



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**  
**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**



**REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO  
POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO  
RIGIDO F'C=210 KG/CM<sup>2</sup>, EN LA CIUDAD  
DE JULIACA - 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**  
**VANESSA ITO PILCO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL  
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**JULIACA – PERÚ**  
**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO  
POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE  
PAVIMENTO RIGIDO F'C=210 KG/CM2,  
EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**VANESSA ITO PILCO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE**

  
: \_\_\_\_\_  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO**

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

**SEGUNDO MIEMBRO**

  
: \_\_\_\_\_  
Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON

**ASESOR DE TESIS**

  
: \_\_\_\_\_  
Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P50



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 565-2024-D-EPG-UANCV/J**

Juliaca, 17 de diciembre del 2024

**VISTOS:**

El expediente N° 2024-014418 presentado por el (a) Bachiller, **VANESSA ITO PILCO**, quien solicita nominación de jurados y Fecha y hora de sustentación de tesis, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

**CONSIDERANDO:**

Que, el (a) Bachiller. **VANESSA ITO PILCO**, con número de DNI. **42083107** y con número de matrícula **21329037**, ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la tesis titulado: **REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024**, para optar el GRADO de **MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN;**

Que, mediante Resolución N° 428-2024-USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N° 2011-2024-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA Y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) titulado: **REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50;**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN.**

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 00044 de fecha 17 de diciembre del 2024 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que *la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico;*

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el artículo 76° del Estatuto Universitario;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO** para la sustentación presencial del informe final de la investigación (BORRADOR DE TESIS), del (la) Bach: **VANESSA ITO PILCO**, para optar el GRADO de **MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL**, Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, en virtud de los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO. - NOMINAR JURADOS** para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

Presidente	: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
Primer miembro	: Dr. ARNALDO YANA TORRES
Segundo miembro	: Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON
Asesor	: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

**ARTÍCULO TERCERO. - PROGRAMAR FECHA Y HORA** de sustentación como se detalla:

Fecha	: Viernes 20 de diciembre del 2024
Hora	: 05:00 p.m.
Lugar	: Aula N° 310 EPG-UANCV-JULIACA

**ARTÍCULO CUARTO. - el Director de la Escuela de Posgrado** queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y Archívese.

  
D. Leopoldo Wenceslao Carón Cari  
DIRECTOR (e)



### RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02011-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 20 de noviembre de 2024

#### VISTOS:

El Expediente N° 2024-013137 de fecha 25 de octubre de 2024, el (la) Bach. VANESSA ITO PILCO, con DNI N° 42083107, código de matrícula N° 21329037, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); INFORME N° 00919-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" del 15 de noviembre de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

#### CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N°2024-013137 el (la) Bach. VANESSA ITO PILCO, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024 Línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50, para optar el GRADO de MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL, mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión FAVORABLE al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del ASESOR Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según INFORME N° 00919-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

#### SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, titulado: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024 presentado por el (la) Bach. VANESSA ITO PILCO, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como ASESOR al (a) Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
Escuela de Posgrado  
Dr. Ricardo Welcastro Condori Cari



TESIS UANCV



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



## RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0428-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 09 de mayo de 2024

### VISTOS:

El Expediente N° 2024-05729 de fecha 03 de mayo de 2024, el (la) Bach. VANESSA ITO PILCO, con DNI N° 42083107, código de matrícula N° 21329037, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; INFORME N° 0030-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 07 de mayo de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

### CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-05729 el (la) Bach. VANESSA ITO PILCO, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024 Línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50, para optar el GRADO de MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL, mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión FAVORABLE a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del ASESOR Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de investigación (Tesis) de acuerdo a la DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según INFORME N° 0030-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

### SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024 presentado por el (la) Bach. VANESSA ITO PILCO, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR al (a) Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Leopoldo Wenceslao Cordova Cari  
DIRECTOR (e)

Jr. Loreto N° 450 - ☎ (051) 329145 - Pag. Web: www.epg@uancv.edu.pe - Juliaca - Perú

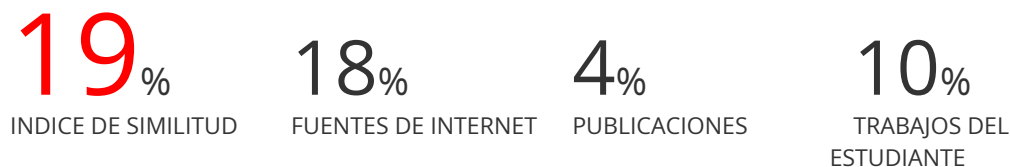
DISTRIBUCIÓN:  
DIRECCIÓN EPG, INTERESADO.



## REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO

RIGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD



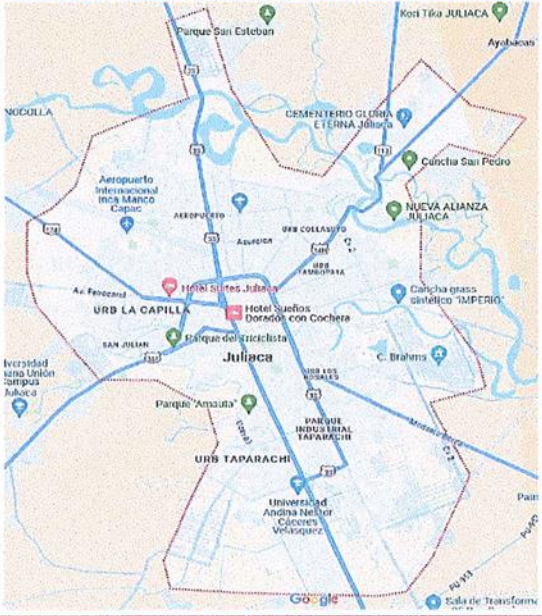
### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uancv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>dspace.ucuenca.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>10</b>	<b>repositorio.uct.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>11</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>



### Metadatos complementarios - UANCV

TITULO	
<b>REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024</b>	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	VANESSA ITO PILCO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42083107
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0003-7022-611X">https://orcid.org/0009-0003-7022-611X</a>
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02429806
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0009-1482-3669">https://orcid.org/0009-0009-1482-3669</a>
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres Y Apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4219-1007">https://orcid.org/0000-0002-4219-1007</a>
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6740-5024">https://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>

Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29565004
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4274-3040">https://orcid.org/0000-0003-4274-3040</a>
Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>Dirección:</b> CIUDAD DE JULIACA  <b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> San Román  <b>Distrito:</b> Juliaca                      -15.49672, -70.12955  <a href="https://maps.app.goo.gl/dChwaHqpmmpsLLsSu5">https://maps.app.goo.gl/dChwaHqpmmpsLLsSu5</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE - Librería	Ingeniería civil <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a> Ingeniería de la construcción <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ  
 ESCUELA DE POSTGRADO

Dr. Jesús Mamani Mamani  
 DIRECTOR  
 DE INVESTIGACION - EPG



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo VANESSA ITO PILCO, identificado con DNI

Nro. 42083107 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES,

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

REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2024

Asesorado por: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

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.

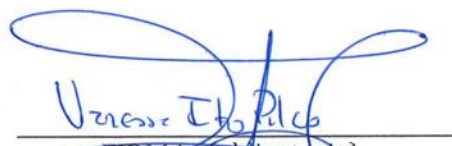
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

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 09 de MAYO del 2025

  
FIRMA (ASESOR)

  
FIRMA (obligatoria)

  
Huella



## **DEDICATORIA**

A Dios, a mi abuela Julia Graciela, a Luciana y Raizel, quienes son y han sido mis más grandes ejemplos de amor, nobleza y trabajo duro.



## **AGRADECIMIENTO**

A mi querida familia por su apoyo incondicional,  
a mi Madre Elena, gracias por todo su esfuerzo  
y paciencia.



**ÍNDICE**

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTO.....ii

ÍNDICE .....iii

ÍNDICE DE TABLAS .....vii

ÍNDICE DE FIGURAS ..... x

RESUMEN .....xi

ABSTRACT .....xii

INTRODUCCIÓN .....xiii

**CAPÍTULO I**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Exposición de la situación problemática ..... 1

1.2. Formulación del planteamiento del problema..... 3

1.2.1. Problema general ..... 3

1.2.2. Problemas específicos ..... 3

1.3. Justificación de la investigación..... 3

1.4. Objetivos..... 5

1.4.1. Objetivo general ..... 5

1.4.2. Objetivos específicos..... 5

1.5. Importancia y alcance de la investigación ..... 5

1.6. Limitaciones y delimitaciones de la investigación ..... 7

1.7. Hipótesis de estudio ..... 8

1.7.1. Hipótesis general..... 8

1.7.2. Hipótesis específica ..... 8

1.8. Variables e indicadores ..... 8

1.8.1. Conceptualización de variables ..... 8



1.8.2. Operacionalización de variables..... 9

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes del estudio ..... 10

2.1.1. A nivel internacional ..... 10

2.1.2. A nivel nacional ..... 13

2.1.3. A nivel local ..... 17

2.2. Bases teóricas ..... 19

2.2.1. Concreto reciclado con PET adicional..... 19

2.2.1.1. Reutilización de PET en concreto rígido ..... 20

2.2.1.2. Propiedades del PET reciclado en el concreto..... 21

2.2.1.3. Beneficios de la reutilización de PET en el concreto rígido..... 21

2.2.1.4. Consideraciones para la reutilización de PET en el concreto rígido..... 22

2.2.2. Pavimento rígido..... 23

2.2.2.1. Características del pavimento rígido ..... 23

2.2.2.2. Normativas para el diseño de pavimentos rígidos ..... 24

2.2.2.3. Materiales para pavimentos de concreto rígido..... 25

2.2.2.4. Consideraciones estructurales para el diseño de pavimentos de concreto rígido ..... 26

2.3. Marco conceptual ..... 26

2.3.1. ASSHTO..... 26

2.3.2. Absorción de agua..... 26

2.3.3. Agregados ..... 27

2.3.4. Aditivos ..... 27

2.3.5. Concreto rígido ..... 27

2.3.6. Durabilidad ..... 27



2.3.7. Ensayo de compresión .....	27
2.3.8. Ensayo de flexión .....	27
2.3.9. Fibras PET.....	28
2.3.10. Juntas de contracción .....	28
2.3.11. Juntas de expansión .....	28
2.3.12. Módulo de elasticidad.....	28
2.3.13. Normativa Peruana de Pavimentos.....	28
2.3.14. Pavimento Rígido .....	28
2.3.15. PET (Tereftalato de Polietileno) .....	29
2.3.16. Plastificante.....	29
2.3.17. Propiedades mecánicas.....	29
2.3.18. Reciclaje de PET.....	29
2.3.19. Resistencia a la compresión.....	29
2.3.20. Resistencia a la tracción .....	29
2.3.21. Sustitución de agregados .....	29
2.3.22. Sustitución de cemento .....	30
2.3.21. Trabajabilidad.....	30
2.3.22. Vida útil .....	30

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación.....	31
3.2. Métodos aplicados a la investigación .....	31
3.3. Tipo de la investigación .....	31
3.4. Nivel de la investigación .....	32
3.4. Diseño de la investigación .....	32
3.6. Población y muestra .....	32



- 3.6.1. Población..... 32
- 3.6.2. Muestra..... 32
- 3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información ..... 33
  - 3.7.1. Técnicas de investigación..... 33
  - 3.7.2. Instrumentos de la investigación ..... 33
- 3.8. Validación y confiabilidad del instrumento de investigación ..... 33
  - 3.8.1. Validación de instrumentos..... 33
  - 3.8.2. Confiabilidad del instrumento ..... 33
- 3.9. Contraste de la hipótesis de investigación..... 34
  - 3.9.1. Contraste de hipótesis ..... 34
- 3.10. Procedimiento para realizar la investigación ..... 34

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1. Presentación, análisis e interpretación de los datos..... 36
  - 4.1.1. Granulometría de agregados..... 36
  - 4.1.2. Resultados de la abrasión de los agregados gruesos ..... 41
  - 4.1.4. Diseño de Briquetas. .... 45
  - 4.1.5 Resistencia a la compresión4.1.5 Resistencia a la compresión ..... 47
  - 4.1.9. Principales mejoras de características ..... 83
- 4.2. Discusión de los resultados..... 84
- CONCLUSIONES..... 90
- RECOMENDACIONES ..... 92
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 93



### ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** Matriz de la Operacionalización de variables de investigación ..... 9

**Tabla 2** Granulometría de agregado grueso..... 37

**Tabla 3** Granulometría de agregado fino ..... 39

**Tabla 4** Abrasión de los agregados gruesos ..... 41

**Tabla 5** Propiedades mecánicas de los agregados MR de 15% y 85% de cantera Isla ..... 42

**Tabla 6** Propiedades mecánicas del agregado de concreto reciclado de 30% y 70% de cantera Isla ..... 42

**Tabla 7** Propiedades mecánicas del agregado concreto reciclado de 45% y 55% de cantera Isla ..... 43

**Tabla 8** Propiedades mecánicas del agregado de concreto reciclado al 100% ..... 44

**Tabla 9** Diseño de mezclas para los agregados MR de 15% y 85% de cantera Isla ..... 44

**Tabla 10** Descripción del Diseño de mezclas para los agregados MR de 15% y 85% de cantera Isla ..... 45

**Tabla 11** Diseño de briquetas de 4” diámetro y 8” de altura..... 45

**Tabla 12** Moldeo de briquetas de 4” x 8” para laboratorio. .... 46

**Tabla 13** Descripción del Diseño de mezclas para los agregados MR de 30% y 70% de cantera Isla ..... 46

**Tabla 14** Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 30% y cantera Isla 70% agregados ..... 47

**Tabla 15** Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 30% y cantera Isla 70% agregados –Polímero reciclado 5%..... 49



<b>Tabla 16</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 30% y cantera Isla 70% agregados –Polímero reciclado 10%.....	51
<b>Tabla 17</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 30% y cantera Isla 70% agregados –Polímero reciclado 15%.....	53
<b>Tabla 18</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 45% y cantera Isla 55% agregados .....	55
<b>Tabla 19</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 45% y cantera Isla 55% agregados –Polímero reciclado 5%.....	57
<b>Tabla 20</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 45% y cantera Isla 55% agregados –Polímero reciclado 10%.....	59
<b>Tabla 21</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 45% y cantera Isla 55% agregados –Polímero reciclado 15%.....	61
<b>Tabla 22</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 15% y cantera Isla 85% agregados –Polímero reciclado 15%.....	63
<b>Tabla 23</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 15% y cantera Isla 85% agregados –Polímero reciclado 5%.....	65
<b>Tabla 24</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 15% y cantera Isla 85% agregados –Polímero reciclado 10%.....	67
<b>Tabla 25</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 15% y cantera Isla 85% agregados –Polímero reciclado 15%.....	69
<b>Tabla 26</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto Cantera Isla .....	71
<b>Tabla 27</b>	Datos de resistencia a la compresión del concreto Reciclado .....	73
<b>Tabla 28</b>	Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 7 días de acuerdo a la normativa vigente ASTM C – 39.....	75



<b>Tabla 29</b>	Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 14 días de acuerdo a la normativa vigente ASTM C – 39.....	76
<b>Tabla 30</b>	Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 28 días.....	79
<b>Tabla 31</b>	Resumen de comportamiento de curado en la resistencia de compresión .....	81
<b>Tabla 32</b>	Mejora de propiedades .....	83



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Equipos de Laboratorio para determinar la resistencia a la compresión.....	36
<b>Figura 2</b>	Granulometría de agregado grueso .....	38
<b>Figura 3</b>	Granulometría de agregado fino .....	40
<b>Figura 4</b>	Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 7 días .....	76
<b>Figura 5</b>	Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 14 días .....	78
<b>Figura 6</b>	Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 28 días .....	80
<b>Figura 7</b>	Resumen de comportamiento de curado en la resistencia de compresión.....	82



## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se tiene como objetivo determinar la mejora del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  mediante el reusó de material reciclado de construcción y la adición de material polimérico provenientes de actividad de reciclaje como material agregado. La metodología utilizada para la presente investigación es de nivel explicativa, el enfoque es cuantitativo, de tipo aplicado, a lo cual se corresponde a un diseño de tipo experimental, en cuanto a la población de estudio comprende por briquetas de hormigón (convencionales y otras con adición de PET reciclado), el cual corresponde a 126 unidades, esto para experimentar su resistencia a la compresión, mientras que las técnicas de investigación utilizan la observación directa del experimento, sumado a las pruebas aplicadas en laboratorio y sus correspondientes instrumentos que con las fichas de campo y los registro de calidad suministradas por la entidades correspondientes donde se hacen los ensayos. Los resultados que se obtuvieron del concreto con una mejor resistencia se da con la combinación de 15% de material reciclado + 85% de agregado natural y 5% de polímero reciclado lográndose resistencias medias a la compresión de  $165.23\text{ kg/cm}^2$ ,  $174.92\text{ kg/cm}^2$  y  $220.99\text{ kg/cm}^2$ , para periodos de curado de 7, 14 y 28 días respectivamente, como resultados adicionales se ha logrado un  $10.99\text{ kg/cm}^2$  con un porcentaje de 5.23% de incremento del diseño de  $210\text{ kg/cm}^2$ , con respecto a materiales naturales empleados directo de cantera Isla, según diseño

**Palabras clave:** Concreto reciclado, PET reciclado, Pavimento rígido, Resistencias.



## ABSTRACT

In this research work, the objective is to determine the improvement of the design of rigid pavement with resistance  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  through the reuse of recycled construction material and the addition of polymeric material from recycling activity as an aggregate material. The methodology used for this research is explanatory, the approach is quantitative, of an applied type, which corresponds to an experimental design, as for the study population comprises concrete briquettes (conventional and others with the addition of recycled PET), which corresponds to 126 units, this to experiment its resistance to understanding, while the research techniques use the direct observation of the experiment, added to the tests applied in the laboratory and their corresponding instruments that with the field files and the quality records provided by the corresponding entities where the tests are carried out. The results obtained from the concrete with a better resistance are given with the combination of 15% recycled material + 85% natural aggregate and 5% recycled polymer, achieving average compression strengths of 165.23 kg/cm<sup>2</sup>, 174.92 kg/cm<sup>2</sup> and 220.99 kg/cm<sup>2</sup>, for curing periods of 7, 14 and 28 days respectively. as additional results, a 10.99 kg/cm<sup>2</sup> has been achieved with a percentage of 5.23% increase in the design of 210 kg/cm<sup>2</sup>, with respect to natural materials used directly from Isla quarry, according to design.

