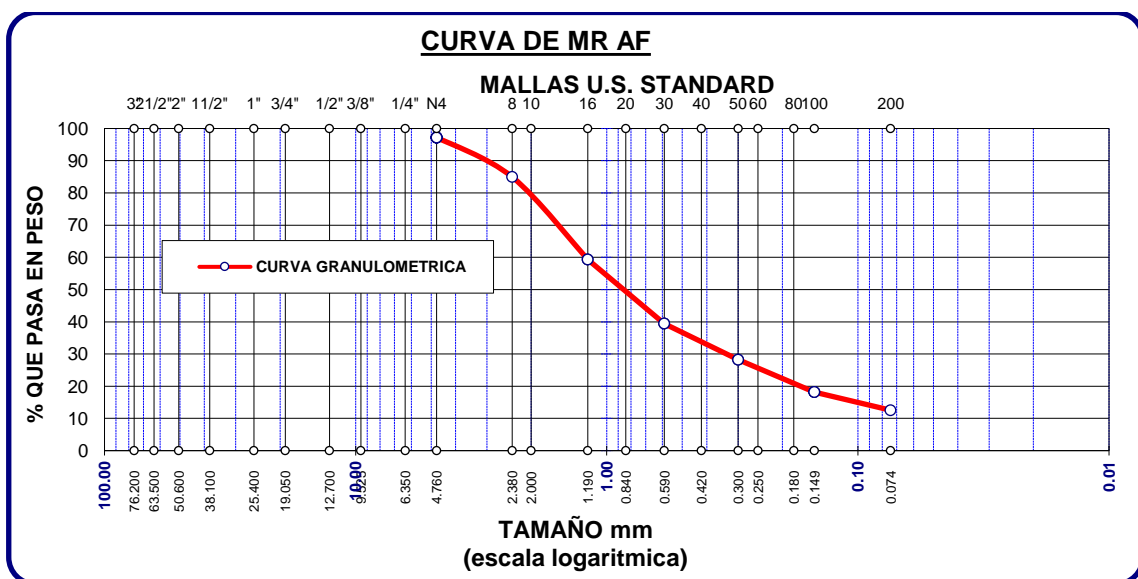


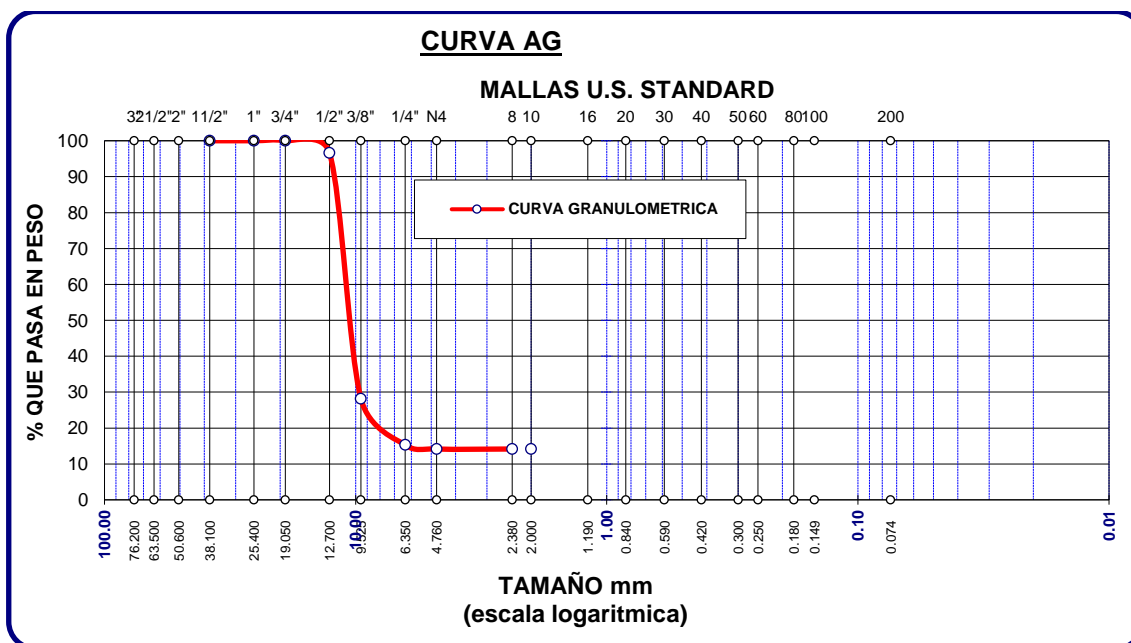
Tabla 15

Gradación del material reciclado AG

Tamiz	mm	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
2"	0	0	0	0	100
1 1/2"	38.100	0	0	0	100
1"	25.400	0	0	0	100
3/4"	19.050	0	0	0	100
1/2"	12.700	45.78	3.40	3.40	96.60
3/8"	9.525	922.01	68.45	71.85	28.15
1/4"	6.350	173.09	12.85	84.70	15.30
No4	4.760	15.51	1.15	85.85	14.15

Figura 11

Curva de gradación del material reciclado AG



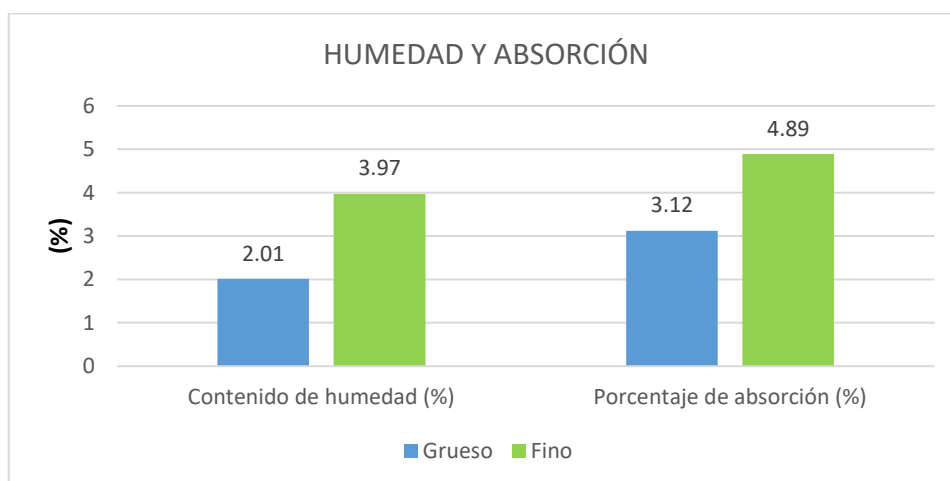
4.1.2. Contenido de humedad

Tabla 16 Resumen del contenido de humedad y absorción

Ensayos	Contenido de humedad (%)	Porcentaje de absorción (%)
Grueso	2.01	3.12
Fino	3.97	4.89

Figura 12

Comparativa de humedad y absorción



La tabla y la figura muestran el porcentaje de absorción y el contenido de humedad de dos tipos de áridos. Los resultados muestran que el diseño de la mezcla requiere menos agua debido a que la absorción es menor que el contenido de humedad.

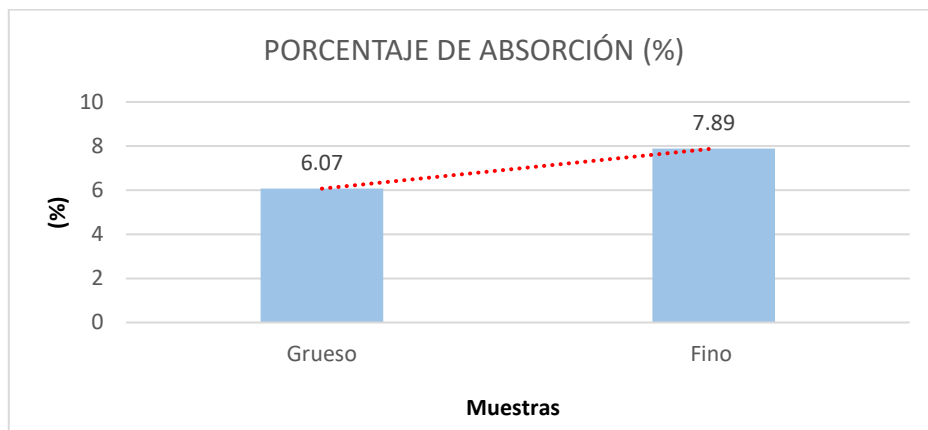
Tabla 17

Comparativa de absorción

Ensayos	Porcentaje de absorción (%)
Grueso	6.07
Fino	7.89

Figura 13

Comparativa agregado grueso y fino



4.1.3. *Peso específico*

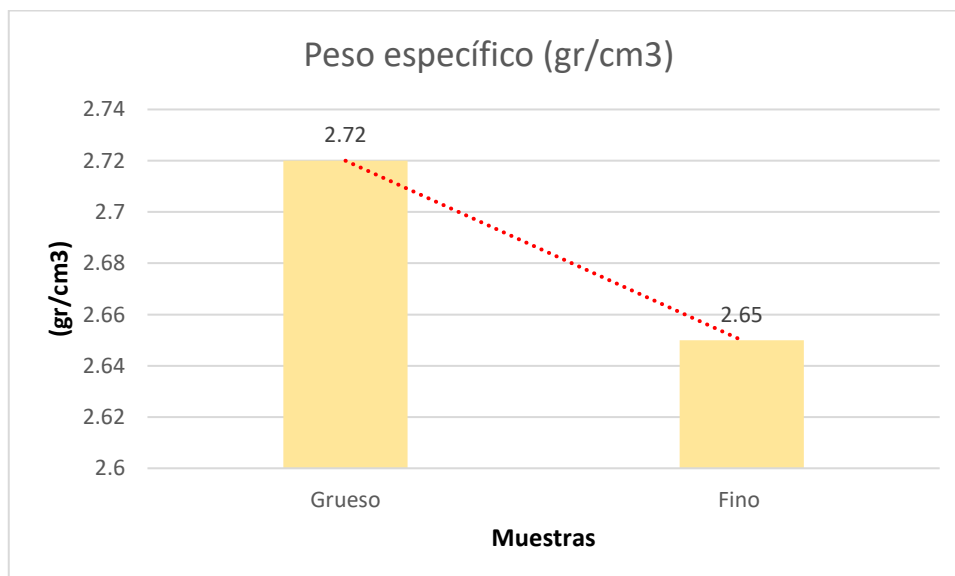
Tabla 18

Resultados de peso específico

Ensayos	Peso específico (gr/cm ³)
Grueso	2.72
Fino	2.65

Figura 14

Comparativa peso específico agregado grueso y fino



Este ensayo garantiza que los áridos tendrán una dureza suficiente para el comportamiento mecánico del hormigón, mostrando valores específicos medios que no presentan características particulares, sino un comportamiento típico.