**Keywords:** Recycled concrete, Recycled PET, Rigid pavement, Resistance



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: "REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup>, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024", objetivo de determinar la mejora del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> mediante la reutilización de material como el concreto reciclado acompañado de polímeros que fueron también reciclado como material agregado.

La infraestructura vial en los últimos tiempos ha logrado ser un componente esencial para el desarrollo económico de toda región. Dentro de este contexto, los pavimentos de tipo rígido, es decir lo que usan concreto, tiene ventajas por su durabilidad y la gran capacidad de soportar enormes cargas. Pese a ello, la producción del concreto que es especialmente tradicional tiene un alto costo en especial sobre los recursos que se utilizan, lo que también deja una huella de carbono. Para reducir el impacto ambiental, se ha tenido énfasis en ideas de reutilización de materiales, es decir el concreto reciclado y algunos casos los polímeros reciclados, lo que implica elaborar las mezclas combinadas de concreto para pavimentos rígidos.

Entonces, la presente investigación está compuesta mediante capítulos, los que se resumen como sigue:

Capítulo I: Contiene el problema de investigación, preguntas y formulación, los objetivos y las hipótesis de estudio, describe parte de los problemas, la justificación y el desarrollo de conceptos de las variables, adicional a ello detalla las dimensiones y los indicadores de estudio.

Capítulo II: Contiene el marco teórico, donde se resumen las principales características de los estudios previos, es decir de los antecedentes de investigación, seguido a ello se realiza la conceptualización de cada variable, partiendo de sus



dimensiones e indicadores, luego de ello se resumen los principales términos en el marco conceptual.

Capítulo III: Resumen la parte de metodología de investigación centrándose en el tipo de investigación, el nivel, el diseño y demás. También se centra en la población y la muestra, además de establecer las técnicas e instrumentos de recolección de datos e información.

Capítulo IV: Presenta los resultados de la investigación, esto en base a los objetivos planteados y con ellos realiza una breve descripción

Luego de ello se presentan las conclusiones respectivas, con ello se hacen las recomendaciones del caso.

Para terminar, se presenta las fuentes y referencias, sumado a los anexos correspondientes.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Exposición de la situación problemática

En el contexto internacional, la industria de la construcción está centrado en el uso de medidas sostenible para la reducción del impacto ambiental. Estos avances se han presentado en países como Japón, Alemania, Estados Unidos y otros, en los que se ha aplicado estas técnicas sostenibles que básicamente consta en el reciclaje de materiales, como el concreto reciclado y el PET reciclado, todo ello ha permitido reducir la explotación de los recursos naturales y además de la reducción de residuos generados por actividades de la construcción. A ello, se suma la estrategia de inclusión de polímeros reciclados, que constan de plásticos triturados, lo que ha determinado mejora en propiedades como la resistencia y la durabilidad del concreto, lo que implica desarrollar la sostenibilidad en el área de construcción.

En lo referente, a la parte nacional, se han determinado normativas que promueven el uso determinado de materiales reciclados en la construcción, lo que implica que el uso medido de estas adiciones para la mejora de propiedades del pavimento rígido. Pero, se tiene resistencia por parte de empresas para su aplicación de estas estrategias, esto porque no se encuentran capacitados en estos temas y en algunos casos sobre la percepción de lograr una menor calidad de concreto debido a la adición de productos reciclados. En el caso específico de Perú, se han iniciado



algunos proyectos que incorporan el concreto reciclado en la construcción de pavimentos, es decir sobre las prácticas todavía no están generalizadas y esto enfrenta barreras relacionadas con la normativa y la disponibilidad que se tiene de materiales en el entorno.

A nivel local, se ha venido realizando estudios y experimentos, que implica la generación de residuos de construcción y sobre todo de la demolición que ha incrementado de forma significativa, lo que ha implicado crear un problema ambiental que requiere de soluciones sostenibles, el uso del concreto reciclado combinado con polímeros reciclados es una oportunidad de mejora en procesos de construcción, lo que a la vez permite la reutilización de residuos y sobre todo la mejoría de la sostenibilidad de los proyectos en regiones específicas.

Entonces, en la actualidad a pesar de los avances de investigación y sobre todo de la aplicación del concreto reciclado y la adición de polímeros que también son provenientes del reciclaje aplicado en diversos países, la implementación de estas estrategias en la construcción apropiada de pavimentos rígidos en el Perú y en especial a nivel local se ve limitada. Las empresas dedicadas a la construcción y las instituciones encargadas de regular estas actividades se han mostrado cautelosos en la adopción de estas prácticas, esto debido a las preocupaciones sobre la resistencia de un material reciclado y la durabilidad que se presenta, enfatizado la falta de estudios y pruebas que respalden la viabilidad de cada proyecto, es especial proyectos de gran escala. Entonces, se tiene la necesidad de realizar otras investigaciones y tener la validación por parte de ensayos técnicos sobre la aplicación de concreto reciclado esto acompañado de polímeros reciclados para el diseño de pavimentos reciclados con los polímeros reciclados esto aplicado para el correspondiente diseño de pavimentos rígidos con una resistencia mínima de al

menos 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que genera una garantía de cumplimiento de los estándares de calidad y sobre todo de la sostenibilidad que están requeridos para el sector vial.

## 1.2. Formulación del planteamiento del problema.

### 1.2.1. Problema general

**PG.** ¿Como es la mejora del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  por medio de la reutilización de concreto reciclado con la adición de polímeros reciclados como material agregado en la ciudad de Juliaca – 2024?

### 1.2.2. Problemas específicos

**PE1.** ¿Cuáles son las principales características del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024?

**PE2.** ¿Cuáles son las proporciones óptimas del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024?

**PE3.** ¿Cuáles son las variaciones del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024?

## 1.3. Justificación de la investigación

La justificación técnica del estudio parte del uso de materiales reciclados como el PET que es un polímero o conocido como plástico y de concreto reciclado para la generación de un pavimento rígido que tenga muchas más resistencias que los concretos convencionales, además con ello promocionar las prácticas en el sector de construcción más eficientes y sostenibles. Además, se tiene la idea que el pavimento flexible es más económico que el rígido en las primeras etapas, pero el rígido tiene



una ventaja que no requiere de mucho mantenimiento respecto al flexible y que el valor del pavimento rígido a largo plazo es menor que el proceso de asfaltado.

La justificación metodológica parte desde la aplicación de métodos experimentales y comparativos que permiten analizar las propiedades del concreto reciclado con adición de polímeros reciclados. Lo que significa que se deben de realizar ensayos en laboratorios para evaluar propiedad como la resistencia a la compresión, durabilidad y otras propiedades mecánicas propias del concreto. Asimismo, se deben de utilizar los modelos de simulación para la proyección del desempeño a largo plazo de pavimentos construidos con este tipo de concreto. La metodología permite también validar la viabilidad técnica sobre la solución y la generación de recomendaciones para la implementación a nivel local y nacional.

En tanto, la justificación teórica, se enfoca en que el estudio contribuye al conocimiento sobre el uso de materiales reciclados en la construcción de la infraestructura. La investigación también permite aplicar teorías de sostenibilidad y gestión de residuos, lo que permite aporta de forma empírica las pruebas y ensayos de las propiedades mecánicas del concreto con adición de elementos reciclados. Lo que permite el desarrollo de nuevas investigaciones y la innovación de método de construcción de pavimentos más sostenibles.

La justificación práctica se centra en el uso del concreto reciclado con la adición de polímeros provenientes de actividades de reciclaje en pavimentos rígidos, además con ello se reduce el impacto ambiental, se reducen la producción de residuos de la construcción y reducción del uso de recursos naturales. A ello, se suma la idea de la implementación de materiales económicos a largo plazo para las constructoras, La investigación por tanto ofrece una solución práctica y sostenible para el diseño de

infraestructura vial, esto tomando en consideración las necesidades y el impacto ambiental que puede generar las actividades y procesos de construcción.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

**OG.** Determinar la mejora del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  por medio de la reutilización de concreto reciclado con la adición de polímeros reciclados como material agregado en la ciudad de Juliaca – 2024

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

**OE1.** Conocer las principales características del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024

**OE2.** Verificar las proporciones óptimas del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024

**OE3.** Evaluar las variaciones de propiedades diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024

#### **1.5. Importancia y alcance de la investigación**

En lo referente a la importancia del estudio sobre la reutilización de concreto reciclado adicionado con polímeros reciclados en el diseño de pavimentos rígido para una resistencia de  $210\text{kg/cm}^2$  es de suma importancia a nivel ambiental, a la vez influye en la reducción de inversión y ahorro económico. Es decir, este enfoque promueve las políticas de sostenibilidad en actividades de construcción, lo que reduce la extracción de agregados y recursos naturales, a la vez reduce la generación de residuos. A todo ello, la adición de polímeros reciclados que generalmente son



plásticos desechados, permite dar una segunda utilización de estos materiales, lo que implica la reducción de agentes contaminantes en el ambiente como es el caso de los plásticos.

De la perspectiva económica, la reutilización de materiales reciclados permite reducir los costos asociados a la compra de materias primas, lo que se considera enorme en proyectos grandes, en especial para pavimentos viales. La investigación por ello influye directamente en la generación de políticas y normas que motiven el uso de materiales sostenibles, es decir de la transformación y modernización de la industria de la construcción hacia una dirección más amigable con el ecosistema y el medio ambiente.

Por tal motivo, la investigación permite generar también un impacto social, lo que mejora la durabilidad de las vías, siendo ello un beneficio directo para las comunidades, ya que les brinda de infraestructura eficiente y de mayor duración, a la vez reduce los costos de mantenimiento e incrementa la seguridad vial.

En lo referente al alcance del estudio, se enfoca en la evaluación técnica de la mezcla de concreto reciclado el cual es adicionado con polímeros reciclados, para la constitución de un pavimento rígido, para ello se debe considerar características como:

- La evaluación técnica, que implica las pruebas y ensayos de resistencia a la compresión y la durabilidad, esto debe tener cumplimiento de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> especificado para pavimentos viales.
- La mejora de diseño de mezcla, lo que implica la optimización de las proporciones de concreto y polímeros reciclados, dentro de la composición del producto final.



- La comparación de las propiedades mecánicas de esta composición de concreto reciclado con las de concreto convencional.
- El impacto ambiental, asociado al análisis del ciclo de vida del concreto reciclado, lo que incluye la reducción de residuos y sobre todo de las emisiones de carbono.
- El estudio de la viabilidad económica, lo que implica el análisis de costos beneficios de la utilización de materiales reciclados en vez de materias tradicionales.

## 1.6. Limitaciones y delimitaciones de la investigación

Con lo referente a las limitaciones, se cuenta con la disponibilidad de materiales, lo que implica el acceso a concreto reciclado y polímeros reciclados, el cual si existe en la ciudad de Juliaca. En cuanto a la normativa vigentes, se tiene limitaciones del uso de materiales reciclados en obras viales, lo que afecta de alguna manera su aplicación directa en proyectos viales, En relación a la resistencia estructural, se analizara la resistencia en base a  $210 \text{ kg/cm}^2$ , lo que implica que haya posibilidad de que no se logre el objetivo y que se tenga de realizar múltiples ensayos para lograr este objetivo. En relación a las condiciones ambientales, las propiedades del concreto reciclado varían de forma importante por el factor clima, lo que afecta el comportamiento bajo diversas condiciones.

En relación a las limitaciones, el estudio se centra en Juliaca, pero puede ser aplicado bajo estas condiciones en diferentes localidades de la región Puno o del país, siendo un estudio de pruebas con control, se puede estimar con resultados reales en pavimentación tipo rígida. Con relación a la escalabilidad, los resultados de ensayos en laboratorio pueden varían en grandes obras, lo que hace que sea algo arriesgado su aplicación en dichos proyectos. En lo que implica el tiempo de implementación, el estudio se hace en términos de realizar un seguimiento adecuado



para asegurar su durabilidad a largo plazo, es decir sobre el concreto reciclado.

Siendo esto materia de otras investigaciones posteriores a este.

## 1.7. Hipótesis de estudio

### 1.7.1. Hipótesis general

**HG.** El diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  mejora considerablemente por medio de la reutilización de concreto reciclado con la adición de polímeros reciclados como material agregado en la ciudad de Juliaca – 2024

### 1.7.2. Hipótesis específica

**HE1.** Las principales características del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados es fácil de reconocer en la ciudad de Juliaca – 2024

**HE2.** Las proporciones del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , se pueden optimizar con la combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024

**HE3.** Las variaciones de propiedades del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , se ha incrementado con la combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024

## 1.8. Variables e indicadores

### 1.8.1. Conceptualización de variables

VI: Variable Independiente: Concreto reciclado

VD: Variable Dependiente: Pavimento rígido



## 1.8.2. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Matriz de la Operacionalización de variables de investigación*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	TIPO DE VARIABLE
Concreto reciclado	Composición de mezcla	Proporción de PET reciclado	%	Razón
		Proporción de agregado reciclado	%	Razón
	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	Nominal
	Durabilidad	Absorción de agua	%	Razón
Pavimento rígido	Resistencia estructural	Resistencia a la flexión	kg/cm <sup>2</sup>	Nominal
		Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	Nominal
		Resistencia a la tracción	kg/cm <sup>2</sup>	Razón



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

##### 2.1.1. A nivel internacional

En el estudio desarrollado en Ibagué – Colombia por (Suárez, 2020), sobre el tema de: “Estudio de la factibilidad para la producción de adoquines no convencionales a partir de la reutilización del polietileno de baja densidad en la ciudad de Ibagué”, el cual proporciona el estudio de factibilidad de la adición de material reciclado en elementos estructurales, para la reducción de generación de residuos dentro de la ciudad. La investigación surge bajo la necesidad de presentar una alternativa de solución en el tema de construcción, esto adicionado nuevos materiales con adición de material reciclado, lo que genera un equilibrio en el medio ambiente. Dentro de las conclusiones se ha determinado que el producto tiene un 74% de aceptación por parte de los encuestados, además se ha determinado un valor óptimo de 25% de plástico y un 75% de arena como combinación para la producción de adoquines para la construcción. Entonces, es factible la reutilización de elementos o materiales que son desechos como el polietileno de baja densidad para a la producción de adoquines y darles una segunda oportunidad a productos similares, a la vez reducir el índice de contaminación de la ciudad.



En el estudio realizado en Cuenca – Ecuador por (Tipán, 2023) sobre el tema de la: “Evaluación estructural y diseño de la rehabilitación del pavimento asfáltico, empleando una base asfáltica reciclada con cemento, en la carretera Macas – Sinaí, ubicada en la provincia de Morona Santiago”, en la cual se analizó la necesidades de generar estrategias aplicables con el medio ambiente, es decir en actividades de la conservación y el mantenimiento de infraestructura vial. El problema se enfoca en desarrollar una composición granular con una porción de PET procedente de botellas de PET reciclada, lo que implica lograr mejor estabilidad, una mayor resistencia, el cuidado del medio ambiente y promover actividades de reciclaje y reutilización de materiales que ya son desechados. El proceso de investigación se basa en fase como el reconocimiento del lugar, el desarrollo de las evaluaciones del pavimento, en la que se deben de evaluar la función del pavimento, la geotécnica del pavimento, la evaluación de la estructura de los pavimentos, la fase de interpretación de datos y las conclusiones y recomendaciones correspondientes. Como conclusiones se ha tenido que el estudio reduce los efectos negativos en el medio ambiente, la reducción de costos elevados en la materia prima y reducción de actividades de mantenimiento.

En otro estudio realizado en Cundinamarca por (Valbuena, 2021), sobre el tema de: “Diseño y prototipaje de adoquín de bajo tráfico vehicular tipo gramadoquín usando plástico de alta densidad reciclado tipo HDPE”, en la cual se tiene la idea que lograr un aprovechamiento de los residuos con fines de reutilizados y reducir con ello el impacto ambiental de las actividades de construcción. La metodología de investigación parte de un estudio experimental, en el cual se debe de recolectar los residuos HDPE por medio del reciclaje, el cual entrara en un proceso de triturado, lavado y clasificado esto para estandarizar sus características y adicionarlas en el proceso de producción de gramadoquín. Para ello se debe tener un diseño



metodológico que parte de producir un adoquín, el cual tiene una resistencia, tiene una propia idea de compactación y muestra una viabilidad económica en su implementación, siendo los materiales reciclados. Dentro de las herramientas para la recolección de información es el análisis de las investigaciones previas y el análisis comparativo y los instrumentos de investigación es el equipo de concretos, balanzas, equipos de compresión y otros equipos de laboratorio. En tanto, se concluye que la resistencia de prototipos finales tiene un parámetro dentro de las normativas, pero tiene una nula adsorción de agua, es decir el adoquín con adición de plástico HDPE, tiene mejor contribución con el medio ambiente, es mejor resistente y tiene un 90% de material reciclable, pero no es recomendable como asfalto debido a que se tiene repulsión de agua por parte de las partículas de plástico.

En otro estudio realizado en Huila - Ecuador por (S. Vargas, 2023), sobre el tema de: "Uso Potencial del Concreto Reciclado en el Desarrollo de Materiales para la Construcción", en el cual se tiene el objetivo de conocer la viabilidad del uso de materiales reciclado para proceso de construcción, siendo este un estudio de tipo exploratorio, el cual ha determinado el análisis y procesamiento de la literatura sobre el tema correspondiente. Dentro de sus hallazgos se resalta la reducción de uso de recurso naturales, esto a medida que se reutilicen materiales de construcción, además de la reducción de residuos y la mejora de gestión de residuos, otro factor importante es la reducción de costos, el ahorro de agua, entre otros. Entonces, el concreto reciclado ha contribuido de forma significativa en la sostenibilidad ambiental, esto a par que reduce la extracción de recursos naturales, a la vez, se minimizan las emisiones de gases de efecto invernadero, todo ello comparado con los procesos convencionales.



En el estudio realizado en Riobamba - Ecuador (Balla & Yupa, 2023), sobre el tema de "Comportamiento mecánico y durabilidad de un hormigón reciclado con fines estructurales en el Ecuador. Un estudio de revisión", en el cual se hace estudio de los casos de éxito de la aplicación de recursos reciclables en construcción, como son el caso de plásticos, vidrios y otros que sustituyen en porcentajes menores a agregados convencionales, generándose una alternativa sostenible para la construcción. La metodología se centra en el análisis de datos característicos de la mecánica y física de concreto, así como sus otras propiedades. Es importante rescatar que de los 55 artículos analizados se ha encontrado similitud de resultados de incremento de resistencia del concreto con la adición de algún material reciclado, esto hasta valores de 50% como adición de material reciclado, pero esto constituye una reducción del 10% de absorción de agua frente a método convencionales. Para los casos de agregado de PET los valores comprende de 5 a 25% que permite lograr 21 MPa y mejora en propiedades como la flexión, para el caso del caucho se tienen experimentos de 2 y 6% en la sustitución de agregado convencional y para el caso de vidrio de tiene estudio de 10 a 40% como material sustituto, lo que implica lograr una mayor resistencia a la compresión de valores hasta 28 MPa. Como conclusión, se tiene los materiales reciclados permiten incrementar la durabilidad del concreto esto en función del porcentaje que se añade, además se debe tomar en consideración las relaciones de agua y cemento que tiene rangos de 0.45 a 0.62, y otro factor influyen es la edad de curado.

### **2.1.2. A nivel nacional**

En el estudio desarrollado en Ayacucho por (E. Quispe, 2022), sobre el tema de: "Formulación de pavimento rígido utilizando Concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, Región Ayacucho", en el cual se ha tenido el objetivo de



diseñar un pavimento rígido que permita mezclar concreto reciclado, para ello se ha utilizado briquetas de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de composición de residuos que provienen de actividades de la construcción y actividades afines como la demolición como agregado grueso, obteniéndose valores de Slump de 3.5 a 3.8, con una resistencia a la compresión de 210 kg/m<sup>2</sup>, lo cual cumple con la normativa actual. Para valores de agregado reciclado superior al 50% la resistencia cae por debajo de lo establecido, lo que es recomendable tener composición de material reciclado menor a ese porcentaje.

En el estudio hecho en Lima por (Valer, 2020), en el cual se trató el tema de: "Mejoramiento en el Diseño de un Pavimento Rígido Incorporando Fibras de Plástico PET Reciclado, 2020", en la cual la investigación se centró en el objetivo de optimizar el nivel de rendimiento de las propiedades de concreto por adición de PET como elemento reciclado, lo que implica mejorar las condiciones de pavimento rígido, para ello se han analizado proporciones de material reciclado de 2%, 5% y 7.5% que han demostrado incremento importante en las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto, en estos experimentos se ha determinado que el 5% de material PET reciclado ha mostrado mayor resistencias a la compresión en un 13.42% y mejora del 22.09% en relación al concreto estándar. Es decir, los resultados se han determinado por medio de ensayos AASTHO-93 para la elaboración y diseño apropiado de pavimento rígido, en el cual el espesor de concreto es de 23cm y del reforzado es de 20cm, obteniendo con ello una reducción de 3cm y con ello también se reduce los costos. A todo ello, se suma que la idea que reducir el impacto ambiental al reutilizar residuos como el PET, permite incrementar las propiedades mecánicas de las infraestructuras viales, para el caso de pavimento rígido, el cual se ha estudiado.



En el estudio realizado en Cajamarca por (Vasquez, 2014), en la cual se trata el tema de: "Efecto de las adiciones de plástico reciclado en diferentes porcentajes, en las propiedades mecánicas del concreto, acorde a los resultados obtenidos en anteriores investigaciones, Cajamarca 2021", en el cual se trata de determinar los efectos de adicionar plástico reciclado en el concreto y sus alteraciones en sus propiedades mecánicas, esto en base a la revisión literaria. La metodología de investigación parte por el nivel descriptivo, el tipo aplicativo, cuenta con un diseño no experimental, dentro de los instrumentos utilizados se tiene las fichas técnicas de recolección de información y datos y los resultados de ensayos que se hacen en laboratorio. Dentro de los resultados se tiene la experimentación de materiales adicionales como el PVC, HDPE, PP y PET, como reemplazo del agregado, lo que ha determinado un efecto directo y positivo a la resistencia de la compresión, también se ha visto incremento en lo positivo en la tracción y la flexión. además de la mejora de resistencia. Se ha determinado que el plástico con un valor del 10% o menor a ello como agregado natural, logra un 25% de incremento de resistencia al concreto, lo que implica una mejora en los productos finales.

En el estudio realizado en Lima por (Bustamante & Salazar, 2022) sobre el tema de: "Diseño de un pavimento rígido incorporando concreto reciclado en el Centro Poblado de Yacango, Distrito de Torata - Moquegua 2022", en el cual se ha optado como objetivo de determinar los efectos de material agregado reciclado en el diseño de concreto rígido. Para ello se ha tomado como enfoque de investigación el cuantitativo, de tipo aplicado, además con nivel explicativo y en el caso de variables el diseño experimental. La población es de 24 briquetas, las técnicas utilizadas con de análisis documental como medio secundario y la observación como opción primaria, todos los instrumentos son calibrados por laboratorio certificado, La



investigación se hace en base al diseño de pavimento rígido es decir en base a AADTHO 93, el cual contiene un espesor de 150mm y una sub base de 150 mm. Se ha tenido resultado en 28 días de valores de resistencia a la compresión de 289.599 kg/cm<sup>2</sup>, con material agregado reciclado del 20% se tiene un vslor de 242.692 kg/cm<sup>2</sup> con el 30% un valor de 221.278 kg/cm<sup>2</sup> con el 40% un valor de 239.633 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, todos los resultados han logrado cumplir con la normativa de 210 kg/cm<sup>2</sup>, es decir que se puede aplicar en casos reales, lo que hace que se reduzca el consumo de recursos naturales, así como lograr el incremento de la resistencia a la compresión, bajo estos diseño y metodologías.

En el estudio realizado en Abancay por (Castro, 2021a) sobre el tema de: "Determinación y evaluación del comportamiento mecánico del concreto mediante adición de plástico reciclado (PET) en la construcción de edificaciones para la ciudad de Abancay", en la cual se ha identificado el objetivo de evaluar el comportamiento de adicción de PET reciclado enfocado en la resistencia de concreto, el cual tiene un estándar de 210 kg/cm<sup>2</sup> como dato de resistencia a la compresión. Se realizó ensayos con composiciones de 5%, 10% y 1% de agregado fino, lo cuales se analizan para ver el grado de incremento de la resistencia a compresión bajo esos parámetros, entonces, se constituye una premisa sobre de material reciclado en cuanto más sea su proporción se tenga reducción en la resistencia a la compresión, es decir lo que implica que se debe tener un resultado óptimo sobre el valor de material reciclado, es decir que la resistencia a la compresión ha sufrió un aumento del 65.52% en la primera semana y estableciendo su valor al 88.78% en la cuarta semana, siendo el valor óptimo para el PET de 15%, siendo los valores de 46.35% para la primera semana y 63.64% para la cuarta semana.



### **2.1.3. A nivel local**

En la investigación realizada en Juliaca por (R. Quispe, 2023), "Influencia del agregado grueso proveniente del caucho de neumático reciclado en el concreto de cemento portland convencional", en el cual se analiza los porcentajes de adición de caucho de neumático en la resistencia de compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto referente al hormigón convencional y la su combinación con cemento. La metodología de investigación parte de un enfoque cuantitativo, de tipo deductiva, a nivel explicativo, de diseño cuasi experimental. Siendo la población de estudio 45 unidades, de las cual se han analizado 9 de ellas con una sustitución de material convencional con un 0%, 5%, 10%, 15% y 20% con material plástico. Para la recolección de datos, previamente se han utilizado procesos para acondicionamiento de material reciclado, los cuales serán analizados en ensayos de laboratorio y sometidos a esas pruebas, de las cual se han obtenido como resistencia de 198.3, 173, 161 y 135.3 kg/cm<sup>2</sup>, lo que son valores por muy debajo de los establecido del 210 kg/cm<sup>2</sup>. Entonces, como conclusión, se tiene los daros encontrado poseen un descendiente porcentaje de cumplimiento con el valor estándar, lo que implica que se debe tomar algunos aditivos más para elevar el valor de resistencia y buscar con ello, otros materiales.

En el estudio desarrollado en Juliaca por (R. Mamani, 2024) en sus estudio de: "Incidencia de la adición del aditivo Nanosilice y fibras de vidrio en diversas dosificaciones sobre la propiedad mecánica del concreto convencional en la provincia de San Román", sobre el cual se tiene el objetivo de evaluar la influencia del aditivos en la resistencia del concreto. Para lo cual se ha centrado en la aplicación de ACI 211.174, como referencia de mezclas. Para la fase de experimentos se ha aplicado el ensayo en 90 briquetas según establecido las NTP, en la cual se ha adicionado Nanosilica en proporciones de 1% y 1.2% y fibras de vidrio en porcentajes de 1% y



1.5%, lo que ha elevado la resistencia a 216.70%, mientras que se ha tenido influencia positiva de los aditivos frente los procedimientos convencionales. Entonces, se tiene como porcentajes óptimos la de 1.2% de Nanosilica y 1.5% en lo referente a fibra de vidrio, lo que incrementa de forma importante la resistencia del concreto, y demás propiedades mecánicas.

En otra investigación realizada en Juliaca por (Salas, 2024), el cual trata sobre el tema de: "Incidencia del empleo de grafito en polvo y aditivo incorporador de aire sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto convencional en la ciudad de Juliaca", en el cual se tiene el objetivo de determinar el efecto que tiene la adición de grafito en polvo y aditivos en la propiedades mecánicas del concreto. La metodología parte por un estudio experimental y aplicativo, en el cual se tiene 180 muestras según las normas NTP, de las cuales se tienen adiciones de 3% y 4% de polvo e grafito y del incorporador de aire en un 0.05% y 0.10%. Los ensayos de prueba se realizan por una muestra de patrón de agregados que se encuentra en la cantera de Isla. Dentro de los resultados se ha observado una reducción en la trabajabilidad por la adición de grafito, mientras que pasa lo contrario con la adición de aditivos que incrementan este valor. Dentro de los resultados óptimos se ha tenido un valor de 4% para el grafito que ha logrado un valor de 230.53 kg/cm<sup>2</sup> y en 0.10% para la dosificación de aditivo incorporador.

En el realizado de la investigación en Juliaca por (Nina, 2023) sobre el tema de: "Influencia de las fibras recicladas de polietileno tereftalato en las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico en el distrito de San Miguel", en el cual se ha tenido el objetivo de determinar el efecto de la incorporación de fibras PET recicladas para mejora de propiedades como la resistencia de concreto. La metodología parte por un enfoque cuantitativo, de tipo aplicativo, en la cual se emplea



un diseño cuasi experimental, en la cual se incluyen patrones y muestras con composiciones de fibras PET de valores de 2%, 4% y 6% respectivamente. Los resultados se centran en un estudio de 28 días en el cual los valores han determinado un incremento del 107% en los valores de flexión y un incremento del 118.6% en lo relacionado con la resistencia a la compresión, sin embargo, se han tenido resultado de reducción en la trabajabilidad. En conclusión, la adición de 2% de fibras PET permite un incremento importante en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, lo que hace que el uso de materiales reciclados sea factible tanto económicamente y sostenible en el medio ambiente, lo que lo hace también rentable en la industria de la construcción.

## **2.2. Bases teóricas**

En el sector de construcciones el uso de materiales reciclados ha logrado una tener una importancia significativa en las últimas décadas esto por la necesidad de reducir el impacto ambiental y la promoción de la sostenibilidad. Dentro de este contexto, se ha tenido la incorporación de los plásticos reciclados, es especial el uso de tereftalato de polietileno (PET), que es adición en la construcción de infraestructura de concreto como medio de solución para la innovación y para la reducción de desechos y con ello la mejora de algunas de las características del concreto.

### **2.2.1. Concreto reciclado con PET adicional**

Es un material aplicado en la construcción de compuesto que generalmente se constituye por agregados de arena y grava y en algunos casos especiales con la adición de aditivos que suelen mejorar sus propiedades mecánicas (Agip & Bustamante, 2022) . El concreto se evalúa según sus características de compresión durabilidad y con ello soportar cargas pesadas, lo cual es muy aplicativo en la construcción de pavimentos, puentes y demás infraestructura (Valer, 2020). A todo



ello, la producción de concreto convencional produce un alto impacto en el ambiente esto por el consumo de recursos naturales y sobre todo la emisión de CO<sub>2</sub> que es generado en la producción de la materia prima que es el cemento (Corimanya & Cristobal, 2023) .

En este contexto el uso de PET el cual es un tipo de plástico que es usando de forma frecuente en producción de consumo. Su amplia aplicación a llevado a la acumulación significativa de estos residuos, lo que genera un problema importante a nivel ambiental, ya que contamina especialmente el suelo y el agua (en ríos y océanos). Se tiene millones de toneladas de PET anualmente, de la cual se recicla una mínima parte (Castro, 2021b).

La gestión deficiente de estos residuos ha generado la necesidad de idear alternativas para el uso de PET de una forma más sostenible, dentro de ellas podemos citar el uso de PET en actividades de construcción (Cabrera, 2021).

Entonces, el pavimento de concreto rígido es una estructura diseñada para el soporte de cargas debido al tránsito de vehículos, y se tiene la forma de distribuirá de forma uniforme sobre la subrasante (Soto, 2024). Dando sus principales características que tiene alta resistencia, mayor durabilidad y bajo costo de mantenimiento lo que implica convertirla en una opción preferida pata el diseño pistas en aeropuertos, carreteras y otras áreas de alto tránsito pesado (R. Quispe, 2023).

#### **2.2.1.1. Reutilización de PET en concreto rígido**

La adición de PET en la mezcla de concreto ha surgido como una solución en cuanto a la disminución de impacto en el medio ambiente y mejorar ciertas propiedades del material (Corimanya & Cristobal, 2023). El PET puede ser utilizado en forma de fibras, agregado o mediante sustituto parcial de cemento, esto en función de cómo se integre en la mezcla (Castro, 2021b). Entonces este enfoque constituye

a la economía circular, lo que implica que se debe de transformar el residuo plástico en un recurso útil para nuevos procesos constructivos.

### **2.2.1.2. Propiedades del PET reciclado en el concreto**

Dentro de las propiedades el PET reciclado en el concreto, según (R. Quispe, 2023), esto actúa en base a su estructura, como es el caso de:

- Las fibras de PET generan una mejor resistencia a la tracción, a la vez reducen la formación de grietas e incrementan la durabilidad. Es por ello que las fibras actúan como un refuerzo, distribuyendo mejor la tensión interna en el concreto (Soto, 2024).
- Lo agregado de PET, el cumplen el papel de reemplazo parcial de los agregados finos, como el caso de arena, esto permiten reducir el peso del concreto, volviéndolo más ligero y de fácil manejo para algunas aplicaciones (N. Sanchez, 2023).
- El PET como sustituto del cemento, en algunos casos se ha utilizado como reemplazo parcial del cemento, pero no se tiene analizado los efectos a largo plazo, esto para sus propiedades de durabilidad y de resistencia (Encajima, 2022).