4.1.4. P. unit. suelto del agregado

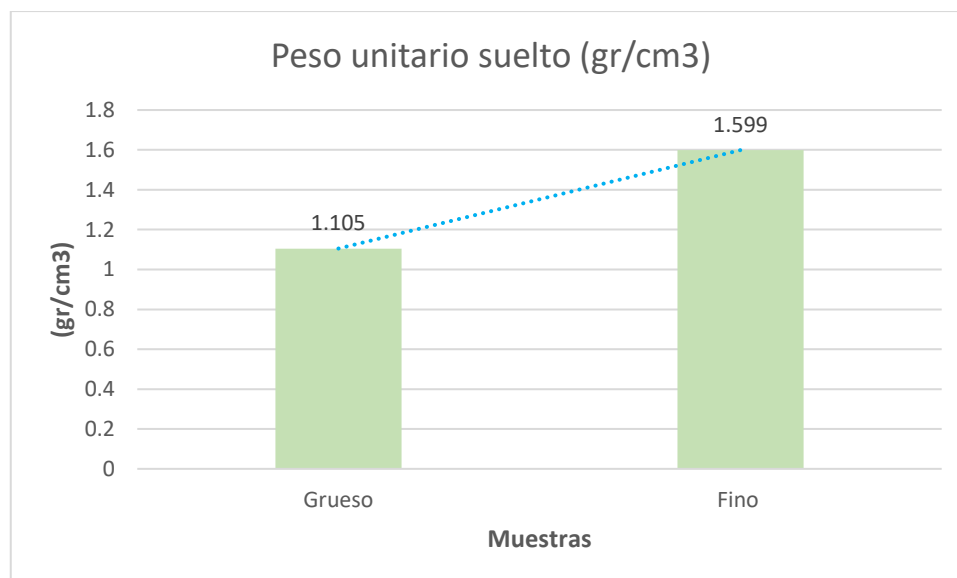
Tabla 19

Valores promedios del P. unit. suelto

Ensayos	P. unit. suelto (gr/cm ³)
Grueso	1.105
Fino	1.599

Figura 15

Diagrama del P. unit. suelto



Según los datos de la tabla, el P. unit. medio de los áridos sueltos es de 1,599 g/cm³ para el árido fino y de 1,105 gr/cm³ para el árido grueso.

4.1.5. P. unit. compactado del agregado

Tabla 20

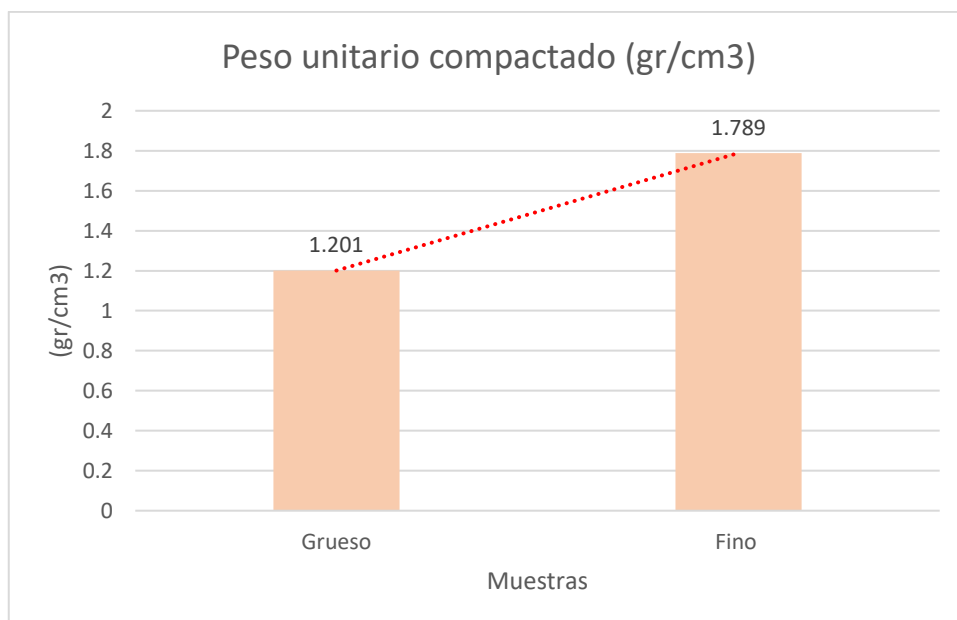
Valores promedios del P. unit. compactado

Ensayos	P. unit. compactado (gr/cm ³)
Grueso	1.201
Fino	1.789

Por término medio, el árido fino tiene un P. unit. de 1,789gr/cm³ y el árido grueso tiene un P. unit. de 1,201gr/cm³, como se muestra en la tabla de áridos en su estado compactado.

Figura 16

Diagrama del P. unit. compactado



4.1.6. Proporción del Diseño de mezcla F'c: 210 kg/cm²

A continuación, se ofrece un resumen de los datos que arrojaron las pruebas de laboratorio, útil para su comprensión.

a) Proporción de la MP

Tabla 21

Proporciones del diseño de mezcla

Agregado	Dosificación	Proporción	Dosificación	Proporción
	Peso Seco	Volumen	Peso Húmedo	Volumen
	(Kg/m ³)	peso seco	(kg/m ³)	peso húmedo
Cemento	361	1	361	1
Agua	205	0.57	182	0.50
Ag. Grueso	945	2.62	916	2.54
Ag. Fino	762	2.11	737	2.04
Aire	2.00%		2.00%	

Una unidad de briqueta requiere 1 kilogramo de cemento y 2,11 kg de AF; en la tabla también figuran los pesos en kg de los distintos porcentajes de componentes utilizados en el estudio.

Tabla 22

Dosificación para la combinación

Dosificación de materiales					
	Peso seco	Materiales	10%	30%	50%
	(kg)	(kg)			
Cemento	361	2.621	2.621	2.621	2.621
Ag. Fino	762	4.205	4.205	4.205	4.205
Ag. Grueso	945	5.701	5.551	5.491	5.386
Agua	205	1.147	1.147	1.147	1.147
Material reciclado			0.105	0.210	0.315

Los áridos gruesos (5,701 kg), los áridos finos (4,205 kg), el agua (1,147 ml) y el cemento (2,621 kg) componen el volumen de 0,00533 m³ de la probeta; los porcentajes de material reciclado son del 10%, 30% y 50%, respectivamente.

4.1.7. Análisis de ensayos de concreto en estado fresco

a) Asentamiento del concreto (Slump)

Para comprobar la trabajabilidad del hormigón, que está relacionada con su consistencia, definida por el asentamiento, se utilizan una varilla de 5/8» y un cono de abrams.

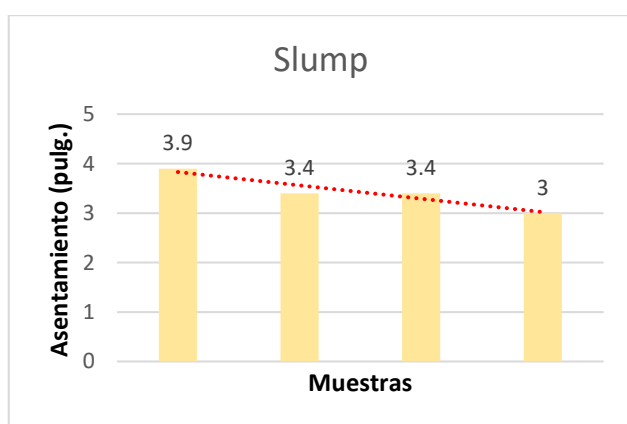
Tabla 23

Slump obtenido

Muestra	Slump
Patrón	3.9"
10% material reciclado	3.4"
30% material reciclado	3.4"
50% material reciclado	3"

Figura 17

Verificación del asentamiento



La reducción del asentamiento y la trabajabilidad, como se muestra en la figura, es un efecto directo del aumento de la proporción de material reciclado

(MR) en la mezcla. La adición de un 10% y un 30% de material reciclado durante la preparación de la mezcla no tuvo ningún efecto perceptible sobre la trabajabilidad, lo que sugiere una mezcla típica. Pero como la adición del 30% de material reciclado aceleró el proceso de secado, los moldes metálicos tuvieron que llenarse más rápidamente. Por lo tanto, parece que la adición de MR puede cambiar realmente la trabajabilidad de una mezcla.

4.1.8. Análisis de la $f'c$ de 210kg/cm²

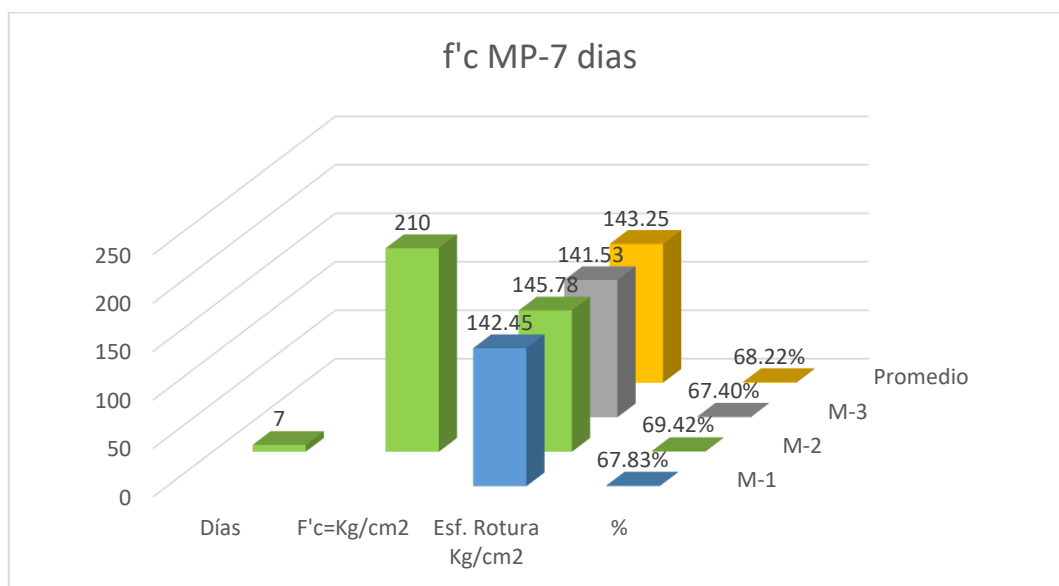
Tabla 24

F'c muestra patrón a los 7 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm ²	Esf. Rotura F'c=Kg/cm ²	%
M-1			142.45	67.83%
M-2	7	210	145.78	69.42%
M-3			141.53	67.40%
Promedio	7	210	143.25	68.22%

Figura 18

Valores obtenidos de $f'c$ MP-7 días



Al final del período de siete días, se midió la f_c utilizando tres Especímenes de referencia: M-1 = 142,45 kg/cm², M-2 = 145,78 kg/cm², y M-3 = 141,53 kg/cm², para un total de 143,25 kg/cm².

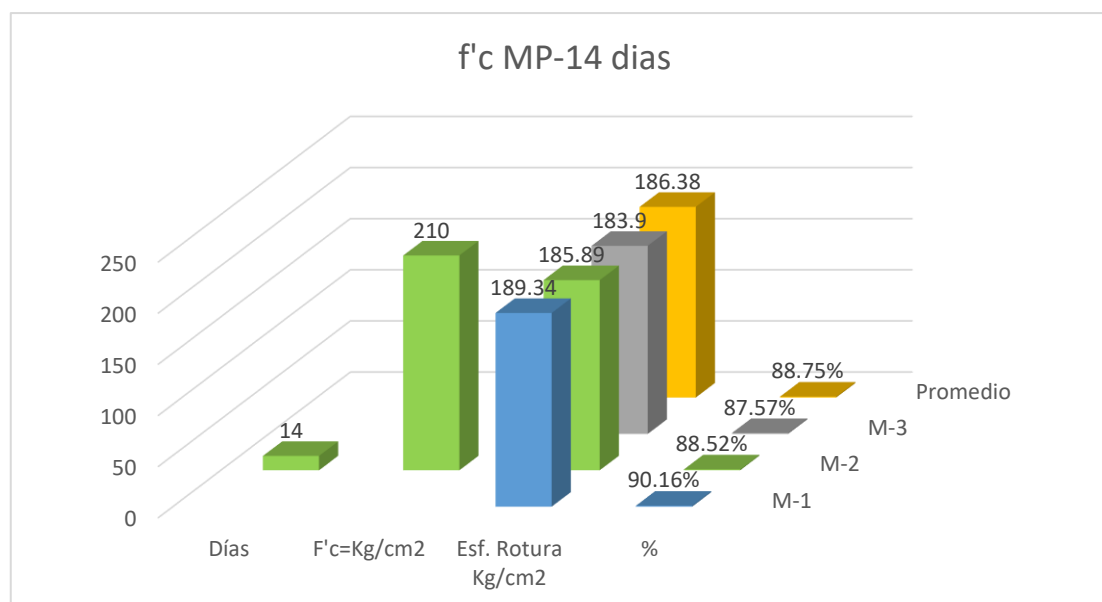
Tabla 25

F'c muestra patrón a los 14 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm ²	Esf. Rotura Kg/cm ²	%
M-1			189.34	90.16%
M-2	14	210	185.89	88.52%
M-3			183.90	87.57%
Promedio	14	210	186.38	88.75%

Figura 19

Valores obtenidos de f_c MP-14 días



Con tres Especímenes de referencia, las resistencias a la compresión a 14 días se calcularon en 186,38 kg/cm². Los valores para M-1, M-2 y M-3 fueron 189,34, 185,89 y 183,90 kg/cm², respectivamente.

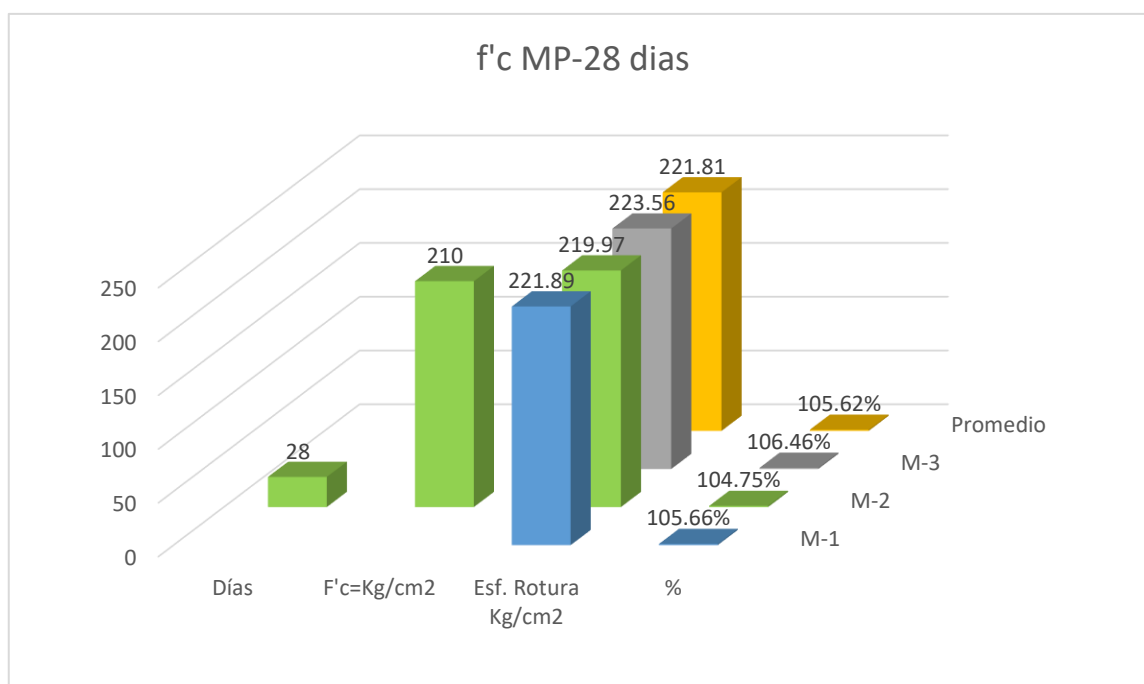
Tabla 26

F'c muestra patrón a los 28 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			221.89	105.66%
M-2	28	210	219.97	104.75%
M-3			223.56	106.46%
Promedio	28	210	221.81	105.62%

Figura 20

Valores obtenidos de f'c MP-28 días



Tras un periodo de 28 días, se determinó la f'c de un material analizando cuatro Especímenes. Con M-1 = 221,89 kg/cm², M-2 = 219,97 kg/cm² y M-3 = 223,56 kg/cm², se demostró que la resistencia media del material era de 221,81 kg/cm².

a. Compresiones con 10% de MR

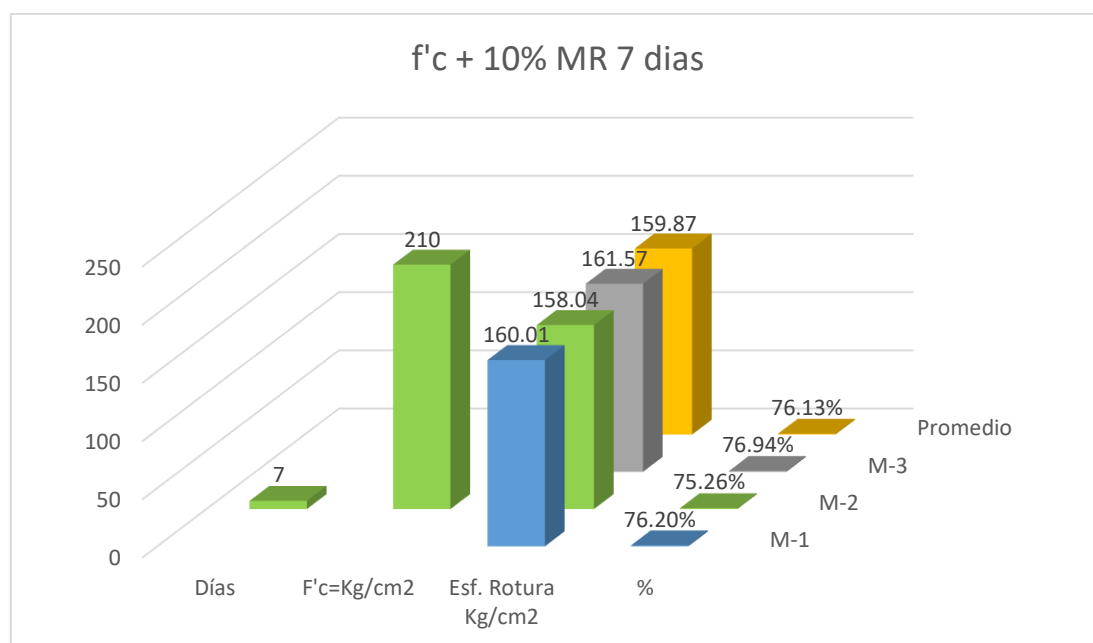
Tabla 27

F'c con 10% de MR a los 7 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			160.01	76.20%
M-2	7	210	158.04	75.26%
M-3			161.57	76.94%
Promedio	7	210	159.87	76.13%

Figura 21

Valores obtenidos de f'c + 10% MR - 7 días



La $f'c$ se determinó utilizando cuatro Especímenes, que se trataron con un 10% de MR al cabo de siete días. Los resultados indicaron que la densidad media era de 159,87 kg/cm², con M-1 = 160,01 kg/cm², M-2 = 158,04 kg/cm², y M-3 = 161,57 kg/cm².

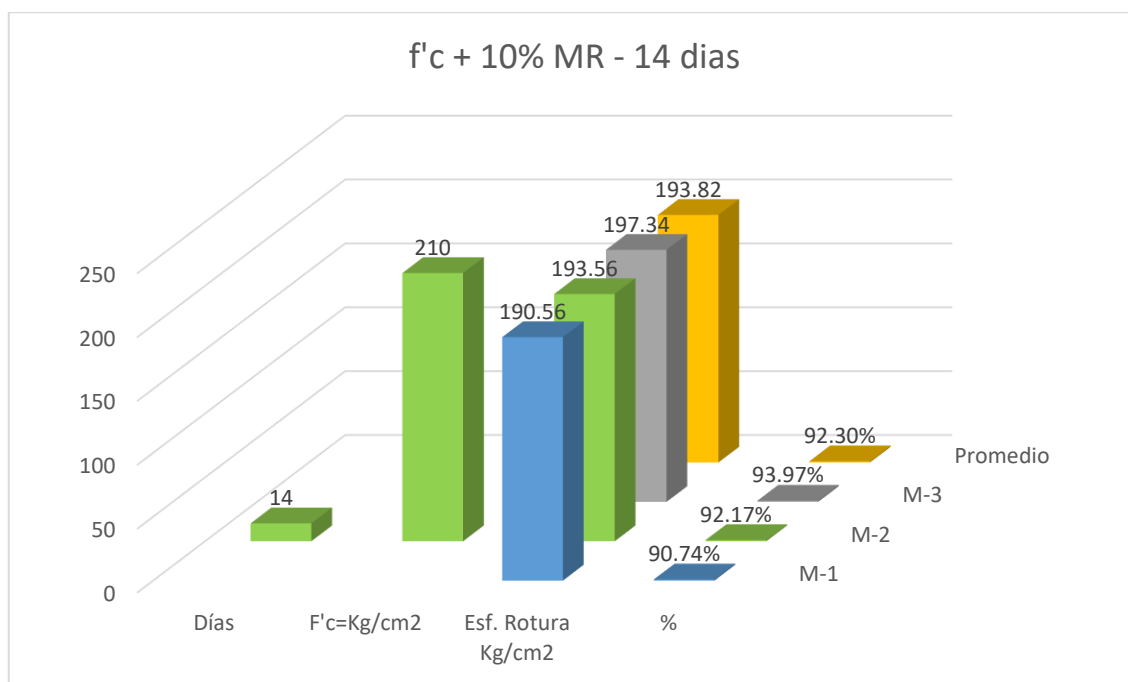
Tabla 28

f'c con 10% de MR a los 14 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			190.56	90.74%
M-2	14	210	193.56	92.17%
M-3			197.34	93.97%
Promedio	14	210	193.82	92.30%

Figura 22

Valores obtenidos de f'c + 10% MR - 14 días



Se midieron las resistencias a la compresión de cuatro Especímenes; M-1 = 190,56 kg/cm², M-2 = 193,56 kg/cm², y M-3 = 197,34 kg/cm². El valor medio fue de 193,82 kg/cm², derivado de la integración del 10% de MR a 14 días.