### **2.2.1.3. Beneficios de la reutilización de PET en el concreto rígido**

Los beneficios de la estrategia de reutilizar el PET son:

- La reducción de los residuos plásticos, lo que implica la incorporación de material como PET reciclado en el concreto, esto a la vez reduce la cantidad de plástico que generalmente contamina el medio ambiente, lo que a la vez permite la mitigación de la contaminación (Quispe, 2023).
- La mejora de la resistencia a la tracción y mejora de durabilidad, la acción de añadir fibras de PET logra reducir la formación de microgrietas en el concreto, lo que mejora su resistencia a la tracción y prolonga su vida útil (Cabrera, 2021).



- El ahorro de recursos naturales, el uso de PET como material agregado permite reducir el uso de materiales primarios, como grava y arena, lo que permite conservar los recursos en su forma natural (Soto, 2024).
- La reducción de costos, el uso de PET reciclado permite reducir costos, esto en base a la disponibilidad de material reciclado, además de ser económicos en comparación con la forma de preparar los agregados en su proceso tradicional (Sanchez, 2023).

#### **2.2.1.4. Consideraciones para la reutilización de PET en el concreto rígido**

Dentro de las consideraciones para el proceso de reutilización de PET en el concreto rígido, se tiene:

- La compatibilidad que tiene el PET con el concreto, lo que implica que existe posibilidad que
- debido a las propiedades hidrofóbicas del plástico pueden influir en la adherencia y la cohesión que tiene la mezcla, lo que implica el uso de tratamientos adicionales para la mejora de la compatibilidad (Quispe, 2023),
- La variabilidad que se tiene de la calidad del PET reciclado, el cual varía de forma significativa según su procedencia y según el proceso que se hace en su reciclaje, lo que implica que existe afectación directa en las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto (Soto, 2024).
- Las normativas y los estándares, que implica que no se tiene estandarizado las normas sobre materiales reciclados, lo que debe imitarse en la adopción de las tecnologías y criterios de otros países, puesto que ellos si los aplicaron en la realidad (Vargas, 2022).

### **2.2.2. Pavimento rígido**

El pavimento se compone de una losa de concreto, que pueden incluir varias capas para la mejora de su desempeño, el cual está diseñado bajo más normas de un país (Burga & Goicochea, 2024). El diseño adecuado del pavimento rígido permite considerar directos factores, como la calidad de materiales, el espesor de la losa, el clima, las condiciones de tráfico y sobre todo la vida útil que se espera de la infraestructura (Saucedo et al., 2021).

#### **2.2.1.1. Características del pavimento rígido**

El pavimento de concreto rígido posee características específicas que las diferencias del tipo asfálticos:

- Alta resistencia a la compresión, el cual está enfocado en soportar cargas pesadas sin que se produzca deformación, útil para carreteras que presentan un alto tráfico pesado y frecuente (Cabrera, 2021).
- Durabilidad, el cual implica que el concreto debe de durar por lo menos 30 años con un tipo de mantenimiento correspondiente, lo que lo hace ventajoso en comparación con los pavimentos asfálticos (Vargas, 2022).
- Poca frecuencia de mantenimiento, pese a que la inversión inicial es alta para el tipo de pavimento rígido los costos de mantenimiento son bajos a largo plazo, ya que se tiene una infraestructura que requiere de menor reparación y que tiene una resistencia natural ante situación de desgaste (Burga & Goicochea, 2024).
- Rigidez, el concreto suele distribuir las cargas en el área amplia lo que reduce el refuerzo sobre la subrasante (Quispe, 2023).
- Otra de las propiedades es la resistencia al calor, lo que implica que no se ablanda en comparación con el asfalto, lo cual ayuda a preservar sus propiedades antes eventos climáticos (Burga & Goicochea, 2024).

### 2.2.1.2 Normativas para el diseño de pavimentos rígidos

Para el caso de Perú, la normativa de diseño de pavimentos recae en el Ministerios de Transportes y Comunicaciones (MTC) (R. Quispe, 2023), el cual cuenta con un Manual de carreteras: suelos, geología, geotécnica y pavimentos, de las cuales se tiene algunos puntos importantes que son (Saucedo et al., 2021):

- Determinación del espesor de la losa, lo que implica que se debe tener un análisis correspondiente de las características del suelo de subrasante, así como de los materiales de la capa de base, (Cabrera, 2021)
- Propiedades del concreto, lo que determina un estándar en la resistencia mínima a la compresión del concreto en un valor de 210 kg/cm<sup>2</sup> esto aplicado para los pavimentos rígidos (Restrepo & Navarro, 2021).
- Sistema de drenaje y modo de juntas, lo que implica que se debe de considerar las juntas de dilatación, así como el método de drenaje de agua, para evitar el daño en el pavimento (Sanchez, 2023).

Dentro de las normas internacionales, se pueden distinguir las de uso frecuente para pavimentos rígidos, siendo estas normas las siguientes:

- AASTHO, la encargada de proporcionar las guías para el diseño de pavimentos rígidos, el cual es proveído por los Estados Unidos, el cual se centra en el estudio de tráfico, las condiciones climáticas y las propiedades de materiales, lo que establece una referencia para los métodos de cálculo de espesor de las losas (Soto, 2024).
- Los Eurocódigos, los cuales son aplicado en Europa para el diseño de pavimentos, en ello se establece los criterios necesarios para la selección para los materiales, el tipo de diseño estructural y el análisis de la durabilidad (Cavalcanti Hinojosa Abad, 2022).

- El manual de diseño de pavimentos, el cual establece las directrices para aplicar en lo referente a cambios climáticos y estudios de tráfico lo que permite diseñar bajo condiciones diversas a nivel mundial (Soto, 2024).

### **2.2.2.3. Materiales para pavimentos de concreto rígido**

Dentro de los principales materiales utilizado para el diseño de pavimento rígido se pueden encontrar:

- El concreto, el cual permite darle resistencia a la infraestructura, la cual soporta cargas del tráfico y responde a las condiciones climáticas, posee una resistencia a la compresión la cual como valor mínimo debe ser de 210kg/cm<sup>2</sup> (Cabrera, 2021), esto dependiendo del tipo de tráfico que se tiene. Adicional a ello tiene su propia dureza y resistencia al desgaste (A. Vargas, 2022), a los efectos del agua y el daño que es causado por efecto de congelación y climas fríos (Cavalcanti Hinostroza Abad, 2022). Además, posee una trabajabilidad lo suficiente para facilitar su colocación y su compactación, sin alterar o afectar su resistencia (Cabrera, 2021).
- Agregados, son componentes esenciales del concreto que permite lograr un mayor volumen, esto deben de asegurar una alta resistencia y durabilidad del pavimento, se pueden distinguir dos tipos uno fino y otro grueso.
- el primero posee una granulometría controladas y debe estar libre de impurezas, mientras que los segundo deben de poseer dureza y tamaño uniforme, lo cual debe asegurar la resistencia al desgaste (Cavalcanti Hinostroza Abad, 2022).
- Aditivos y refuerzos, los cuales modifican ciertas propiedades del cemento para mejor trabajabilidad, en otros casos afectan en el retardo de fraguado y permiten incrementar la resistencia a la congelación, en cuanto a los refuerzos esto comúnmente se suelen usar barras de acero o fibras, lo que permite controlar el agrietamiento y mejorar la resistencia a la flexión (Sanchez, 2023).

#### **2.2.2.4. Consideraciones estructurales para el diseño de pavimentos de concreto rígido**

El diseño de un pavimento permite el cálculo de espesores apropiado de la losa de concreto, lo que permite soportar de forma óptima las cargas del tráfico esto a lo largo de su vida útil, para ello se debe considerar:

- El análisis de tráfico, en el cual se han establecido el volumen y el tipo de tráfico, lo que permite analizar las cargas de vehículos pesados y ligados, entre otros, lo que se establece con la frecuencia de tránsito (Monrroy, 2022).
- Las condiciones de la subrasante, lo que implica que se puede determinar el espesor del pavimento (Burga & Goicochea, 2024).
- El clima, para ello se debe considerar las condiciones climáticas, la temperatura y las precipitaciones que afecta el comportamiento del concreto, esto también incluye el medio de drenaje de aguas y las juntas de las dilataciones (Fernandez, 2019).

### **2.3. Marco conceptual**

#### **2.3.1. ASSHTO**

Acrónimo de American Association of State Highway and Transportation Officials, que establecer las normas para el diseño de pavimentos en los EEUU, dentro de ello se incluye el de tipo pavimento rígido (Adrianzen et al., 2022).

#### **2.3.2. Absorción de agua**

Característica del cemento que mide su capacidad para la absorción de agua, está relacionada con la durabilidad y porosidad del material (Quispe, 2023).



### **2.3.3. Agregados**

Considerado como materiales granulares que pueden ser de tipo grueso o fino, como el caso de grava, piedra triturada y área, que se suelen mezclar con cemento y agua para formar el concreto (Bailón & Huatuco, 2021).

### **2.3.4. Aditivos**

Son sustancias especiales que se añaden al cemento para la modificación de las propiedades, como el tiempo de fraguado, resistencia al frío, durabilidad y trabajabilidad (Contreras & Ríos, 2021).

### **2.3.5. Concreto rígido**

Es un tipo de pavimento que se utiliza para las losas de concreto, estas soportan cargas pesadas, se caracterizan por su alta resistencia a la compresión y durabilidad a largo plazo (Obando, 2022).

### **2.3.6. Durabilidad**

Es la capacidad de concreto para resistir las condiciones adversas sin deteriorarse significativamente, esto es clave para garantizar la vida útil del pavimento (Mallqui, 2022).

### **2.3.7. Ensayo de compresión**

Es una prueba que mide la resistencia del concreto aplicando una carga axial hasta que la muestra falle, es un indicador de calidad del concreto (Ceimi & Samillan, 2023).

### **2.3.8. Ensayo de flexión**

Es la prueba que evalúa la capacidad de concreto para la resistencia de fuerzas de flexión, es importante para los pavimentos que deben soportar cargas dinámicas (De la Cruz & Orihuela, 2023).

### **2.3.9. Fibras PET**

Son materiales reciclados que se obtienen de las botellas y materiales afines de plástico tipo PET que se usan como refuerzo en el concreto para la mejora de su resistencia a los efectos de la tracción y la durabilidad (Arteaga, 2019).

### **2.3.10. Juntas de contracción**

Son elementos diseñados en pavimentos de tipo rígido que permiten controlar el agrietamiento al permitir que el concreto se contraiga sin producirse daños (Bernaldo, 2023).

### **2.3.11. Juntas de expansión**

Son elementos que están dentro del diseño de pavimento rígido, los cuales permiten la expansión del concreto debido a cambios de temperatura sin la generación de tensiones excesivas (Ferrer & Soliz, 2017).

### **2.3.12. Módulo de elasticidad**

Es la propiedad que indica que la rigidez del concreto y su capacidad para la resistencia a deformaciones de baja carga, esta puede determinar el comportamiento estructural del pavimento (Sanchez, 2024).

### **2.3.13. Normativa Peruana de Pavimentos**

Es el conjunto de normas y regulaciones que están establecidas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) del Perú para el diseño e construcción de pavimentos de tipo rígido (Huanca, 2023).

### **2.3.14. Pavimento Rígido**

Sistema estructural que se utiliza en losas de concreto para la distribución de las cargas de tráfico, es conocido por su durabilidad y bajo costo de mantenimiento a largo plazo (Mamani, 2024).

### **2.3.15. PET (Tereftalato de Polietileno)**

Es un tipo de plástico reciclable comúnmente utilizado en botellas, se pueden reutilizar en actividades de construcción con concreto para mejoras ciertas propiedades física y mecánicas (Turpo, 2019).

### **2.3.16. Plastificante**

Son aditivos que se añaden al concreto para mejorar la trabajabilidad sin necesidad de incrementar el contenido de agua (Yana, 2023).

### **2.3.17. Propiedades mecánicas.**

Son características del concreto que determinan su capacidad para resistir cargas, como la resistencia a la compresión, la tracción y la flexión (Escalante & Tito, 2021).

### **2.3.18. Reciclaje de PET**

Son proceso de recuperación reutilización de materiales como el PET de botellas, esto para generar productos nuevos, dentro del ámbito de la construcción, se pueden transformarlas en fibras o agregado que se pueden mezclar con el concreto (Camacho & Espinoza, 2022).

### **2.3.19. Resistencia a la compresión**

Es la capacidad del concreto para resistir fuerza de compresión, es la propiedad fundamental en la mecánica de concreto y en el diseño apropiado de pavimentos rígidos (Flores, 2023).

### **2.3.20. Resistencia a la tracción**

Es la capacidad del concreto para resistir a las fuerzas que intentan separarlos, esto por medio del uso de fibras de refuerzo, como las de PET (Castro, 2021b).

### **2.3.21. Sustitución de agregados**

Es la técnica que implica el reemplazo total o parcial de los agregados tradicionales en el concreto con materiales reciclados, como es el caso del PET triturado, esto para



la mitigar del impacto en el medio ambiente y la modificación de las propiedades del material (Corimanya & Cristobal, 2023).

### **2.3.22. Sustitución de cemento**

Es la técnica experimental en la que se utiliza el PET procesado como material de reemplazo parcial o total del cemento en mezclas de concreto, lo que permite reducir costos y la emisión de CO<sub>2</sub> en los procesos de fabricación de cemento (Flores, 2023).

### **2.3.21. Trabajabilidad**

Es una de las propiedades del concreto que implica la facilidad con la que se puede mezclar, transportar y la coloración sin segregación del concreto (Vasquez, 2014) .

### **2.3.22. Vida útil**

Es el período de tiempo en la cual el pavimento de concreto rígido puede operar de forma efectiva antes de requerir algún tipo de mantenimiento o reconstrucción significativa, en la cual se mide la durabilidad y el diseño adecuado, los cuales son características cruciales para la maximización de la vida útil (Suárez, 2020)



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Enfoque de la investigación

La investigación toma un enfoque cuantitativo, esto debido a que hace una recolección y el análisis de datos numéricos para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con la adicción de PET, el enfoque permite establecer las estadísticas y realizar la cuantificación de los efectos que tiene la adición de PET en el concreto reciclado.

#### 3.2. Métodos aplicados a la investigación

El método utilizado en la investigación es de tipo deductivo, en el cual se establecen los ensayos correspondientes de laboratorio para lograr la comparación del comportamiento estructural del concreto tradicional con el concreto reciclado adicionado a la mezcla polímeros como el PET. Luego de ello se medirán las propiedades específicas de tiene el concreto como es la resistencia a la compresión, la tracción, la flexión y la durabilidad.

#### 3.3. Tipo de la investigación

La investigación es de tipo aplicado, es decir que se toma un problema real para resolverlos, lo que implica la mejora de la sostenibilidad y el desempeño del concreto en estado de pavimento rígido mediante la reutilización de materiales

reciclados. A ello se suma la aplicación de insumo controlados para la verificación de su comportamiento y el impacto que tiene la adición del PET en la mezcla.

### **3.4. Nivel de la investigación**

La investigación toma un nivel explicativo, puesto que se trata de comprender y explicar cuál es el efecto de la adición de PET en las propiedades del concreto reciclado y como es su aplicación en pavimentos rígidos, también se ha de describir las principales características de los materiales reciclados que se han utilizado y sobre todo la influencia que se tiene en el diseño.

### **3.4. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es experimental, ya que se hace aplicación de dosificación de la PET en la mezcla de concreto, es decir se tiene variabilidad y control sobre el PET añadido, para ello se establece un grupo de control apropiado en el cual el concreto sin PET, debe ser experimentado y la evaluación de los cambios que se tiene de las propiedades adecuadas del concreto esto en base a los diferentes porcentajes de PET, tratando de establecer una cantidad óptima de adición de material reciclado.

### **3.6. Población y muestra**

#### **3.6.1. Población**

La población de análisis son 80 briquetas de las cuales se ha de terminar un muestreo no probabilístico, estas tienen variación de contenido de PET reciclado,

#### **3.6.2. Muestra**

Para el caso de grupo de 14 briquetas de las cuales se tiene 0%, 5%, 10% y 15% de adición de PET, para lo cual se debe observar las propiedades físicas de la combinación de concreto y también de las cualidades mecánicas del concreto, los cuales se consideran mas adelante.



### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información**

#### **3.7.1. Técnicas de investigación**

Las técnicas que se han usado en la investigación parte la recolección de datos por medio de ensayos en laboratorio esto para medir las propiedades de resistencia a la comprensión, tracción, flexión, absorción de agua y durabilidad, esto según los establecido por las entidades de ASTM y el INEN. También se ha usado la observación directa y el análisis documental para la parte de marco teórico y antecedentes de investigación.

#### **3.7.2. Instrumentos de la investigación**

Los instrumentos de investigación parte por el uso de máquinas de ensayos de compresión, flexión y tracción, además de equipos que permiten medir la absorción de agua, máquinas para medir la dureza, entre otros. Para los resultados se deben de registrar en fichas técnicas, y en la parte teórica se usan las guías de análisis documentas y fichas de observación.

### **3.8. Validación y confiabilidad del instrumento de investigación**

#### **3.8.1. Validación de instrumentos**

En cuanto a la validez de instrumentos se debe de seguir los estándares establecidos para la preparación de muestras y la realización de ensayos, el cual está basado en normas internacional como lo es ASTM, para la verificación de los métodos de pruebas que deben ser adecuados para la medición de las propiedades que son relevantes en el concreto adicionado con PET.