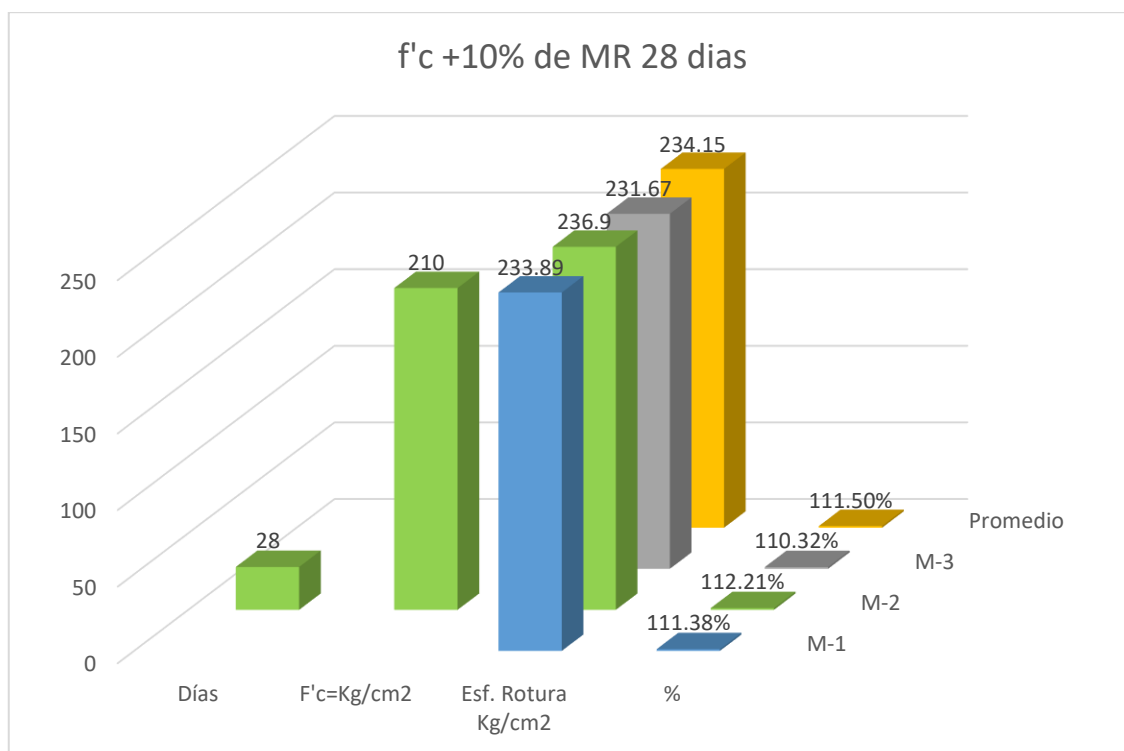
Tabla 29

f'c con 10% de MR a los 28 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			233.89	111.38%
M-2	28	210	236.90	112.21%
M-3			231.67	110.32%
Promedio	28	210	234.15	111.50%

Figura 23

Valores obtenidos de f'c + 10% de MR - 14días



La f'c se determinó utilizando cuatro Especímenes que tenían un 10% de MR después de 28 días. Con una media de 243,15 kg/cm2, los resultados mostraron que M-1 = 233,89 kg/cm2, M-2 = 236,90 kg/cm2, y M-3 = 231,67 kg/cm2.

b. Compresiones con 30% de MR

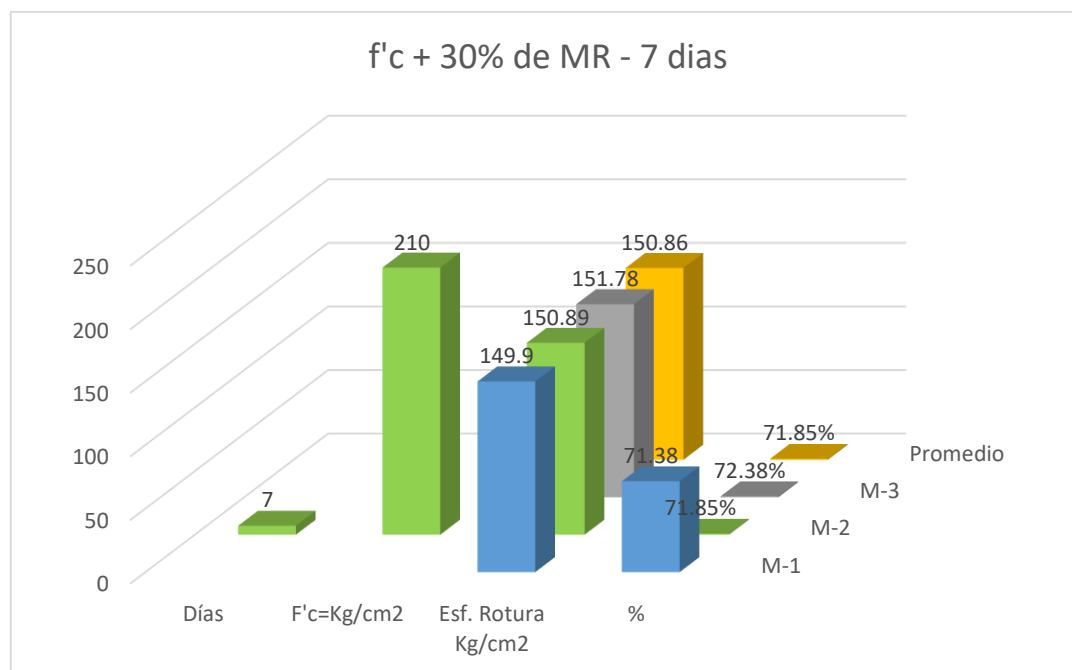
Tabla 30

F'c con 30% de MR a los 7 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			149.90	71.385
M-2	7	210	150.89	71.85%
M-3			151.78	72.38%
Promedio	7	210	150.86	71.845%

Figura 24

Valores obtenidos de f'c + 30% de MR - 7 días



Para determinar la $f'c$, se utilizaron cuatro Especímenes, a las que se añadió un 30% de MR a los siete días. Los resultados indicaron que M-1, M-2 y M-3 tenían valores de densidad de 149,90, 150,89 y 151,78 kg/cm², respectivamente, con un promedio de 150,86 kg/cm².

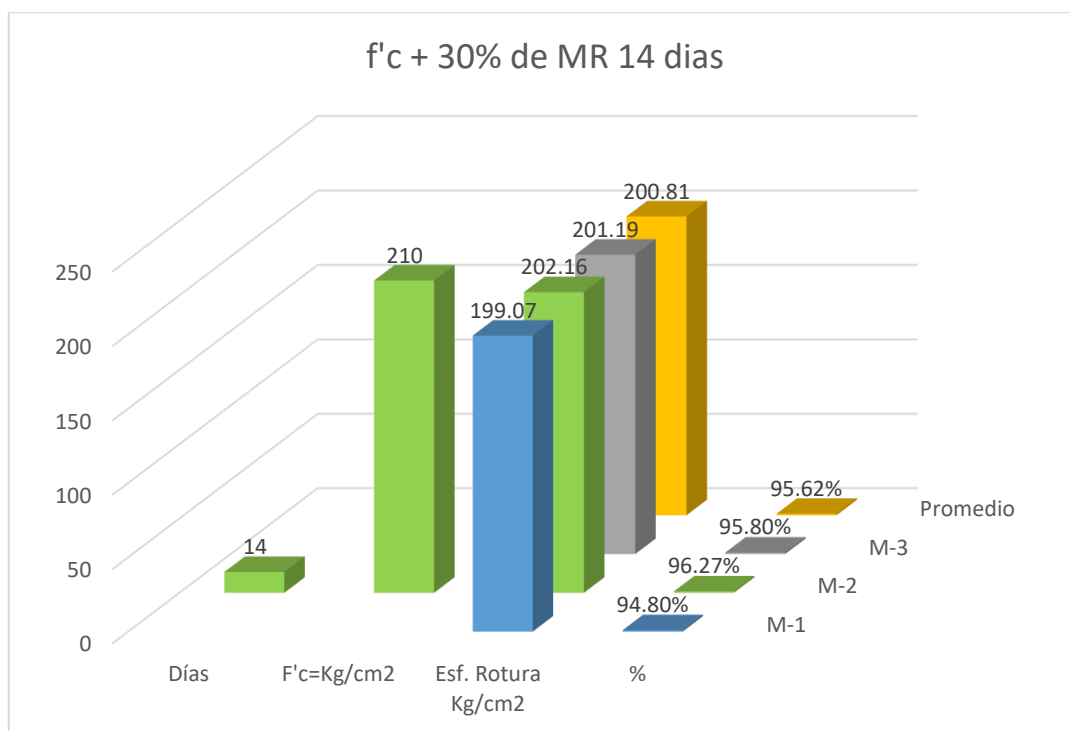
Tabla 31

f'c con 30% de MR a los 14 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			199.07	94.80%
M-2	14	210	202.16	96.27%
M-3			201.19	95.80%
Promedio	14	210	200.81	95.62%

Figura 25

Valores obtenidos de f'c + 30% de MR – 14 días



Después de 14 días de añadir el 30% de MR, se determinaron las resistencias a la compresión de cuatro Especímenes, con una media de 200,81 kg/cm2. Los valores para M-1, M-2 y M-3 fueron 199,07, 202,16 y 201,81 kg/cm2, respectivamente.

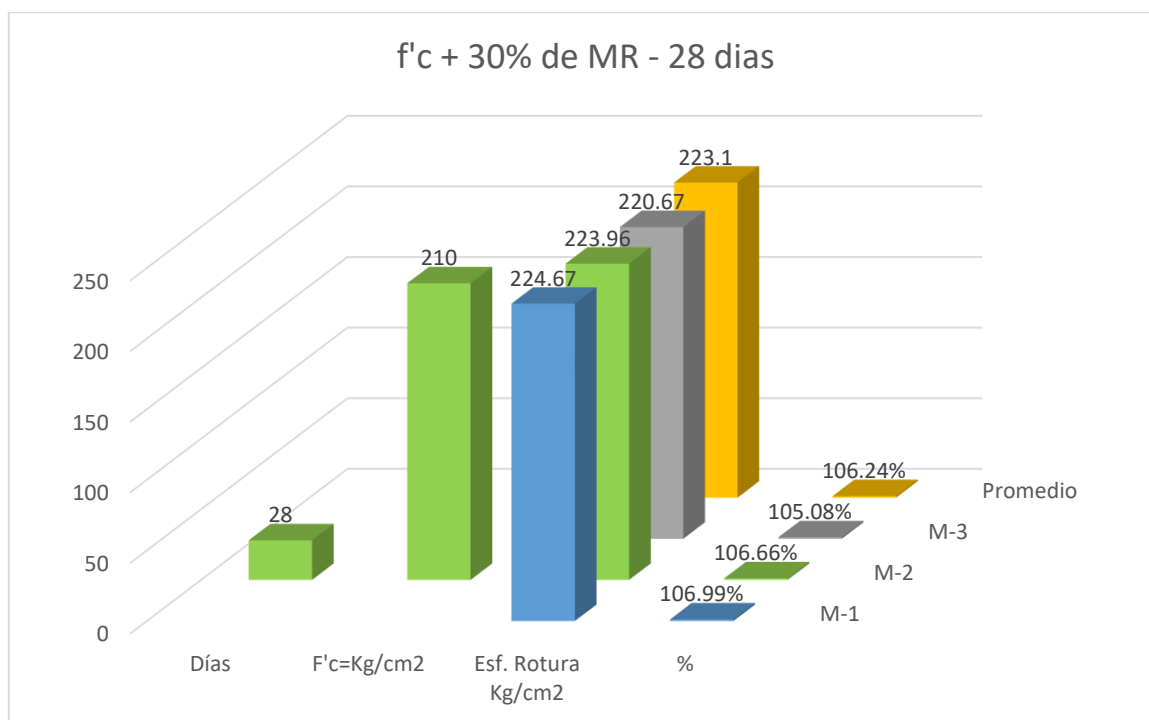
Tabla 32

F'c con 30% de MR a los 28 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			224,67	106.99%
M-2	28	210	223.96	106.66%
M-3			220.67	105.08%
Promedio	28	210	223.1	106.24%

Figura 26

Valores obtenidos de f'c + 30% de MR– 28 días



La f'c se determinó utilizando cuatro Especímenes que tenían un 30% de MR después de 28 días. Según los resultados, la densidad media fue de 223,1 kg/cm², con M-1 = 224,67 kg/cm², M-2 = 223,96 kg/cm², y M-3 = 220,67 kg/cm².

c. Compresiones con 50% de MR

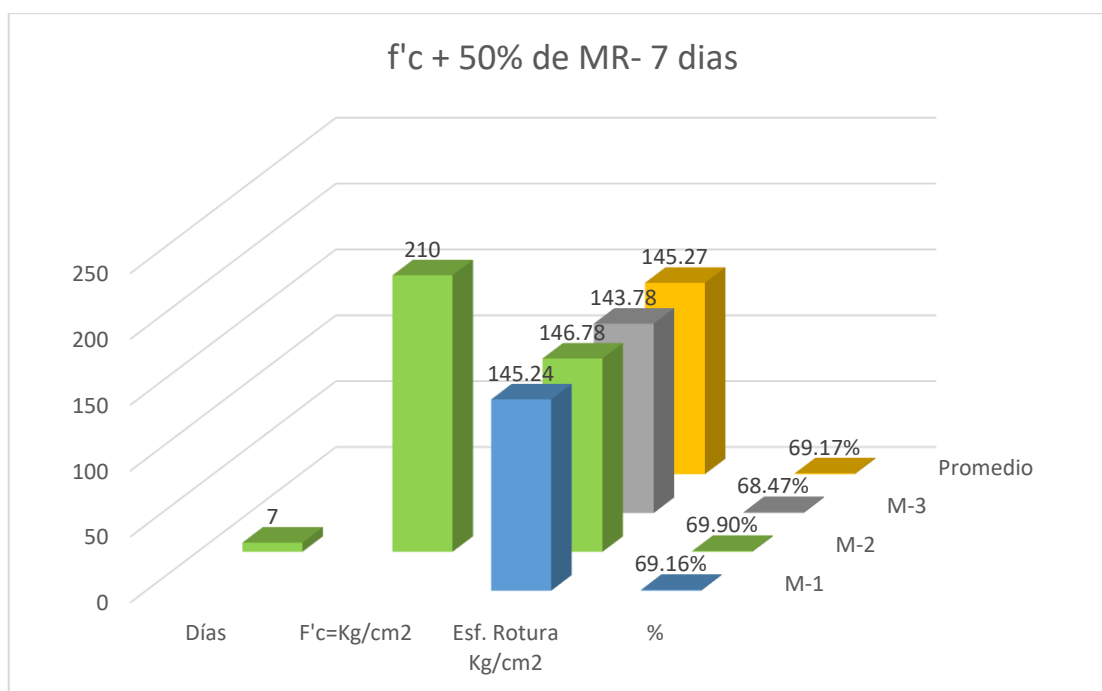
Tabla 33

F'c con 50% de MR a los 7 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			145.24	69.16%
M-2	7	210	146.78	69.90%
M-3			143.78	68.47%
Promedio	7	210	145.27	69.17%

Figura 27

Valores obtenidos de f'c + 50% de MR – 7 días



Se midió la f'c de cuatro Especímenes después de 7 días de añadir el 50% de MR. El valor medio fue de 145,27 kg/cm2, con valores individuales de 145,24 kg/cm2, 146,78 kg/cm2 y 143,78 kg/cm2.

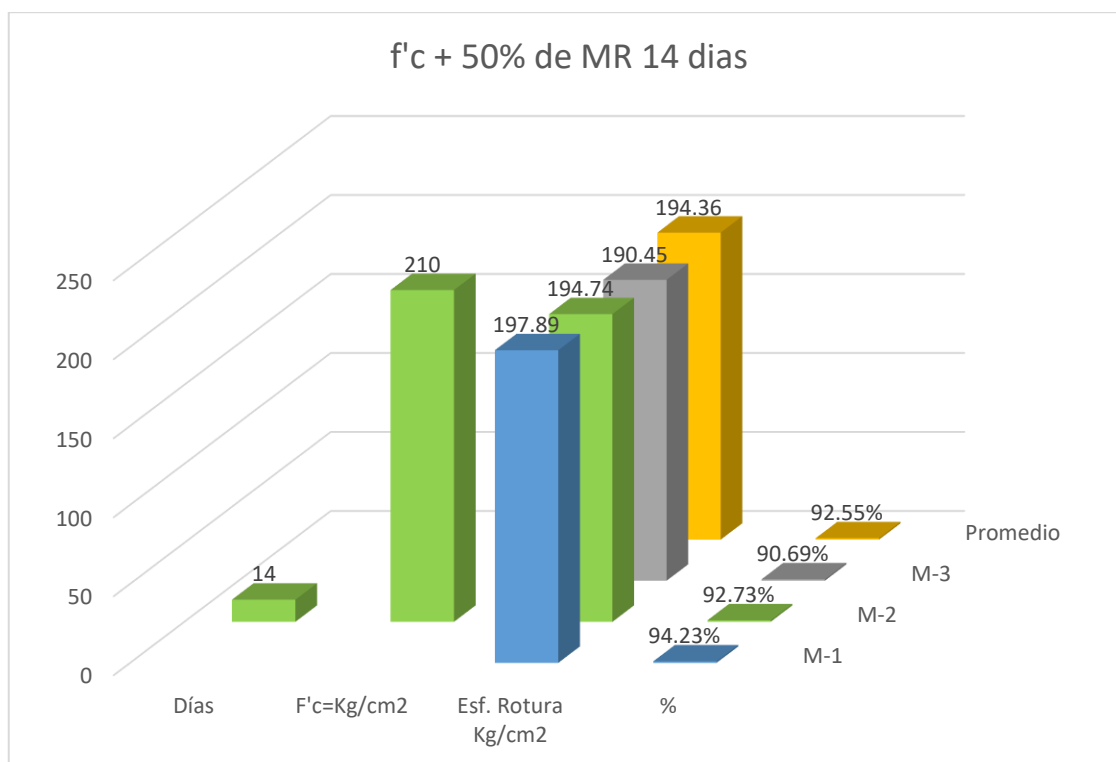
Tabla 34

F'c con 50% de MR a los 14 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1			197.89	94.23%
M-2	14	210	194.74	92.73%
M-3			190.45	90.69%
Promedio	14	210	194.36	92.55%

Figura 28

Valores obtenidos de f'c + 50% de MR– 14 días



Las resistencias a la compresión se calcularon a partir de cuatro Especímenes; tras 14 días de integración del 50% RM, el valor medio fue de 194,36 kg/cm2. El valor calculado para M-1 fue de 197,89 kg/cm2.

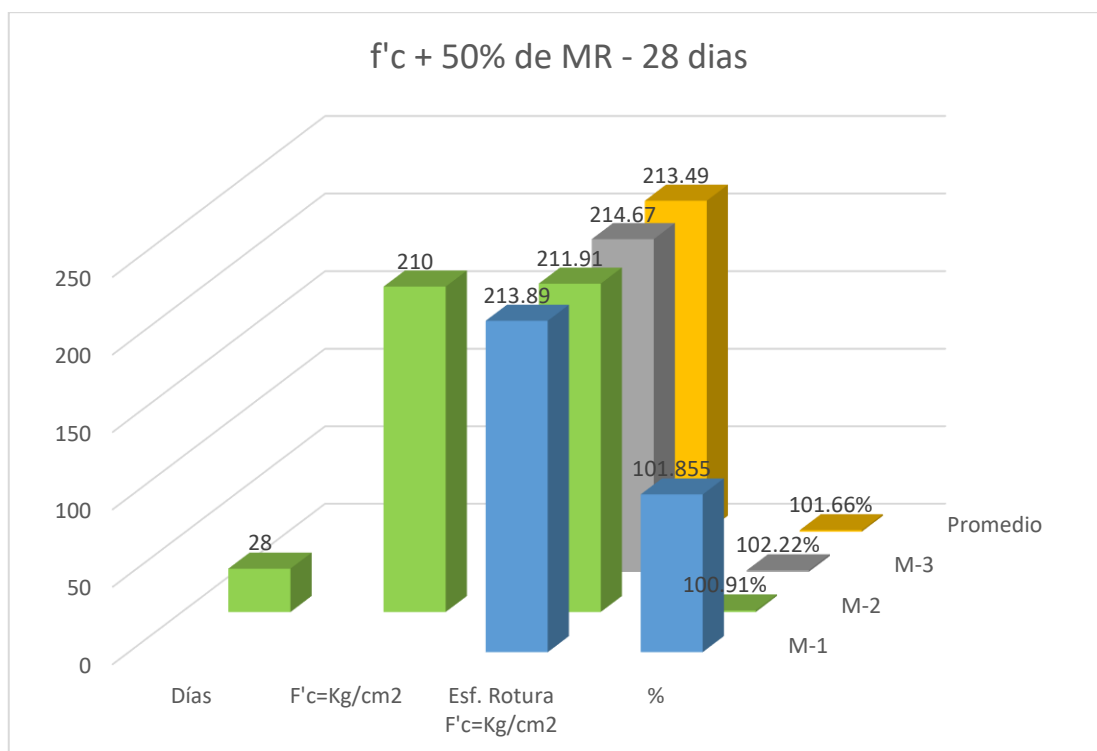
Tabla 35

f'c con 50% de MR a los 28 días

Especímenes	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura F'c=Kg/cm2	%
M-1			213.89	101.855
M-2	28	210	211.91	100.91%
M-3			214.67	102.22%
Promedio	28	210	213.49	101.66%

Figura 29

Valores obtenidos de f'c + 50% de MR – 28 días



Después de 28 días, se realizaron cálculos de $f'c$ en cuatro Especímenes que contenían un 50% de MR. Con M-1= 213,89 kg/cm², M-2= 211,91 kg/cm², y M-3= 214,67 kg/cm², la resistencia media a la compresión fue de 213,49 kg/cm².