#### **3.8.2. Confiabilidad del instrumento**

En cuanto a la confiabilidad se centra la repetición de los ensayos con varias muestras bajo condiciones similares, para ello se tiene la calibración de los instrumentos y máquinas dentro del Laboratorio.



## 3.9. Contraste de la hipótesis de investigación

### 3.9.1. Contraste de hipótesis

Para la investigación se realizará un contraste bajo el enfoque deductivo, es decir que la lógica como medio de contraste, con ello se debe es establecer las conclusiones correspondientes, además esto permite tener un criterio lógico para verificar la veracidad o falsedad de la lógica deductivo, para ello se tiene la opción de rechazo.

## 3.10. Procedimiento para realizar la investigación

Los pasos seguidos para realizar la investigación parte por:

- La revisión bibliográfica, el cual implica tener una revisión de la literatura para mejor comprensión del tema de reutilización de PET en concreto de pavimento rígido.
- La preparación de muestras, se han seleccionado por medio de trituración de PET para la adición a la mezcla de concreto reciclado, lo que implica tener ciertas mediciones previas.
- Luego de ello se prepara el diseño de experimentos, en el cual se adicionará las distintas proporciones de PET para elaborar las muestras correspondientes.
- Se debe de realizar los ensayos correspondientes en laboratorio, con ello conocer los valores de las propiedades mecánicas de la mezcla.
- Se debe de analizar los datos de la información recolectada con el fin de analizarlos estadísticamente para la evaluación del impacto de la incorporación de PET en las propiedades finales del concreto.
- Se debe de interpretar los resultados, con el fin de determinar si la incorporación de PET incremento o mejoro las características del concreto, lo cual se hace por medio de la evaluación de la viabilidad del uso de materiales reciclables en pavimentos rígidos,



- Finalmente, se establecerán las conclusiones y las recomendaciones en base a los experimentos y los resultados de laboratorio.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación, análisis e interpretación de los datos

##### 4.1.1. Granulometría de agregados

**Figura 1**

*Equipos de Laboratorio para determinar la resistencia a la compresión*





**Tabla 2**

*Granulometría de agregado grueso*

<b>PROYECTO : TESIS DE MAESTRIA</b>							
<b>TEMA : REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024</b>							
<b>SOLICITADO : ITO PILCO, VANESSA</b>							
<b>: DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN DEPARTAMENTO DE PUNO</b>							
<b>UBICACIÓN</b>							
<b>CANTERA : ISLA 85% - CONCRETO RECICLADO 15%</b>							
<b>FECHA : 15 DE MAYO DEL 2024</b>							
TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPEC IF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	76.200						
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>		<b>Peso Inicial = 4000</b>
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>		<b>Tamaño máx. = 3/4"</b>
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>		<b>Tamaño máx. nominal = 1/2"</b>
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	<b>100 %</b>	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	<b>90 - 100 %</b>	
1/2"	12.700	937.00	23.43	23.43	<b>76.58</b>		<b>OBSERVACIONE</b>
3/8"	9.525	1225.00	30.63	54.05	<b>45.95</b>	<b>20 - 55 %</b>	:
1/4"	6.350						
No4	4.760	1814.00	45.35	99.40	<b>0.60</b>	<b>0 - 10 %</b>	
<b>BASE</b>		24.00	4.80	0.0	100.0		
<b>TOTAL</b>		4000.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.60					





**Tabla 3**

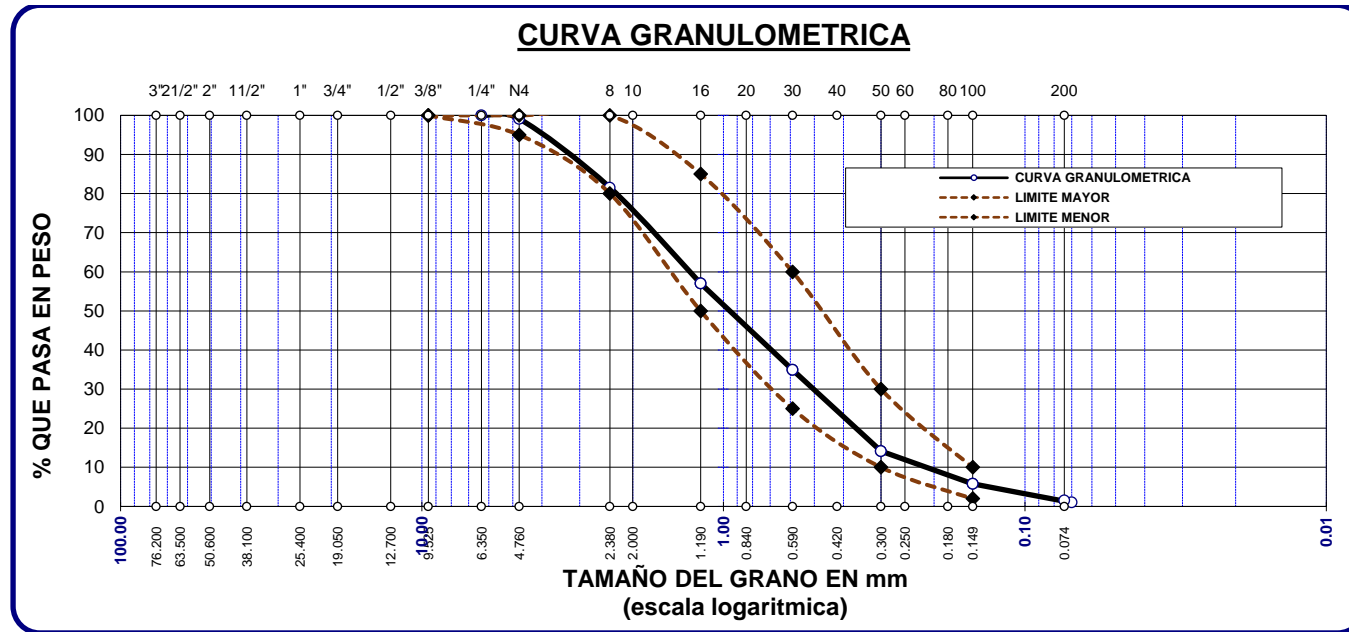
*Granulometría de agregado fino*

**PROYECTO** : TESIS DE MAESTRIA  
**TEMA** : REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024  
**SOLICITADO** : ITO PILCO, VANESSA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN DEPARTAMENTO DE PUNO  
**CANTERA** : ISLA 85% - CONCRETO RECICLADO 15%  
**FECHA** : 15 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	<b>Peso Inicial = 500</b>  <b>Modulo de Fineza = 3.08</b>  <b>% que pasa la malla 200 = 1.51</b>  <b>OBSERVACIONES:</b>
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
No4	4.760	4.35	0.87	0.87	99.13	95 - 100 %	
No8	2.380	88.00	17.60	18.47	81.53	80 - 100 %	
No10	2.000						
No16	1.190	127.00	25.40	43.00	57.00	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	106.00	21.20	65.07	34.93	25 - 60 %	
No40	0.420						
No 50	0.300	104.00	20.80	85.87	14.13	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	41.75	8.35	94.22	5.78	2-10%	
No200	0.074	21.35	4.27	98.49	1.51		
<b>BASE TOTAL</b>		7.55	1.51				
<b>% PERDIDA</b>		500.00	100.00	100.00			

### Figura 3

Granulometría de agregado fino



Los ensayos han determinado que la curva granulométrica del agregado fino se encuentra dentro de los límites establecidos (3/8", N°4, N° ,8 N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100), por lo tanto, la granulometría en general está dentro de los parámetros de la especificación de acuerdo a la ASTM C – 33, si cumple.



**4.1.2. Resultados de la abrasión de los agregados gruesos**

**Tabla 4**

*Abrasión de los agregados gruesos*

Abrasión de los agregados gruesos		
Material	% de pérdidas	% Resistencia al Desgaste
<b>Cantera isla</b>	22.16	77.84
<b>Material reciclado</b>	39.93	60.07
<b>MR (15%)+ AG (80%)</b>	25.83	74.17
<b>MR (30%)+ AG (70%)</b>	28.60	71.40
<b>MR (45%)+ AG (55%)</b>	32.33	67.67

De la tabla 4, se aprecia que el porcentaje de pérdida en lo referente al agregado grueso de procedencia de la cantera isla es de 22.16% de pérdida, sin embargo para el concreto reciclado es de 39.93% de pérdida, para la primera combinación de 15% de concreto reciclado y agregado 85% es de 25.83% de pérdida, para la combinación de 30% de concreto reciclado y 70% de agregado es de 28.60% de pérdida y finalmente para la combinación de 45% de concreto reciclado y 55% de agregado se tiene un 32.33% de pérdida, lo que implica que se tiene mayor resistencia al desgaste del material natural proveniente de la cantera ISLA, y por lo tanto se puede decir que tanto el agregado grueso natural y las combinaciones de los agregados naturales con los agregados reciclados cumplen con el límite de desgaste de acuerdo a las especificaciones de la ASTM C – 131.

Características mecánicas y físicas de los agregados:

**Tabla 5***Propiedades mecánicas de los agregados MR de 15% y 85% de cantera Isla*

Material	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso específico (gr/cc3)	2.55	2.59
Absorción (%)	2.98	3.38
Módulo de fineza (%)	3.08	-
Contenido de humedad (%)	3.10	2.02
Peso Unitario (gr/cc3)	Suelto	1662
	Compactado	1745.00
		1508
		1563.00

De la tabla 5, se aprecia los valores de propiedades que tiene cada tipo de agregados, los cuales provienen de la mezcla cantera Isla 85% + concreto reciclado 15%, en el cual se aprecia los valores de peso específico correspondientes a 2.55 y 2.59, mientras que para los valores de absorción se tiene 2.98 y 3.38, en cuanto al módulo de fineza se tiene un valor de 3.08, además se ha estimado el valor de contenido de humedad de 3.10 y 2.02 respectivamente, mientras que los valores de peso unitario, se tiene valores para el estado suelto de 1662 y 1508 respectivamente y el de compactado tiene valores de 1745 y 1563 respectivamente, así mismo observamos que se encuentra dentro de los parámetros que establece la ASTM C33.

**Tabla 6***Propiedades mecánicas del agregado de concreto reciclado de 30% y 70% de cantera Isla*

Material	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso específico (gr/cc3)	2.55	2.61
Absorción (%)	2.98	3.96
Módulo de fineza (%)	3.08	-
Contenido de humedad (%)	3.10	1.65
Peso Unitario (gr/cc3)	Suelto	1662
	Compactado	1745.00
		1437.00
		1533.00

De la tabla 6, se aprecia los valores de propiedades que tiene cada tipo de agregados de concreto reciclado de 30% y 70% de cantera Isla, en el cual se aprecia los valores de peso específico correspondientes a 2.55 y 2.61, mientras que para los valores de absorción se tiene 2.98 y 3.96, en cuanto al módulo de fineza se tiene un valor de 3.08, además se ha estimado el valor de contenido de humedad de 3.10 y 1.65 respectivamente, mientras que los valores de peso unitario, se tiene valores para el estado suelto de 1662 y 1437 respectivamente y el de compactado tiene valores de 1745 y 1533 respectivamente, así mismo observamos que se encuentra dentro de los parámetros que establece la ASTM C33.

### Tabla 7

*Propiedades mecánicas del agregado concreto reciclado de 45% y 55% de cantera Isla*

Material	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso específico (gr/cc3)	2.55	2.60
Absorción (%)	2.98	4.06
Módulo de fineza (%)	3.08	-
Contenido de humedad (%)	3.10	1.05
Peso Unitario (gr/cc3)	Suelto	1409.00
	Compactado	1508.00

De la tabla 7, se aprecia los valores de propiedades que tiene cada tipo de agregados del concreto reciclado de 45% y 55% de cantera Isla, en el cual se aprecia los valores de peso específico correspondientes a 2.55 y 2.60, mientras que para los valores de absorción se tiene 2.98 y 4.06, en cuanto al módulo de fineza se tiene un valor de 3.08, además se ha estimado el valor de contenido de humedad de 3.10 y 1.05 respectivamente, mientras que los valores de peso unitario, se tiene valores para el estado suelto de 1662 y 1409 respectivamente y el de compactado tiene valores de 1745 y 1508 respectivamente, así mismo observamos que se encuentra dentro de los parámetros que establece la ASTM C33.

**Tabla 8***Propiedades mecánicas del agregado de concreto reciclado al 100%*

<b>Material</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>
Peso específico (gr/cc3)	2.55	2.31
Absorción (%)	2.98	8.07
Módulo de fineza (%)	3.08	-
Contenido de humedad (%)	3.10	0.77
Peso Unitario (gr/cc3)	Suelto	1108.00
	Compactado	1295.00

De la tabla 8, se aprecia los valores de propiedades que tiene cada tipo de agregados del concreto reciclado al 100%, en el cual se aprecia los valores de peso específico correspondientes a 2.55 y 2.31, mientras que para los valores de absorción se tiene 2.98 y 8.07, en cuanto al módulo de fineza se tiene un valor de 3.08, además se ha estimado el valor de contenido de humedad de 3.10 y 0.77 respectivamente, mientras que los valores de peso unitario, se tiene valores para el estado suelto de 1662 y 1108.00 respectivamente y el de compactado tiene valores de 1745 y 1295 respectivamente, así mismo observamos que se encuentra dentro de los parámetros que establece la ASTM C33.

#### **4.1.3. Características del diseño de mezcla**

**Tabla 9***Diseño de mezclas para los agregados MR de 15% y 85% de cantera Isla*

	<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b>	<b>PROPORCIÓN EN PESO</b>
<b>C</b>	<b>1.00</b>	<b>384.00</b>
<b>AF</b>	<b>2.07</b>	<b>795.00</b>
<b>AG</b>	<b>2.13</b>	<b>816.00</b>
<b>AGUA</b>	<b>0.56</b>	<b>215.00</b>

De la tabla 9, se puede determinar que el diseño de mezcla con agregado de MR de 15% y 85% de cantera Isla, se tiene una relación de agua/cemento 0.56.

**Tabla 10**

*Descripción del Diseño de mezclas para los agregados MR de 15% y 85% de cantera Isla*

DESCRIPCIÓN		AF	AG
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>	1662	1508
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m <sup>3</sup>	1745	1563
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.55	2.59
PESO UNITARIO DEL AGUA			1000
REL A/C EFECTIVA		0.56	

De la tabla 10, se aprecia que el diseño de mezcla con agregado de MR de 15% y 85% de cantera Isla, se tiene una relación de agua/cemento 0.56.

#### **4.1.4. Diseño de Briquetas.**

**Tabla 11**

*Diseño de briquetas de 4" diámetro y 8" de altura.*

Componentes	medidas	Valor	Unidades
<b>Diámetro</b>	<b>4</b>	10.2	cm
<b>Altura</b>	<b>8</b>	20.3	cm
<b>Volumen</b>		1647.4	cm <sup>3</sup>
<b>Factor de amplificación</b>		70%	
<b>Volumen amplificado</b>		2800.6	cm <sup>3</sup>

De la tabla 11, se aprecia el diámetro de 4" (10.2 cm) y altura de 8" (20.3 cm) de la briquetera empleada para la elaboración de los testigos de concreto correspondiente.

**Tabla 12**

*Moldeo de briquetas de 4" x 8" para laboratorio.*

MOLDEO DE BRIQUETAS (BRIQUETA 4" X 8") PARA LABORATORIO				
CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$				
Material cantera :	ISLA			
Tamaño maximo =	3/4"			
<b>Datos corregidos</b>				
Cantidad	BRIQUETA	BRIQUETAS	PESO	UNIDAD
Cemento	0.87	3	2.62	Kg
Agregado fino	1.81	3	5.43	Kg
Agregado grueso	1.58	3	4.74	Kg
Agregado reciclado	0.28	3	0.84	KG
Agua	0.49	3	1.47	Kg
			15.11	KG

De la tabla 12, se aprecia la dosificación de los materiales para la elaboración del concreto y su respectivo moldeo de briquea.

**Tabla 13**

*Descripción del Diseño de mezclas para los agregados MR de 30% y 70% de cantera Isla*

CANTIDAD DE AGREGADOS TOTAL			
Cantidad	BRIQUETAS	PESO	UNIDAD
Cemento	3	2.65	Kg
Agregado fino	3	5.64	Kg
Agregado grueso	3	3.87	Kg
Agregado reciclado	3	1.66	Kg
Agua	3	1.49	Kg
		15.31	Kg

De la tabla 13, se aprecia la dosificación de los materiales para la elaboración del concreto y su respectivo moldeo de briquea.



**4.1.5 Resistencia a la compresión**

**Tabla 14**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 30% y cantera Isla 70% agregados*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	12419.00	D=10.00	78.54	158.12	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>75.30%</b>
2	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	12637.00	D=09.99	78.38	161.23	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>76.77%</b>
3	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	12328.00	D=10.00	78.54	156.96	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>74.75%</b>
4	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	13445.00	D=10.04	79.17	169.82	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>80.87%</b>
5	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	13527.00	D=09.97	78.07	173.27	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>82.51%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>6</b>	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	13738.00	D=10.00	78.54	174.92	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>83.29%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>7</b>	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	16724.00	D=10.00	78.54	212.94	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>101.40%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>8</b>	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	17946.00	D=10.00	78.54	228.50	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>108.81%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>9</b>	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70%	16329.00	D=09.99	78.38	208.33	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>99.21%</b>

De la cual se tiene un promedio de 158.77 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 75.61% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 172.67 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 82.22% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 216.59kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 103.04% el cual supera el diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, dando un indicio de mejor resistencia con esta combinación.