4.1.9. Resumen de resistencias promedio (compresión)

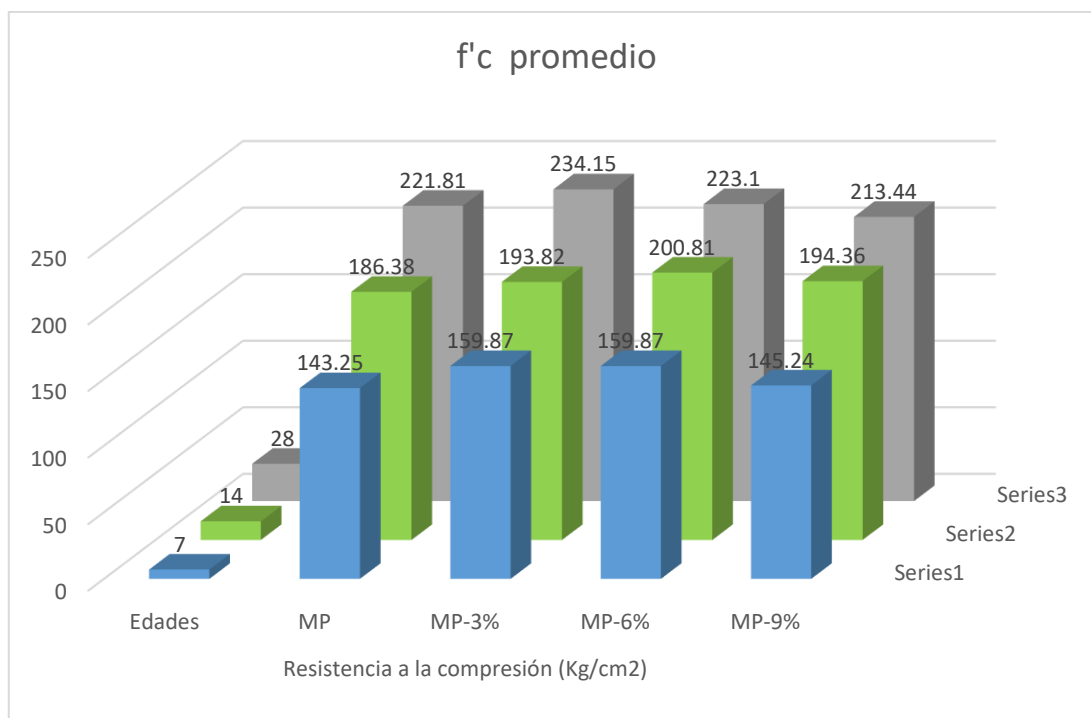
Tabla 36

Resumen de la resistencia promedio

F'c (Kg/cm2)				
Edades	MP	MP-10%	MP-30%	MP-50%
7	143.25	159.87	159.87	145.24
14	186.38	193.82	200.81	194.36
28	221.81	234.15	223.1	213.44

Figura 30

Valores promedios de f'c con adición de MR



La resistencia de la muestra aumenta gradualmente de 221,81 kg/cm² a 234,15 kg/cm² cuando se añade un 10% de MR.



4.2. Discusión

El objetivo de este estudio era utilizar áridos de la cantera de Isla para averiguar qué proporción de materiales era necesaria para alcanzar una resistencia de 210 kg/cm². Los pesos unitarios, los contenidos de humedad, los porcentajes de absorción y los pesos específicos se descubrieron mediante análisis granulométrico. En el diseño de la mezcla se especificaron los pesos de los áridos gruesos y finos.

En esta investigación se probaron las resistencias a la compresión de los áridos producidos a partir de la cantera Isla, que incluyen un 10% de MR. Los resultados indicaron una resistencia media de 159,87 kg/cm² a los 7 días, 193,82 kg/cm² a los 14 días y 234,15 kg/cm² a los 28 días.

En la evaluación de la f'c de los áridos procedentes de la cantera de Isla, utilizando un 30% de MR, se obtuvieron unos resultados de 150,86 kg/cm² a los 7 días, 200,81 kg/cm² a los 14 días y 223,10 kg/cm² a los 28 días.

Utilizando áridos de la cantera de Isla, la investigación examinó el efecto del 12% de MR en la f'c del hormigón. A los 7 días, los valores de resistencia fueron de 145,24 kg/cm², a los 14 días, de 194,36 kg/cm², y a los 28 días, de 213,44 kg/cm².

La sustitución del 10%, 30% o 50% de MR en el hormigón mejoró sus características mecánicas, lo que se tradujo en una mayor resistencia.



CONCLUSIONES

- Según la investigación, el 10% de MR es una opción práctica y atractiva, ya que aumenta la $f'c$ del hormigón en 210 kg/cm² después de 28 días.
- Se encuentran resultados positivos para todos los porcentajes de adición a los 28 días, con las siguientes resistencias: el diez por ciento es de 234,15 kg/cm², el treinta por ciento es de 223,10 kg/cm², y el cincuenta por ciento es de 213,44 kg/cm². Por consiguiente, añadir más MR a la mezcla de hormigón aumenta su $f'c$.
- Al diseñar mezclas con adición de óxido de calcio para un hormigón $f'c=210$ kg/cm², se determinó que el 10% de MR era la proporción óptima.
- La trabajabilidad no se ve afectada por la adición del 0% de GR; se ve ligeramente afectada por las adiciones del 10% y el 30%, pero aún permite trabajar la mezcla normalmente como con el hormigón normal; sin embargo, la trabajabilidad se ve afectada por la adición del 50% de GR, que hace que la mezcla fragüe más rápidamente, necesitando un trabajo acelerado.
- Como resultado de su 5,88% de mejora de la resistencia, el 10% RM es el grado porcentual ideal para añadir cal al hormigón con el objetivo de obtener la máxima $f'c$ con el mínimo incremento económico por metro cúbico.



RECOMENDACIONES

1. Se aconseja que los investigadores interesados en utilizar el MR como forma rentable de aumentar la $f'c$ del hormigón ($f'c=210\text{kg/cm}^2$) planifiquen y realicen estudios más amplios sobre la adición de este material para garantizar la menor dispersión de datos en las mezclas. Esto permitirá obtener resultados más precisos.
2. La investigación sobre la trabajabilidad de la mezcla ha llevado a la conclusión de que el MR no debe añadirse en cantidades superiores al 30%. Por encima de este porcentaje, la trabajabilidad de la mezcla empieza a degradarse y el hormigón fragua más rápidamente.
3. Con el fin de reducir el precio de producción del hormigón, se sugiere que los futuros estudios examinen el reciclado de materiales comparables al MR. Esto permitiría sustituir el cemento por otros materiales en proporciones suficientes.



BIBLIOGRAFÍA

Abanto, F. (2009). Tecnología del Concreto (Teoría y problemas). In Editorial San Marcos E.I.R.L. (2da Ed).

<https://es.scribd.com/doc/306087568/Tecnologia-Del-Concreto-Flavio-Abanto>

Alcalá, C. (2020, February 24). Menos del 20% del cobre peruano se refina en el país | Minem | Economía | La República. La República.

<https://larepublica.pe/economia/2020/02/24/mineria-cobre-peruano-se-procesa-el-minimo-de-lo-extraido-minem/?ref=lre>

Ampérez, N. (2019). Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena cuarzo-feldespática [Tesis de Grado, para obtener el grado de Ingeniero Civil por la Universidad de San Carlos de Guatemala].

http://www.repositorio.usac.edu.gt/13919/1/Nester_Giovani_Ampérez_Solíz.pdf

Arias, F. (2012). El Proyecto De Investigación. In Editorial Episteme (6 Edición, Issue July 2012). <https://doi.org/10.29327/527957>.

«Notas de hormigón armado,» 15 Abril 2011. [En línea]. Available:

<http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/2-compacidad-del-hormigon-endurecido.html>.

A. M. Neville, Tecnología del concreto, México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013.

«¿Qué es el cemento y cuáles son sus componentes?,» Cementos

Tequendama, 31 Diciembre 2017. [En línea]. Available:

<http://www.cetesa.com.co/que-es-el-cemento-y-cual-es-su-composicion/>.



INACAL, Norma Técnica Peruana 334.090:2016. Cemento Portland, Lima, 2016.

L. Gutiérrez de López, El concreto y otros materiales para la construcción, Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2003.

C. S. Caicedo Quinayás, Diseño de un pavimento articulado con adoquines compuestos por reciclados de concreto como AF y cenizas provenientes del bagazo de la caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento Portland, Cali: Pontificia Universidad Javeriana, 2016.

M. I. Cabezas Fierro, Elaboración de un manual de procesos constructivos del adoquinado, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2014.

Instituto Mexicano del Concreto y Cemento, «La historia del adoquín,» Mayo 2005. [En línea]. Available:

<http://www.imcyc.com/cyt/mayo05/POSIBILIDADES.pdf>.

Construmática, «CONSTRUMÁTICA: Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción,» [En línea]. Available:

https://www.construmatica.com/construpedia/Proceso_de_Fabricaci%C3%B3n,_Suministro_y_Recepci%C3%B3n_del_Euroadoqu%C3%ADn.

L. K. Cabrera Barboza, Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrios reciclados, Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2014.

Sika, Curado del Concreto, Colombia: Sika Colombia, 2009.



J. Castaño, R. Misle Rodríguez, L. Andres Lasso, A. Gómez Cabrera y M. S. Ocampo, Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes, Bogotá: Tecnura, 2013.

Días, A. (2021, May 31). Países líderes en la producción de cobre a nivel mundial 2020. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/635359/paises-lideres-en-la-produccion-de-cobre-a-nivel-mundial/>

Echaveguren, T. (2013). Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón. Instituto Del Cemento y Del Hormigón de Chile (ICH). https://issuu.com/ich_mkt/docs/manual_diseno_de_pavimentos_de_adoq

Egúsqiza, P. (2010, July 31). Fundición de Cobre de Ilo. INFRAESTRUCTURA PERUANA.

<http://infraestructuraperuana.blogspot.com/2009/06/fundicion-de-cobre-de-ilo.html>

Glosario Minería. (2013, December 28). Fundente (Minería). Glosario Minería; glosarios@servidor-alicante.com. INACAL, Norma Técnica Peruana 399.604:2002. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, Lima, 2002.

INACAL, Norma Técnica Peruana 399.611:2010. Adoquines de concreto para pavimentos, Lima, 2010.

INACAL, Norma Técnica Peruana 400.012:2001. Análisis granulométrico del AF, grueso y global, Lima, 2002.



Técnica Peruana 400.022:2013. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del AF, Lima, 2014.

MTC. Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

NORMA C.E.010 Pavimentos Urbanos. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: RNE, 2010. Disponible en:

http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_010_%20pavimentos_urbanos.pdf

Piura: Residuos de concha de abanico ya no se arrojarán al botadero. (22 de diciembre de 2015). RPP Noticias. Recuperado de [http://rpp.pe/peru/piura/piuraresiduos-](http://rpp.pe/peru/piura/piuraresiduos-deconcha-de-abanico-ya-no-se)

[deconcha-de-abanico-ya-no-se](http://rpp.pe/peru/piura/piuraresiduos-deconcha-de-abanico-ya-no-se)

TINOCO, Oscar (Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y confecciones, 2009)

(Sociales, 2012) tipos de variables y sus implicancias.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7225>



ANEXOS



ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA



Matriz de consistencia

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Pregunta general:</p> <p>¿Cómo influye la adición de material reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de adoquines para pavimentos articulados en la provincia de San Román?</p> <p>Preguntas específicas:</p> <p>¿Cuál es la caracterización de los agregados de la cantera y los agregados reciclados?</p> <p>¿Cuál es la dosificación adecuada del concreto con la adición de material reciclado?</p> <p>¿Cuál es la resistencia a la compresión del adoquín con la adición de material reciclado?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Analizar las propiedades físicas y mecánicas de adoquines elaborados con la adición de material reciclado para pavimentos articulados en la provincia de San Román.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Evaluar la caracterización de los agregados de la cantera y los agregados reciclados.</p> <p>Determinar la dosificación adecuada del concreto con la adición de material reciclado.</p> <p>Determinar la resistencia a la compresión del adoquín con la adición de material reciclado.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La adición de material reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de adoquines para pavimentos articulados en la provincia de San Román.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>La caracterización de los agregados de la cantera y los agregados reciclados son positivos para el diseño del concreto.</p> <p>La dosificación adecuada del concreto con la adición de material reciclado nos permite mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adoquín.</p> <p>La resistencia a la compresión del adoquín mejora con la adición de material reciclado.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Material reciclado</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Propiedades físicas y mecánicas.</p>	<p>- Porcentaje.</p> <p>-Propiedades físico mecánicas.</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Método: Experimental y cuasi-experimental</p> <p>Población: Adoquines fabricados con diversos porcentajes de material reciclado.</p> <p>Muestra: Un total de 36 especímenes de adoquines, divididos según los porcentajes de material reciclado (10%, 30% y 50%). Cada grupo será evaluado a los 7, 14 y 28 días después del curado.</p>



ANEXO 02
ENSAYOS DE LABORATORIO



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(NTP 400.022:2013-NTP 400.021:2013)

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

SOLICITANTE : Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

UBICACIÓN : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

CANTERA : ISLA - AGREGADO FINO
ISLA - AGREGADO GRUESO

FECHA : 25 de SETIEMBRE del 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS AGREGADO FINO

Mf=suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz /100

ENSAYO	1	2	Promedio
Wo= Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	489.40	492.10	490.75
v= Volúmen del frasco (cm ³)	500.00	500.00	500.00
Va= Peso en gr o vol. Cm ³ del agua añadida al frasco	304.50	307.15	305.83
a. Peso específico de la masa $Pe=Wo/(V-Va)$	2.50	2.55	2.65
b. Peso específico de la masa Saturada con superficie seca $Pesss=500(V-Va)$	2.56	2.59	2.58
c. Peso específico Aparente $Pea=Wo/((V-Va)-(500-Wo))$	2.65	2.66	2.65
d. Absorción $Ab=((500-Wo)*100)/Wo$	4.87%	4.90%	4.89%

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS AGREGADO GRUESO

ENSAYO	1	2	Promedio
A= Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	5926.00	5926.00	5926.00
B=Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	6000.00	6000.00	6000.00
C= Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	3798.52	3773.68	3786.10
a. Peso específico de la masa $Pe= A/(B-C)$	2.69	2.66	2.72
b. Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca $Pes= B/(B-C)$	2.73	2.70	2.71
c. Peso específico Aparente $Pea= A/(A-C)$	2.79	2.75	2.77
d. Absorción $[(B-A)*100]/A$	3.11%	3.12%	3.12%

Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Nigr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103267

B. N° 006-00309328



CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)

ASTM D-2216 MTC E 108-2000

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

SOLICITANTE : Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

UBICACIÓN : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

CANtera : ISLA - AGREGADO FINO
ISLA - AGREGADO GRUESO

FECHA : 25 de SETIEMBRE del 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

ENSAYO N°	1	2
Peso del recipiente (g)	40.00	50.00
Peso del recipiente (g) + Muestr. Hum. (g)	484.70	505.00
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	466.00	487.00
Peso del agua (g).	19.00	18.00
Peso de Muestra Seca. (g).	426.00	437.00
Contenido de Humedad. (%)	4.01%	3.70%
Contenido de Humedad Promedio (%)	3.97%	

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

ENSAYO N°	1	2
Peso del recipiente (g)	40.00	80.00
Peso del recipiente (g) + Muestr. Hum. (g)	544.50	945.00
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	538.00	933.00
Peso del agua (g).	7.00	12.00
Peso de Muestra Seca. (g).	498.00	853.00
Contenido de Humedad. (%)	1.21%	1.29%
Contenido de Humedad Promedio (%)	2.01%	

Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.


 UANCV / FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M S C A
 JEFEATURA
 Ing. ARMANDO YAMA TORRES
 CIP 103267

B. N° 006-00309328



NTP 400.017:2011 PESOS UNITARIOS

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

SOLICITANTE : Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

UBICACIÓN : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

CANTERA : ISLA

FECHA : 25 de SETIEMBRE del 2024

AGREGADO FINO

SUELTO (gr/cm3)

Material	Lectura
Fino	1.599

VARILLADO/COMPACTADO (gr/cm3)

Material	Lectura
Fino	1.789

AGREGADO GRUESO

SUELTO (gr/cm3)

Material	Lectura
Grueso	1.105

VARILLADO/COMPACTADO (gr/cm3)

Material	Lectura
Grueso	1.201

Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.

UANCV, FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA

Mdt. ARY M. DOTYANA TORRES
 CIP 103287

B. N° 006-00309328



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

SOLICITANTE : Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

UBICACIÓN : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

CANTERA : ISLA

FECHA : 25 de SETIEMBRE del 2024

Resistencia a la compresión muestra patrón a los 7 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura F'c=Kg/cm2	%
M-1	7	210	142.45	67.83%
M-2	7	210	145.78	69.42%
M-3	7	210	141.53	67.40%
Promedio	7	210	143.25	68.22%

Resistencia a la compresión muestra patrón a los 14 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	14	210	189.34	90.16%
M-2	14	210	185.89	88.52%
M-3	14	210	183.90	87.57%
Promedio	14	210	186.38	88.75%

Resistencia a la compresión muestra patrón a los 28 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	28	210	221.89	105.66%
M-2	28	210	219.97	104.75%
M-3	28	210	223.56	106.46%
Promedio	28	210	221.81	105.62%

Resistencia a la compresión con 10% de material reciclado a los 7 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	7	210	160.01	76.20%
M-2	7	210	158.04	75.26%
M-3	7	210	161.57	76.94%
Promedio	7	210	159.87	76.13%

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFEATURA

Mgtr. ARMANDO TORRES
 CIP 103387

B. N° 006-00309328



Resistencia a la compresión con 10% de material reciclado a los 14 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	14	210	190.56	90.74%
M-2	14	210	193.56	92.17%
M-3	14	210	197.34	93.97%
Promedio	14	210	193.82	92.30%

Resistencia a la compresión con 10% de material reciclado a los 28 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	28	210	233.89	111.38%
M-2	28	210	236.90	112.21%
M-3	28	210	231.67	110.32%
Promedio	28	210	234.15	111.50%

Resistencia a la compresión con 30% de material reciclado a los 7 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	7	210	149.90	71.385
M-2	7	210	150.89	71.85%
M-3	7	210	151.78	72.38%
Promedio	7	210	150.86	71.845%

Resistencia a la compresión con 30% de MR a los 14 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	14	210	199.07	94.80%
M-2	14	210	202.16	96.27%
M-3	14	210	201.19	95.80%
Promedio	14	210	200.81	95.62%

Resistencia a la compresión con 30% de MR a los 28 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	28	210	224.67	106.99%
M-2	28	210	223.96	106.66%
M-3	28	210	220.67	105.08%
Promedio	28	210	223.1	106.24%

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA
 MGR. ARYAN SUZUKI TORRES
 CIP 163367

B. N° 006-00309328



Resistencia a la compresión con 50% de MR a los 7 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	7	210	145.24	69.16%
M-2	7	210	146.78	69.90%
M-3	7	210	143.78	68.47%
Promedio	7	210	145.27	69.17%

Resistencia a la compresión con 50% de MR a los 14 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura Kg/cm2	%
M-1	14	210	197.89	94.23%
M-2	14	210	194.74	92.73%
M-3	14	210	190.45	90.69%
Promedio	14	210	194.36	92.55%

Resistencia a la compresión con 50% de MR a los 28 días

Muestras	Días	F'c=Kg/cm2	Esf. Rotura F'c=Kg/cm2	%
M-1	28	210	213.89	101.855
M-2	28	210	211.91	100.91%
M-3	28	210	214.67	102.22%
Promedio	28	210	213.49	101.66%

Resumen de la resistencia promedio

Resistencia a la compresión (Kg/cm2)				
Edades	MP	MP-10%	MP-30%	MP-50%
7	143.25	159.87	159.87	145.24
14	186.38	193.82	200.81	194.36
28	221.81	234.15	223.1	213.44

Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 JEFATURA
 SUSSENI JULIACA

MdC. ARMANDO TORRES
 CIP 103367

B. N° 006-00309328



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D42216 – D2216 – D427 – D2487)

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

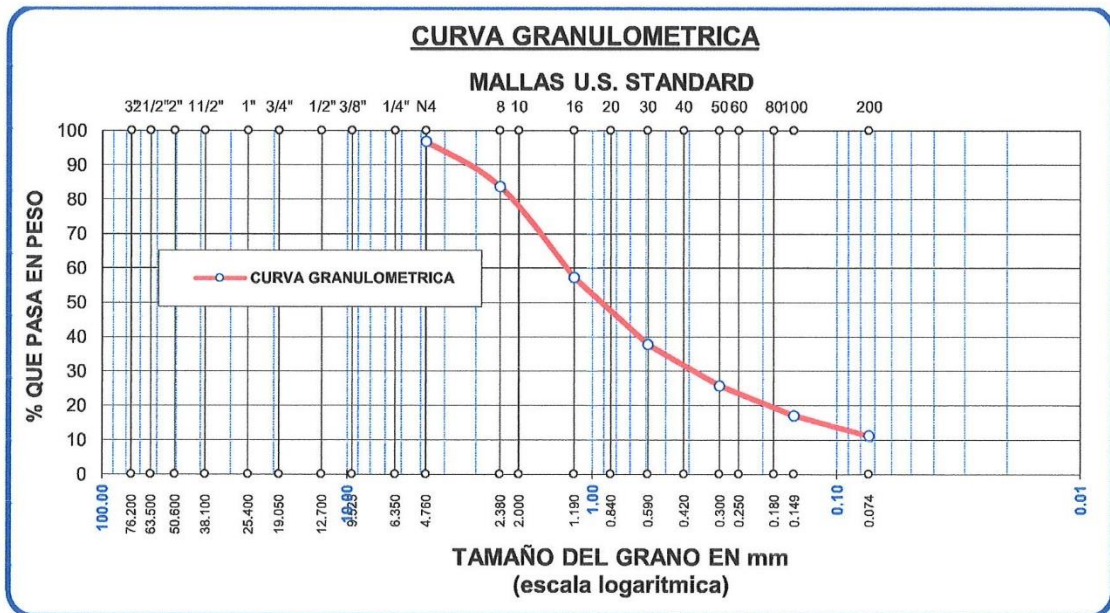
SOLICITANTE : Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