**Tabla 15**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 30% y cantera Isla 70% agregados –Polímero reciclado 5%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad dias	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	12282.00	D=10.00	78.54	156.38	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>74.47%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	12097.00	D=10.00	78.54	154.02	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>73.34%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	12139.00	D=10.04	79.17	153.33	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>73.01%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	13023.00	D=09.98	78.23	166.47	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>79.27%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	12937.00	D=10.00	78.54	164.72	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>78.44%</b>



BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20										
6	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	13738.00	D=10.00	78.54	174.92	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>83.29%</b>
BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20										
7	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	16643.00	D=10.06	79.49	209.37	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>99.70%</b>
BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20										
8	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	16683.00	D=09.96	77.91	214.13	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>101.97%</b>
BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20										
9	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 5%	16499.00	D=09.99	78.38	210.50	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>100.24%</b>

De la cual se tiene un promedio de 154.58 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 73.61% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 168.70 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 80.33% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 211.33kg/cm<sup>2</sup> (100.64%) el cual supera el diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, dando un indicio de mejor resistencia con esta combinación.



**Tabla 16**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 30% y cantera Isla 70% agregados –Polímero reciclado 10%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	11866.00	D=10.05	79.33	149.58	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>71.23%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	11829.00	D=10.00	78.54	150.61	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>71.72%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	11799.00	D=10.00	78.54	150.23	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>71.54%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	13109.00	D=09.99	78.38	167.25	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>79.64%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	12422.00	D=09.98	78.23	158.79	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>75.61%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
6	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	12705.00	D=10.00	78.54	161.76	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>77.03%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
7	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	15529.00	D=09.91	77.13	201.34	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>95.87%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
8	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	16239.00	D=10.00	78.54	206.76	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>98.46%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
9	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 10%	16491.00	D=10.04	79.17	208.30	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>99.19%</b>

De la cual se tiene un promedio de 150.14 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 71.50% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 162.60 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 77.43% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 205.47kg/cm<sup>2</sup> (97.84%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que se tiene una ligera caída de resistencia al adicionar 10% de polímero.



**Tabla 17**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 30% y cantera Isla 70% agregados –Polímero reciclado 15%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	10936.00	D=09.99	78.38	139.53	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>66.44%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	11294.00	D=10.00	78.54	143.80	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>68.48%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	11512.00	D=10.03	79.01	145.70	210	25/05/2024	01/06/2024	7	<b>69.38%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	12921.00	D=09.98	78.23	165.17	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>78.65%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	12827.00	D=10.00	78.54	163.32	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>77.77%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
6	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	11100.00	D=10.00	78.54	141.33	210	25/05/2024	08/06/2024	14	<b>67.30%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
7	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	15839.00	D=10.00	78.54	201.67	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>96.03%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
8	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	15593.00	D=09.99	78.38	198.94	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>94.73%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
9	CONCRETO RECICLADO 30% AGREGADO GRUESO 70% POLIMERO RECICLADO 15%	16398.00	D=09.98	78.23	209.61	210	25/05/2024	22/06/2024	28	<b>99.82%</b>

De la cual se tiene un promedio de 143.01 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 68.10% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 156.61 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 74.57% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 203.41kg/cm<sup>2</sup> (98.86%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que se tiene una ligera caída de resistencia al adicionar 15% de polímero.



**Tabla 18**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 45% y cantera Isla 55% agregados*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad dias	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55%	11309.00	D=09.99	78.38	144.28	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>68.71%</b>
2	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55%	11183.00	D=10.04	79.17	141.25	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>67.26%</b>
3	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55%	11829.00	D=10.03	79.01	149.72	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>71.29%</b>
4	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55%	12429.00	D=09.99	78.38	158.57	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>75.51%</b>
5	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55%	12691.00	D=09.98	78.23	162.23	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>77.25%</b>
6	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20	12537.00	D=10.00	78.54	159.63	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>76.01%</b>



	CONCRETO RECICLADO 45%									
	AGREGADO GRUESO 55%									
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>7</b>	CONCRETO RECICLADO 45%	15392.00	D=10.00	78.54	195.98	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>93.32%</b>
	AGREGADO GRUESO 55%									
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>8</b>	CONCRETO RECICLADO 45%	15624.00	D=10.00	78.54	198.93	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>94.73%</b>
	AGREGADO GRUESO 55%									
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>9</b>	CONCRETO RECICLADO 45%	15702.00	D=10.00	78.54	199.92	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>95.20%</b>
	AGREGADO GRUESO 55%									

De la cual se tiene un promedio de 145.08 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 69.09% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 160.14 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 76.26% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 198.28kg/cm<sup>2</sup> (94.42%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



**Tabla 19**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 45% y cantera Isla 55% agregados –Polímero reciclado 5%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	10923.00	D=10.02	78.85	138.53	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>65.97%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	11102.00	D=09.97	78.07	142.21	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>67.72%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	11293.00	D=10.00	78.54	143.79	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>68.47%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	12226.00	D=10.00	78.54	155.67	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>74.13%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	12014.00	D=10.05	79.33	151.44	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>72.12%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>6</b>	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	12428.00	D=10.02	78.85	157.62	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>75.06%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>7</b>	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	15102.00	D=09.99	78.38	192.68	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>91.75%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>8</b>	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	14629.00	D=09.96	77.91	187.77	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>89.41%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>9</b>	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 5%	15538.00	D=10.00	78.54	197.84	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>94.21%</b>

De la cual se tiene un promedio de 141.51 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 67.38% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 154.91 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 73.77% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 192.76kg/cm<sup>2</sup> (91.79%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que se tiene una ligera caída de resistencia al adicionar 5% de polímero.



**Tabla 20**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 45% y cantera Isla 55% agregados –Polímero reciclado 10%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	10802.00	D=10.00	78.54	137.54	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>65.49%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	10708.00	D=10.00	78.54	136.34	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>64.92%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	10526.00	D=09.99	78.38	134.29	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>63.95%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	11623.00	D=10.00	78.54	147.99	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>70.47%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	11429.00	D=10.03	79.01	144.65	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>68.88%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
6	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	11421.00	D=09.98	78.23	145.99	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>69.52%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
7	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	14861.00	D=09.99	78.38	189.60	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>90.29%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
8	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	13926.00	D=10.00	78.54	177.31	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>84.43%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
9	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 10%	14502.00	D=10.00	78.54	184.64	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>87.93%</b>

De la cual se tiene un promedio de 136.06 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 64.79% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 146.21 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 69.62% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 183.85kg/cm<sup>2</sup> (87.54%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que se tiene una ligera caída de resistencia al adicionar 10% de polímero.



**Tabla 21**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 45% y cantera Isla 55% agregados –Polímero reciclado 15%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm <sup>2</sup>	Esf. de Rotura Kg/cm <sup>2</sup>	f'c de diseño Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	9317.00	D=10.00	78.54	118.63	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>56.49%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	10338.00	D=10.04	79.17	130.58	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>62.18%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	10281.00	D=09.98	78.23	131.42	210	27/05/2024	03/06/2024	7	<b>62.58%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	10086.00	D=10.00	78.54	128.42	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>61.15%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	11023.00	D=10.01	78.7	140.06	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>66.70%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>6</b>	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	10028.00	D=09.97	78.07	128.45	210	27/05/2024	10/06/2024	14	<b>61.17%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>7</b>	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	13938.00	D=10.00	78.54	177.46	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>84.51%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>8</b>	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	13102.00	D=09.99	78.38	167.16	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>79.60%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>9</b>	CONCRETO RECICLADO 45% AGREGADO GRUESO 55% POLIMERO RECICLADO 15%	13103.00	D=09.98	78.23	167.49	210	27/05/2024	24/06/2024	28	<b>79.76%</b>

De la cual se tiene un promedio de 126.88 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 60.42% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 132.31 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 63.01% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 170.71kg/cm<sup>2</sup> (81.29%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que se tiene una caída de resistencia la adición 15% de polímero.

**Tabla 22**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 15% y cantera Isla 85% agregados –Polímero reciclado 15%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm <sup>2</sup>	Esf. de Rotura Kg/cm <sup>2</sup>	f'c de diseño Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad dias	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85%	12515.00	D=09.97	78.07	160.30	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>76.34%</b>
2	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85%	12588.00	D=10.03	79.01	159.32	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>75.87%</b>
3	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85%	12635.00	D=10.00	78.54	160.87	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>76.61%</b>
4	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85%	13934.00	D=10.00	78.54	177.41	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>84.48%</b>
5	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85%	13645.00	D=10.04	79.17	172.35	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>82.07%</b>
6	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20	13765.00	D=10.00	78.54	175.26	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>83.46%</b>



	CONCRETO RECICLADO 15%									
	AGREGADO GRUESO 85%									
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>7</b>	CONCRETO RECICLADO 15%	17523.00	D=10.03	79.01	221.78	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>105.61%</b>
	AGREGADO GRUESO 85%									
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>8</b>	CONCRETO RECICLADO 15%	16937.00	D=10.08	79.8	212.24	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>101.07%</b>
	AGREGADO GRUESO 85%									
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>9</b>	CONCRETO RECICLADO 15%	17583.00	D=10.00	78.54	223.87	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>106.61%</b>
	AGREGADO GRUESO 85%									

De la cual se tiene un promedio de 160.17 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 76.27% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 175.01 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 83.34% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 219.30kg/cm<sup>2</sup> (104.43%) el cual es superar al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



**Tabla 23**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 15% y cantera Isla 85% agregados –Polímero reciclado 5%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm <sup>2</sup>	Esf. de Rotura Kg/cm <sup>2</sup>	f'c de diseño Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	12434.00	D=09.90	76.98	161.52	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>76.92%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	12974.00	D=10.00	78.54	165.19	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>78.66%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	13273.00	D=10.00	78.54	169.00	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>80.47%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	13884.00	D=10.04	79.17	175.37	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>83.51%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	13662.00	D=09.93	77.44	176.42	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>84.01%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>6</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	13639.00	D=10.02	78.85	172.97	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>82.37%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>7</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	17523.00	D=10.07	79.64	220.03	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>104.78%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>8</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	17584.00	D=10.10	80.12	219.47	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>104.51%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>9</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 5%	17553.00	D=10.00	78.54	223.49	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>106.42%</b>

De la cual se tiene un promedio de 165.24 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 78.69% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 174.92kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 83.30% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 221.00kg/cm<sup>2</sup> (105.24%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que se tiene una caída de resistencia al adicionar 5% de polímero.



**Tabla 24**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 15% y cantera Isla 85% agregados –Polímero reciclado 10%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	12234.00	D=09.99	78.38	156.09	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>74.33%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	11936.00	D=10.02	78.85	151.38	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>72.08%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	12573.00	D=10.05	79.33	158.49	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>75.47%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	13434.00	D=10.02	78.85	170.37	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>81.13%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	12938.00	D=10.00	78.54	164.73	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>78.44%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>6</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	13129.00	D=09.96	77.91	168.51	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>80.25%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>7</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	16728.00	D=10.03	79.01	211.72	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>100.82%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>8</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	16693.00	D=10.06	79.49	210.00	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>100.00%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
<b>9</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 10%	16289.00	D=09.99	78.38	207.82	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>98.96%</b>

De la cual se tiene un promedio de 155.32 kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 73.96% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 167.87kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 79.94% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 209.85kg/cm<sup>2</sup> (99.93%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que se tiene una caída de resistencia al adicionar 10% de polímero.



**Tabla 25**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto reciclado 15% y cantera Isla 85% agregados –Polímero reciclado 15%*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de Rotura Kg/cm2	f'c de diseño Kg/cm2	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad días	%
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
1	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	11798.00	D=10.05	79.33	148.72	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>70.82%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
2	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	11429.00	D=10.08	79.8	143.22	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>68.20%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
3	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	12629.00	D=10.00	78.54	160.80	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>76.57%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
4	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	12472.00	D=09.96	77.91	160.08	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>76.23%</b>
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20									
5	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	12983.00	D=10.00	78.54	165.30	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>78.72%</b>



	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20										
<b>6</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	12226.00	D=09.93	77.44	157.88	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>75.18%</b>	
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20										
<b>7</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	16327.00	D=10.07	79.64	205.01	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>97.62%</b>	
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20										
<b>8</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	15823.00	D=10.00	78.54	201.46	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>95.94%</b>	
	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20										
<b>9</b>	CONCRETO RECICLADO 15% AGREGADO GRUESO 85% POLIMERO RECICLADO 15%	16224.00	D=10.00	78.54	206.57	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>98.37%</b>	

De la cual se tiene un promedio de 150.91kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 71.86% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 161.09kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 76.71% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 204.35kg/cm<sup>2</sup> (97.31%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que se tiene una caída de resistencia al adicionar 15% de polímero.



**Tabla 26**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto Cantera Isla*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm2	Esf. de	f'c de	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad dias	%
					Rotura Kg/cm2	diseño Kg/cm2				
1	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CANTERA ISLA	12810.00	D=10.10	80.12	159.89	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>76.14%</b>
2	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CANTERA ISLA	12449.00	D=09.98	78.23	159.13	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>75.78%</b>
3	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CANTERA ISLA	11793.00	D=10.04	79.17	148.96	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>70.93%</b>
4	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CANTERA ISLA	14092.00	D=10.00	78.54	179.42	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>85.44%</b>
5	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CANTERA ISLA	13869.00	D=10.07	79.64	174.15	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>82.93%</b>
6	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CANTERA ISLA	13926.00	D=09.99	78.38	177.67	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>84.61%</b>
7	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20	18412.00	D=10.00	78.54	234.43	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>111.63%</b>



	CANTERA ISLA									
<b>8</b>	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20	18252.00	D=10.05	79.33	230.08	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>109.56%</b>
	CANTERA ISLA									
<b>9</b>	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20	18241.00	D=10.10	80.12	227.67	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>108.41%</b>
	CANTERA ISLA									

De la cual se tiene un promedio de 156.00kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 74.28% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 177.08kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 84.32% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 230.73kg/cm<sup>2</sup> (109.87%) el cual es superior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 27**

*Datos de resistencia a la compresión del concreto Reciclado*

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	DIAM cm	AREA cm <sup>2</sup>	Esf. de	f'c de	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad dias	%
					Rotura Kg/cm <sup>2</sup>	diseño Kg/cm <sup>2</sup>				
1	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO	10283.00	D=10.07	79.64	129.12	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>61.49%</b>
2	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO	10092.00	D=10.00	78.54	128.50	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>61.19%</b>
3	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO	11058.00	D=10.06	79.49	139.11	210	23/05/2024	30/05/2024	7	<b>66.24%</b>
4	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO	12134.00	D=10.00	78.54	154.49	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>73.57%</b>
5	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO	11658.00	D=10.04	79.17	147.25	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>70.12%</b>
6	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20 CONCRETO RECICLADO	12126.00	D=10.00	78.54	154.39	210	23/05/2024	06/06/2024	14	<b>73.52%</b>
7	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20	14185.00	D=10.03	79.01	179.53	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>85.49%</b>



CONCRETO RECICLADO										
8	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20	14427.00	D=10.08	79.8	180.79	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>86.09%</b>
CONCRETO RECICLADO										
9	BRIQUETA DE PRUEBA 10 x 20	13737.00	D=10.00	78.54	174.90	210	23/05/2024	20/06/2024	28	<b>83.29%</b>
CONCRETO RECICLADO										

De la cual se tiene un promedio de 132.24kg/cm<sup>2</sup> de promedio, lo que indica una media de 62.97% sobre el diseño de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto para el ensayo de 7 días, mientras que, para el ensayo de 14 días, se ha tenido una resistencia de 152.05kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa el 72.40% del diseño establecido, para culminar se tiene la resistencia de 28 días, el cual tiene un promedio de 178.41kg/cm<sup>2</sup> (84.96%) el cual es inferior al diseño establecido de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 28**

*Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 7 días de acuerdo a la normativa vigente ASTM C – 39*

Combinación	Esfuerzo	Diseño	%
	Rotura	(kg/cm <sup>2</sup> )	
Agregados isla	155.99	210	74.28%
Agregado reciclado	132.24	210	62.97%
CR (15%) + AG (85%)	160.16	210	76.27%
CR (30%) + AG (70%)	158.77	210	75.60%
CR (45%) + AG (55%)	145.08	210	69.09%
CR (15%) + AG (85%) + PR (5%)	165.24	210	78.69%
CR (30%) + AG (70%) + PR (5%)	154.57	210	73.61%
CR (45%) + AG (55%)+ PR (5%)	141.51	210	67.39%
CR (15%) + AG (85%) + PR (10%)	155.32	210	73.96%
CR (30%) + AG (70%) + PR (10%)	150.14	210	71.50%
CR (45%) + AG (55%)+ PR (10%)	136.06	210	64.79%
CR (15%) + AG (85%) + PR (15%)	150.91	210	71.86%
CR (30%) + AG (70%) + PR (15%)	143.00	210	68.10%
CR (45%) + AG (55%)+ PR (15%)	126.88	210	60.42%

*Nota:* CR: Concreto reciclado, PR: polímero reciclado (PET) y AG: Agregados naturales

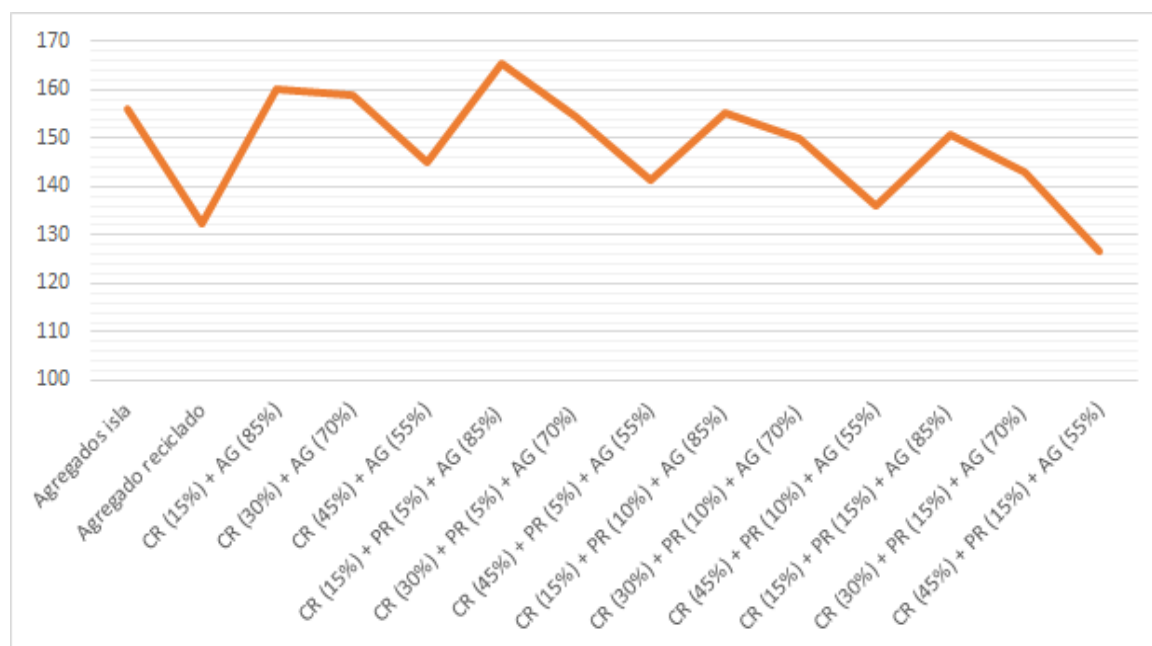
De la tabla 28, se aprecia que: En concordancia a los datos obtenidos del ensayo a compresión de testigos de concreto a la edad de 7 días que han sido curados, que de las combinaciones de concreto reciclado sumado a polímero reciclado y agregado natural cumplen con el porcentaje especificado respecto al

diseño de mezclas para el cual fueron diseñadas, sin embargo se tienen resultados de las combinaciones de concreto reciclado de 15%, 30%, 45%, teniendo los siguientes resultados podemos apreciar que las siguientes combinaciones no llegan a cumplir con la resistencia de diseño, siendo las siguientes: concreto reciclado 45% + agregado natural 55%, concreto reciclado 45% + agregado natural 55% + polímero reciclado de 5%, 10% y 15% respectivamente, concreto reciclado 30% + agregado natural 70%+polímero reciclado de 15%, no llegan a la resistencia especificada del diseño de mezclas, por lo tanto dichas combinaciones no son recomendables

Segunda prueba

### Figura 4

*Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 7 días*



De la figura, se aprecia que: de las resistencias promedio a edad de 7 días de curado, de las combinaciones de concreto reciclado 15% + agregado natural 85% tiene un resultado de 76.30%, y concreto reciclado 30% + agregado natural 70% tiene un resultado de 75.60%, llegando a obtener una resistencia mayor respecto al diseño elaborado.

**Tabla 29**

*Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 14 días de acuerdo a la normativa vigente ASTM C – 39*

Combinación	Esfuerzo	Diseño	%
	Rotura	(kg/cm <sup>2</sup> )	
Agregados isla	177.08	210	84.32%
Agregado reciclado	152.04	210	72.40%
CR (15%) + AG (85%)	160.14	210	76.26%
CR (30%) + AG (70%)	174.92	210	83.29%
CR (45%) + AG (55%)	168.70	210	80.33%
CR (15%) + PR (5%) + AG (85%)	154.91	210	73.76%
CR (30%) + PR (5%) + AG (70%)	167.87	210	79.93%
CR (45%) + PR (5%) + AG (55%)	162.6	210	77.42%
CR (15%) + PR (10%) + AG (85%)	146.21	210	69.62%
CR (30%) + PR (10%) + AG (70%)	161.08	210	76.7%
CR (45%) + PR (10%) + AG (55%)	156.6	210	74.57%
CR (15%) + PR (15%) + AG (85%)	132.31	210	63.00%
	160.14	210	76.26%
CR (30%) + AG (70%)	174.92	210	83.29%

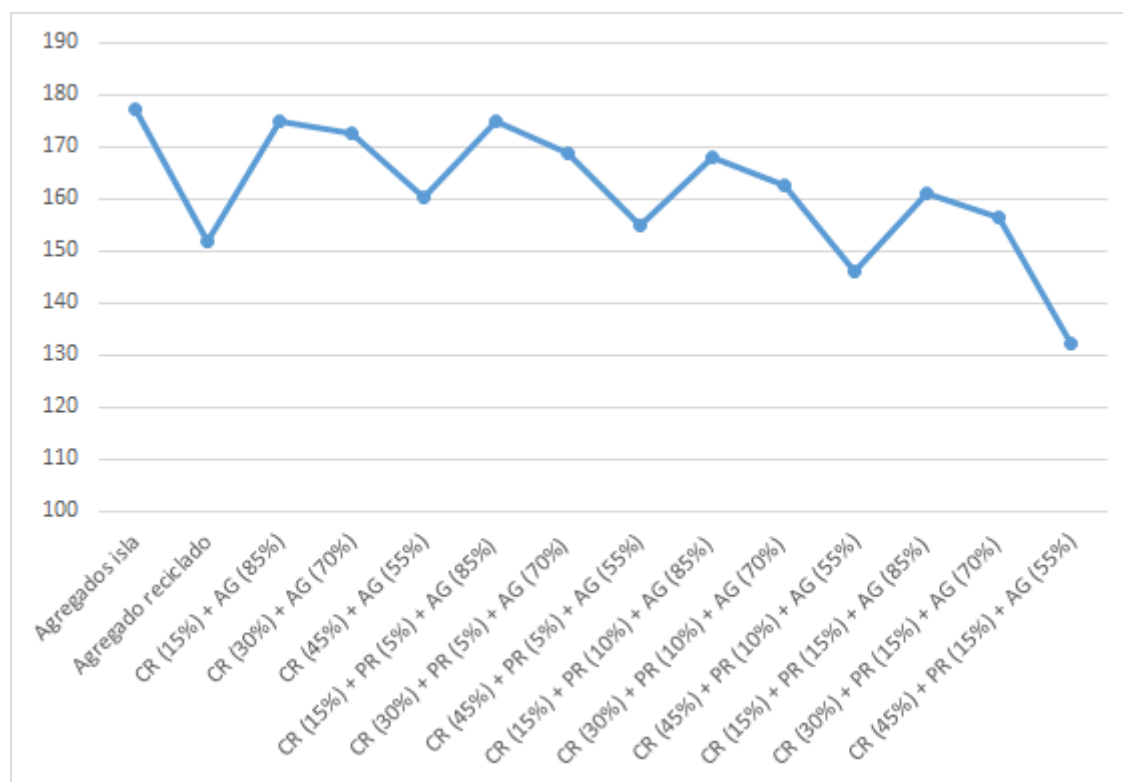
*Nota:* CR: Concreto reciclado, PR: polímero reciclado (PET) y AG: Agregados naturales

De la tabla 29, se aprecia que: En concordancia a los datos obtenidos del ensayo a compresión de testigos de concreto a la edad de 14 días que han sido curados, que de las combinaciones de concreto reciclado sumado a polímero reciclado y agregado natural cumplen con el porcentaje especificado respecto al diseño de mezclas para el cual fueron diseñadas, sin embargo se tienen resultados

de las combinaciones de concreto reciclado de 15%, 30%, 45%, teniendo los siguientes resultados podemos apreciar que las siguientes combinaciones no llegan a cumplir con la resistencia de diseño, siendo las siguientes: concreto reciclado 45% + agregado natural 55%, concreto reciclado 45% + agregado natural 55% + polímero reciclado de 5%, 10% y 15% respectivamente, concreto reciclado 30% + agregado natural 70% + polímero reciclado de 5%, 15%, no llegan a la resistencia especificada del diseño de mezclas, por lo tanto dichas combinaciones no son recomendables.

### Figura 5

*Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 14 días*



De la figura, se aprecia que: de las resistencias promedio a edad de 14 días de curado, de las combinaciones de concreto reciclado 15% + agregado natural 85% tiene un resultado de 83.34%, y concreto reciclado 30% + agregado natural 70% tiene un resultado de 82.22%, concreto reciclado 15% + agregado natural 85% + polímero reciclado 5% llegando a obtener una resistencia mayor respecto al diseño elaborado.

**Tabla 30***Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 28 días*

Combinación	Esfuerzo	Diseño	%
	Rotura	(kg/cm <sup>2</sup> )	
Agregados isla	230.72	210	109.87%
Agregado reciclado	178.41	210	84.96%
CR (15%) + AG (85%)	219.3	210	104.43%
CR (30%) + AG (70%)	216.59	210	103.14%
CR (45%) + AG (55%)	198.28	210	94.42%
CR (15%) + PR (5%) + AG (85%)	220.99	210	105.24%
CR (30%) + PR (5%) + AG (70%)	211.33	210	100.63%
CR (45%) + PR (5%) + AG (55%)	192.76	210	91.79%
CR (15%) + PR (10%) + AG (85%)	209.85	210	99.93%
CR (30%) + PR (10%) + AG (70%)	205.47	210	97.84%
CR (45%) + PR (10%) + AG (55%)	183.85	210	87.55%
CR (15%) + PR (15%) + AG (85%)	204.35	210	97.31%
CR (30%) + PR (15%) + AG (70%)	203.41	210	96.86%
CR (45%) + PR (15%) + AG (55%)	170.71	210	81.29%

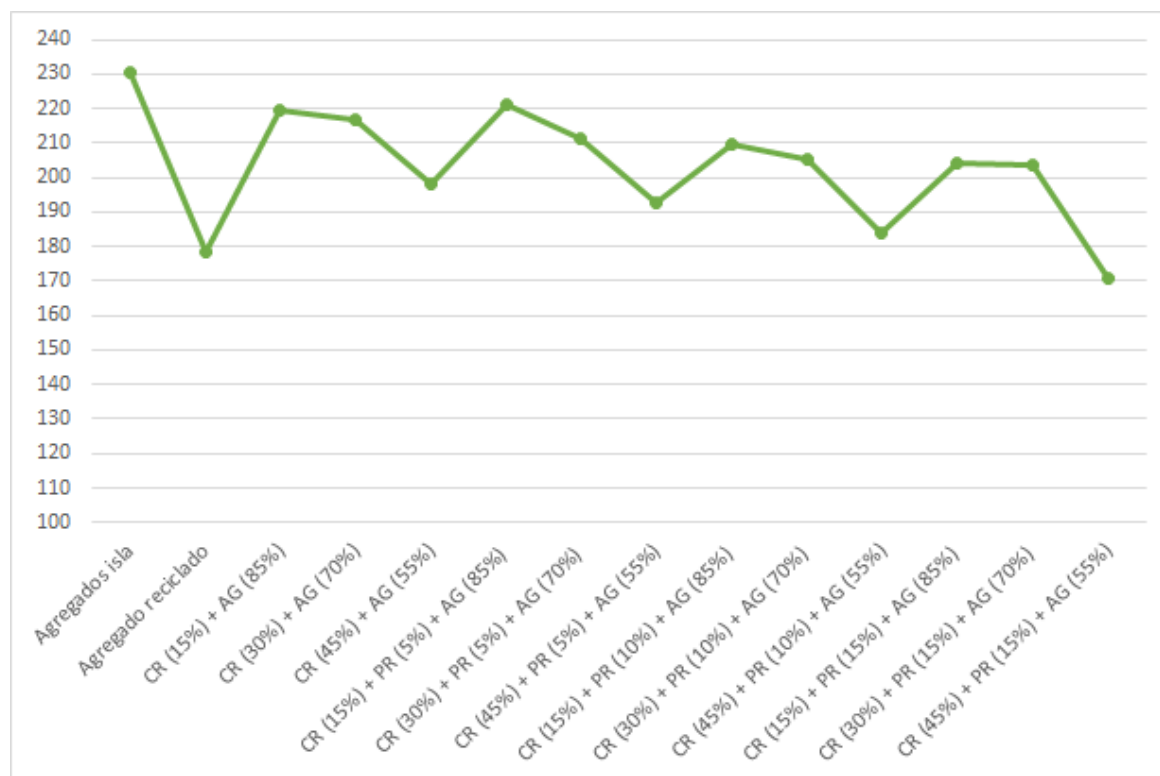
*Nota:* CR: Concreto reciclado, PR: polímero reciclado (PET) y AG: Agregados naturales

De la tabla 17, se aprecia que: En concordancia a los datos obtenidos del ensayo a compresión de testigos de concreto a la edad de 28 días que han sido curados, que de las combinaciones de concreto reciclado sumado a polímero reciclado y agregado natural cumplen con el porcentaje especificado respecto al diseño de mezclas para el cual fueron diseñadas, sin embargo se tienen resultados de las combinaciones de concreto reciclado de 15%, 30%, 45%, teniendo los siguientes resultados podemos apreciar que las siguientes combinaciones no llegan

a cumplir con la resistencia de diseño, siendo las siguientes: concreto reciclado 45% + agregado natural 55%, concreto reciclado 45% + agregado natural 55% +polímero reciclado de 5%, 10% y 15% respectivamente, concreto reciclado 30% + agregado natural 70%+polímero reciclado de 10% y 15%, concreto reciclado 15% + agregado natural 85% +polímero reciclado de 15% no llegan a la resistencia especificada del diseño de mezclas, por lo tanto dichas combinaciones no son recomendables.

### Figura 6

*Datos de resistencia a la compresión bajo un proceso de curado de 28 días*



De la figura, se aprecia que: de las resistencias promedio a edad de 28 días de curado, de las combinaciones de concreto reciclado 15% sumado con agregado natural al 85% tiene un resultado de 104.43%, concreto reciclado 30% sumado a agregado natural 70% tiene un resultado de 103.14%, y concreto reciclado 15% con adición de agregado natural al 85% + polímero 5% tiene un resultado de 105.24% llegando a obtener una resistencia mayor respecto al diseño elaborado.