UBICACIÓN : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

CANTERA : ISLA - AGREGADO FINO

FECHA : 25 de SETIEMBRE del 2024

Tamiz	mm	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
No4	4.760	23.23	3.23	3.23	96.77
No8	2.380	94.12	13.10	16.34	83.66
No16	1.190	189.70	26.41	42.74	57.26
No30	0.590	140.01	19.49	62.24	37.76
No 50	0.300	85.91	11.96	74.20	25.80
No100	0.149	62.35	8.68	82.88	17.12
No200	0.074	42.51	5.92	88.79	11.21



Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 M.Sc. ARMANDO TORRES
 CIP 16887

B. N° 006-00309328



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D42216 – D2216 – D427 – D2487)

PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

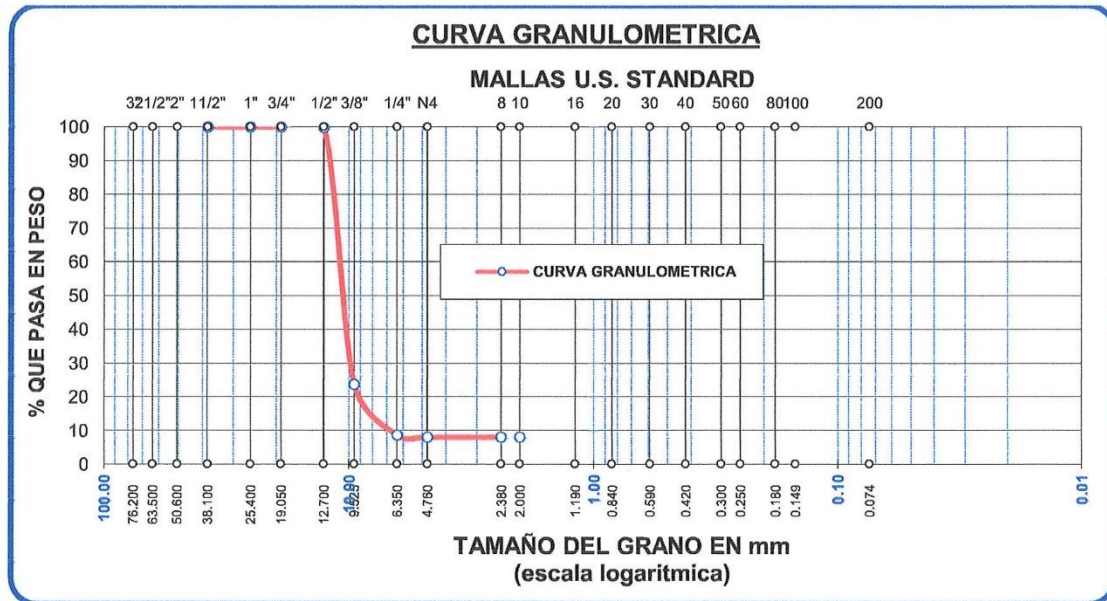
SOLICITANTE : Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

UBICACIÓN : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO

FECHA : 25 de SETIEMBRE del 2024

Tamiz	mm	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
2"	0	0	0	0	100
1 1/2"	38.100	0	0	0	100
1"	25.400	0	0	0	100
3/4"	19.050	0	0	0	100
1/2"	12.700	4.56	4.56	0.25	0.25
3/8"	9.525	1409.01	1409.01	76.08	76.33
1/4"	6.350	276.05	276.05	14.91	91.24
No4	4.760	13.90	13.90	0.75	91.99



Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 JEFATURA
 JULIACA

MIGUEL ANGEL TORRES
 CIP 100087

B. N° 006-00309328



PROYECTO : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

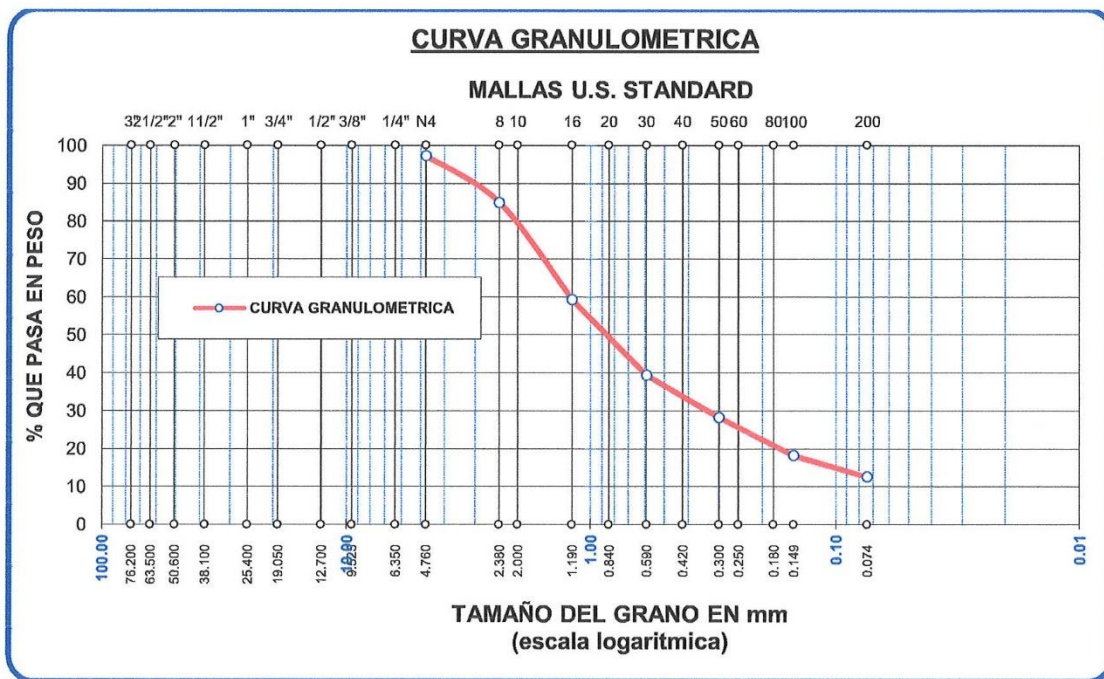
SOLICITANTE : Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

UBICACIÓN : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

CANTERA : MATERIAL RECICLADO AF

FECHA : 25 de SETIEMBRE del 2024

Tamiz	mm	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
No4	4.760	19.99	2.76	2.76	97.24
No8	2.380	88.90	12.28	15.05	84.95
No16	1.190	185.56	25.64	40.68	59.32
No30	0.590	144.09	19.91	60.59	39.41
No 50	0.300	80.67	11.15	71.74	28.26
No100	0.149	73.08	10.10	81.84	18.16
No200	0.074	40.67	5.62	87.45	12.55



Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 ING. JULIACA TICONA

Mtro. ARMANDO JUAN PORRES
 CIP 100027

B. N° 006-00309328



PROYECTO : ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN CONCRETO HIDRÁULICO CON LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

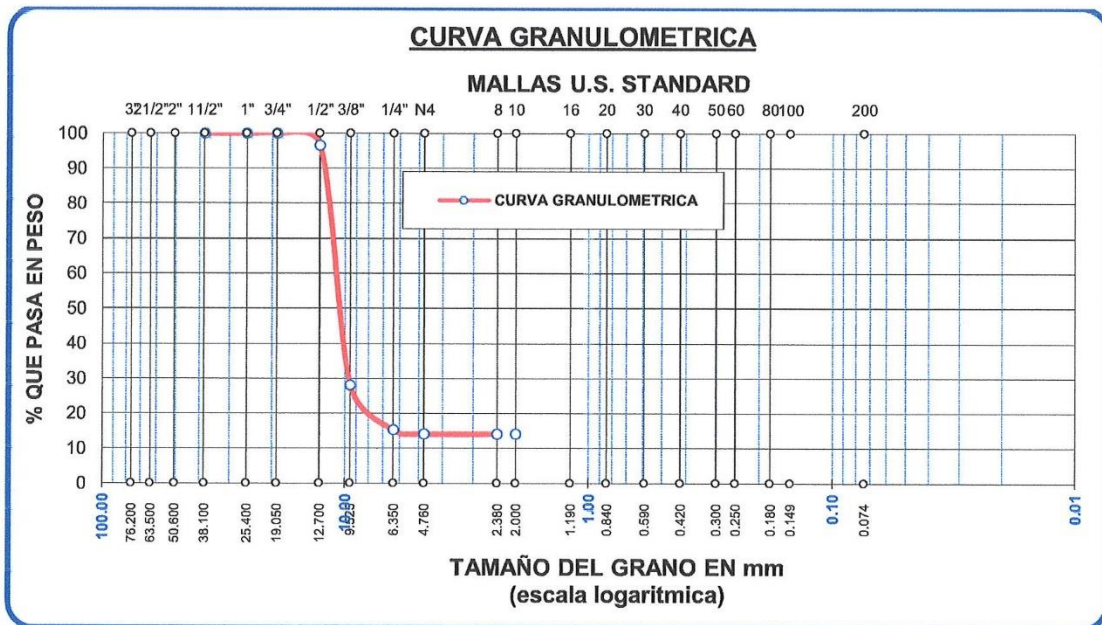
SOLICITANTE : Bach. JHON ALEXANDER TICONA TICONA

UBICACIÓN : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

CANTERA : MATERIAL RECICLADO AG

FECHA : 25 de SETIEMBRE del 2024

Tamiz	mm	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
2"	0	0	0	0	100
1 1/2"	38.100	0	0	0	100
1"	25.400	0	0	0	100
3/4"	19.050	0	0	0	100
1/2"	12.700	45.78	3.40	3.40	96.60
3/8"	9.525	922.01	68.45	71.85	28.15
1/4"	6.350	173.09	12.85	84.70	15.30
No4	4.760	15.51	1.15	85.85	14.15



Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.

UANCV / FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFES DE AREA

Miguel ARRIAGA TORRES
 CIP 100087

B. N° 006-00309328



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 31/12/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JHON ALEXANDER TICONA TICONA

Dirección: AV. JOSE C. MARIATEGUI MZ. 5 S/N

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76912225

Teléfono: 972178341 email: Pixi4007a@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES ELABORADOS CON LA ADICIÓN DE MATERIAL RECICLADO PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

Palabras claves, (3 a 5 términos): MATERIAL RECICLADO, DOSIFICACIÓN, PROPIEDADES, ADOQUINES

¿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, entré 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 LA CONSTRUCCIÓN - PI7

Firma de Autor



huella digital

31 de Diciembre del 2024

Fecha