**Tabla 31**

*Resumen de comportamiento de curado en la resistencia de compresión*

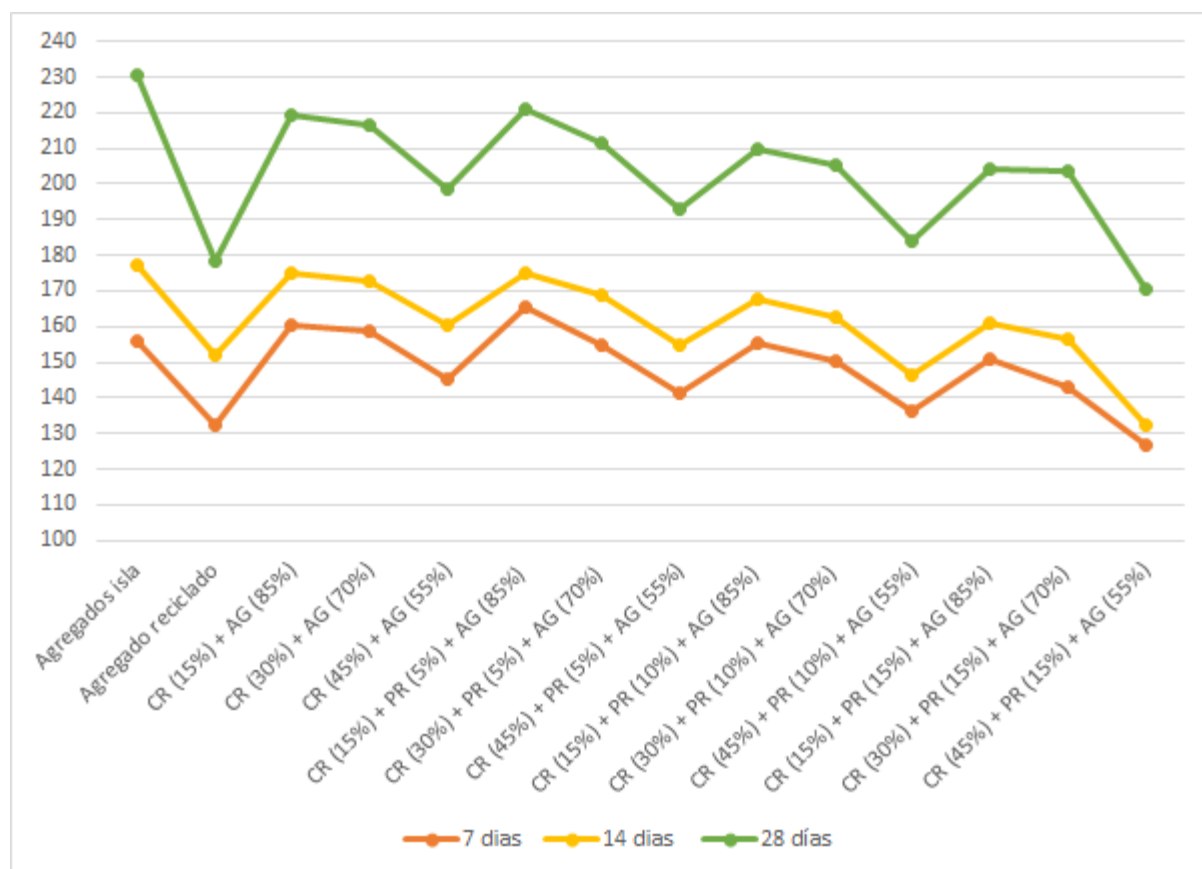
<b>Combinación</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
Agregados isla	156	177.08	230.72
Agregado reciclado	132.24	152.04	178.41
CR (15%) + AG (85%)	160.16	175.01	219.3
CR (30%) + AG (70%)	158.77	172.67	216.59
CR (45%) + AG (55%)	145.08	160.14	198.28
CR (15%) + AG (85%) + PR (5%)	165.24	174.92	221
CR (30%) + AG (70%) + PR (5%)	154.58	168.7	211.33
CR (45%) + AG (55%)+ PR (5%)	141.51	154.91	192.76
CR (15%) + AG (85%) + PR (10%)	155.32	167.87	209.85
CR (30%) + AG (70%) + PR (10%)	150.14	162.6	205.47
CR (45%) + AG (55%)+ PR (10%)	136.06	146.21	183.85
CR (15%) + AG (85%) + PR (15%)	150.91	161.09	204.35
CR (30%) + AG (70%) + PR (15%)	143.01	156.61	203.41
CR (45%) + AG (55%)+ PR (15%)	126.88	132.31	170.71

*Nota:* CR: Concreto reciclado, PR: polímero reciclado (PET) y AG: Agregados naturales

De la tabla 18, se aprecia las roturas de concreto de 7,14,28 días de curado.

**Figura 7**

*Resumen de comportamiento de curado en la resistencia de compresión*



De la figura, se puede verificar que la media de resistencia (compresión) para los periodos de 7, 14 y 28 días en el proceso de curado, implica que se tiene mayores y mejores esfuerzos que parten de la rotura se tiene para la combinación de CR en una proporción de 15%, agregado natural en una proporción de 85%, además se considera a ello la combinación de 70% de agregado natural y 30% de agregado reciclado.



### 4.1.9. Principales mejoras de características

**Tabla 32**

*Mejora de propiedades*

Propiedad	Resultado	Diseño	Mejora
Asentamiento	3.6"	3-4"	14%
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	220.99	210	5.23%

Se aprecia que, en el objetivo principal del estudio, se ha tenido una mejora en el nivel de asentamiento al%, esto implica que se debe de utilizar agregado natural proveniente de la cantera Isla, con el cual se tiene un valor de 3.6" de Slump, además de un valor de 5.23% para la resistencia a niveles de compresión, esto implica el uso de agregado natural, que permite tener un valor de 220.99 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, significando la mejora de uso de material polimérico reciclado, esto para las proporciones de 5% de material PET reciclado, 85% de material agregado grueso y finalmente un 15% de concreto reciclado.



#### 4.2. Discusión de los resultados

En contraste con el objetivo general de la investigación sobre las mejoras de la reutilización de concreto reciclado y la adición de polímeros reciclados en la presente investigación se han mejorado propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, como principal valor, resistencia a la tracción y por último resistencia a la flexión, lo cual se ha investigado por Suárez (2020) en el cual ha determinado un valor óptimo de 25% de plástico y un 75% de arena como combinación para la producción de adoquines para la construcción. Entonces, es factible la reutilización de elementos o materiales que son desechos como el polietileno (baja densidad) para a la producción de adoquines y darles una segunda oportunidad a productos similares, a la vez reducir el índice de contaminación de la ciudad. En el estudio realizado por (Tipán, 2023), el proceso de investigación se basa en fase como el reconocimiento del lugar, el desarrollo de las evaluaciones del pavimento, en la que se deben de evaluar la función del pavimento, la geotécnica del pavimento, la evaluación de la estructura de los pavimentos, la fase de interpretación de datos y las conclusiones y recomendaciones correspondientes. Como conclusiones se ha tenido que el estudio reduce los efectos negativos en el medio ambiente, la reducción de costos elevados en la materia prima y reducción de actividades de mantenimiento. En otro estudio realizado por (Valbuena, 2021), el cual ha utilizado herramientas para la recolección de información es el análisis de las investigaciones previas y el análisis comparativo y los instrumentos de investigación es el equipo de concretos, balanzas, equipos de compresión y otros equipos de laboratorio. En tanto, se concluye que la resistencia de prototipos finales tiene un parámetro dentro de las normativas, pero tiene una nula adsorción de agua, es decir el adoquín con adición de plástico HDPE, tiene mejor contribución con el medio ambiente, es mejor resistente y tiene un 90%



de material reciclable, pero no es recomendable como asfalto debido a que se tiene repulsión de agua por parte de las partículas de plástico.

En relación al objetivo específico 1, sobre las principales características de la combinación de materiales, se ha estudiado el agregado fino y grueso en la presente investigación, lo cual tiene concordancia con el estudio realizado por Vargas (2023), sus hallazgos resaltan la reducción de uso de recurso naturales, esto a medida que se reutilicen materiales de construcción, además de la reducción de residuos y la mejora de gestión de residuos, otro factor importante es la reducción de costos, el ahorro de agua, entre otros. Entonces, el concreto reciclado ha contribuido de forma significativa en la sostenibilidad ambiental, esto a par que reduce la extracción de recursos naturales, a la vez, se minimizan las emisiones de gases de efecto invernadero, todo ello comparado con los procesos convencionales. En el estudio realizado por (Balla & Yupa, 2023) encontró resultados de incremento de resistencia del concreto con la adición de algún material reciclado, esto hasta valores de 50% como adición de material reciclado, pero esto constituye una reducción del 10% de absorción de agua frente a método convencionales. Para los casos de agregado de PET los valores comprende de 5 a 25% que permite lograr 21 MPa y mejora en propiedades como la flexión, para el caso del caucho se tienen experimentos de 2 y 6% en la sustitución de agregado convencional y para el caso de vidrio de tiene estudio de 10 a 40% como material sustituto, lo que implica lograr una mayor resistencia a la comprensión de valores hasta 28 MPa. Como conclusión, se tiene los materiales reciclados permiten incrementar la durabilidad del concreto esto en función del porcentaje que se añade, además se debe tomar en consideración las relaciones de agua y cemento que tiene rangos de 0.45 a 0.62, y otro factor influyen es la edad de curado.



En relación con el objetivo específico 2, sobre las proporciones óptimas de los materiales en la mezcla se tiene el uso de PET, de valores de 5%, 10% y 15% y esto adicionado los demás estudio, por lo tanto se tiene algunas similitudes con estudio como el desarrollado por E. Quispe (2022), para ello se ha utilizado briquetas de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de composición de residuos producidos de actividades de la construcción y productos en la demolición como agregado grueso, obteniéndose valores de Slump de 3.5 a 3.8 con una resistencia a la compresión de 210 kg/m<sup>2</sup>, lo cual cumple con la normativa actual. Para valores de agregado reciclado superior al 50% la resistencia cae por debajo de lo establecido, lo que es recomendable tener composición de material reciclado menor a ese porcentaje.

En el estudio hecho por (Valer, 2020), sobre las condiciones de pavimento rígido, para ello se han analizado proporciones de material reciclado de 2%, 5% y 7.5% que han demostrado incremento en las propiedades mecánicas del concreto, en estos experimentos se ha determinado que el 5% de material PET reciclado ha mostrado mayor resistencias a la compresión en un 13.42% y mejora del 22.09% en relación al concreto estándar. Es decir, los resultados se han determinado por medio de ensayos AASTHO-93 para la elaboración y diseño de pavimento rígido, en el cual el espesor de concreto es de 23cm y del reforzado es de 20cm, obteniendo con ello una reducción de 3cm y con ello también se reduce los costos. A todo ello, se suma que la idea que reducir el impacto ambiental al reutilizar residuos como el PET, permite incrementar las propiedades mecánicas de las infraestructuras viales, para el caso de pavimento rígido. En el estudio realizado por (Vasquez, 2014), los resultados se tiene la experimentación de materiales adicionales como el PVC, HDPE, PP y PET, como reemplazo del agregado, lo que ha determinado un efecto directo y positivo a la resistencia de la compresión, también se ha visto incremento en lo positivo en la



tracción y la flexión. además de la mejora de resistencia. Se ha determinado que el plástico con un valor del 10% o menor a ello como agregado natural, logra un 25% de incremento de resistencia al concreto, lo que implica una mejora en los productos finales. En el estudio realizado por (Bustamante & Salazar, 2022) la investigación se hace en base al diseño de pavimento rígido es decir en base a AADTHO 93, el cual contiene un espesor de 150mm y una sub base de 150 mm. Se ha tenido resultado en 28 días de valores de resistencia a la compresión de 289.599 kg/cm<sup>2</sup>, con material agregado reciclado del 20% se tiene un valor de 242.692 kg/cm<sup>2</sup> con el 30% un valor de 221.278 kg/cm<sup>2</sup> con el 40% un valor de 239.633 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, todos los resultados han logrado cumplir con la normativa de 210 kg/cm<sup>2</sup>, es decir que se puede aplicar en casos reales, lo que hace que se reduzca el consumo de recursos naturales, así como lograr el incremento de la resistencia a la compresión, bajo estos diseño y metodologías. En el estudio realizado por (Castro, 2021a) en la cual se ha identificado el objetivo de evaluar el comportamiento de adición de PET reciclado en la resistencia de concreto, el cual tiene un estándar de 210 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión. Se realizó ensayos con composiciones de 5%, 10% y 1% de agregado fino, lo cuales se analizan para ver el grado de incremento de la resistencia a compresión bajo esos parámetros, entonces, se constituye una premisa sobre de material reciclado en cuanto más sea su proporción se tenga reducción en la resistencia a la compresión, lo que implica que se debe tener un resultado óptimo sobre el valor de material reciclado, es decir que la resistencia a la compresión ha sufrido un incremento del 65.52% en la primera semana y estableciendo su valor al 88.78% en la cuarta semana, siendo el valor óptimo para el PET de 15%, siendo los valores de 46.35% para la primera semana y 63.64% para la cuarta semana.



De la misma manera sobre el objetivo específico 3, sobre las variaciones de propiedades se tiene valores de composición importantes en el estudio, lo cual se puede apreciar en la investigación realizada por (R. Quispe, 2023) en donde la población de estudio 45 unidades, de las cual se han analizado 9 de ellas con una sustitución de material convencional con un 0%, 5%, 10%, 15% y 20% con material plástico. Para la recolección de datos, previamente se han utilizado procesos para acondicionado de material reciclado, los cuales serán analizados en ensayos de laboratorio y sometidos a esas pruebas, de las cual se han obtenido como resistencia de 198.3, 173, 161 y 135.3 kg/cm<sup>2</sup>, lo que son valores por muy debajo de los establecido del 210 kg/cm<sup>2</sup>. Entonces, como conclusión, se tiene los daros encontrado poseen un descendiente porcentaje de cumplimiento con el valor estándar, lo que implica que se debe tomar algunos aditivos más para elevar el valor de resistencia y buscar con ello, otros materiales. En el estudio desarrollado por (R. Mamani, 2024) realizo experimentos se ha aplicado el ensayo en 90 briquetas según establecido las NTP, en la cual se ha adicionado Nanosilica en proporciones de 1% y 1.2% y fibras de vidrio en porcentajes de 1% y 1.5%, lo que ha elevado la resistencia a 216.70%, mientras que se ha tenido influencia positiva de los aditivos frente los procedimientos convencionales. Entonces, se tiene como porcentajes óptimos la de 1.2% de Nanosilica y 1.5% en lo referente a fibra de vidrio, lo que incrementa de forma importante la resistencia del concreto, y demás propiedades mecánicas. En otra investigación realizada por (Salas, 2024), la metodología parte por un estudio de experimental y aplicativo, en el cual se tiene 180 muestras según las normas NTP, de las cuales se tienen adiciones de 3% y 4% de polvo e grafito y del incorporador de aire en un 0.05% y 0.10%. Los ensayos de prueba se realizan por una muestra de patrón de agregados que se encuentra en la cantera de Isla. Dentro de los resultados



se ha observado una reducción en la trabajabilidad por la adición de grafito, mientras que pasa lo contrario con la adición de aditivos que incrementan este valor. Dentro de los resultados óptimos se ha tenido un valor de 4% para el grafito que ha logrado un valor de 230.53 kg/cm<sup>2</sup> y en 0.10% para la dosificación de aditivo incorporador. En el realizado de la investigación por (Nina, 2023), en la cual se emplea un diseño cuasi experimental, en la cual se incluyen patrones y muestras con composiciones de fibras PET de valores de 2%, 4% y 6% respectivamente. Los resultados se centran en un estudio de 28 días en el cual los valores han determinado un incremento del 107% en los valores de flexión y un incremento del 118.6% en lo relacionado con la resistencia a la compresión, sin embargo, se han tenido resultado de reducción en la trabajabilidad. En conclusión, la adición de 2% de fibras PET permite un incremento importante en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, lo que hace que el uso de materiales reciclados sea factible tanto económicamente y sostenible en el medio ambiente, lo que lo hace también rentable en la industria de la construcción.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se ha determinado la mejora del diseño específico de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  por medio de la reutilización de materiales reciclado como polímeros y concretos, los cuales cumplen el rol de material agregado, lo cual se puede apreciar en propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, además de mejora propiedades como Slump. Todo ello en función a la reducción del impacto ambiental que producen las actividades de construcción, además de que sirva como medio de soporte para otras investigaciones y el desarrollo de otras combinaciones de mezclas de materiales.

**SEGUNDA:** Se conoció las principales características del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados, en la cual se tiene un porcentajes de trabajo como el cemento reciclado de variaciones de (15, 30 y 45%), además a ello se adición polímero reciclado en este caso de PET en porcentaje de (5%, 10% y 15%), mientras que para el Agregado se tiene valores de porcentajes como (55%, 70% y 85%), lo cual se haría y se realizan los ensayos correspondientes, además con ello lograr una solución óptima y las cantidades para lograr un máximo incremento de propiedades del concreto rígido.

**TERCERA:** Se verificó las proporciones óptimas del diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados, se ha obtenido un valor de 15% concreto reciclado, 5% de polímero reciclado y 85% de agregados naturales que ha permitido lograr un máximo de  $220.99\text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la compresión, lo cual cumple con el diseño planificado, a la vez se usan residuos reciclados, lo que asegura que se reducen el impacto ambiental de eso residuos y a la vez genera una reducción del costos de materiales utilizados.



**CUARTA:** Se evaluó las variaciones de propiedades diseño de pavimento rígido de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , combinación de concreto y polímeros reciclados, lo cual se centran en propiedades importantes como la resistencia a la compresión que tiene valor de  $220.99\text{kg/cm}^2$ , lo cual implica una mejora de 5.23% sobre el diseño establecido, lo cual implica un incremento importante de las características de producto final y a la vez adicionando elementos reciclados.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se recomienda que se realice las evaluaciones de la resistencia con la adición de polímeros reciclados, con diferentes plásticos, lo cual puede incrementar la durabilidad, mejora de resistencia a fisuras y la flexibilidad, además de tener énfasis en la proporción de adición de PET, que deben estar cerca de los valores de 2 a 10%, según la literatura estudiada.

**SEGUNDA:** Se recomienda tener consideración en aspectos de medición y precisión en laboratorios, acerca de la resistencia a la compresión, el estudio de los parámetros de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a la vez analizar los módulos de elasticidades que permite soportar las deformaciones de cargas bajo tráfico. Otro factor importante son la flexión y la tracción, luego de ello se debe de analizar la abrasión, las propiedades que están bajo su resistencia y demás, lo cual permite la adición de materiales para su mejoramiento, como son el caso de cenizas.

**TERCERA:** Se recomienda tener consideración con las proporciones de agregados que deben estar en valores de 15% y 30%, generalmente de concreto triturado, lo que balancea el impacto ambiental y evitar pérdida mínima de la resistencia, en lo relacionado a los polímeros se debe de tener consideración en estudio de 5% y 10% de adición, lo cual debe establecer una media de trabajo cerca de 10%, y mantener una buena resistencia a la compresión. En cuanto a la relación agua y cemento esta debe mantenerse en el rango del 0.4 a 0.56, para mantener la resistencia adecuado e incorporar PET para lograr un trabajabilidad buena y manteniendo de la resistencia a la compresión.

**CUARTA:** Se recomienda también establecer parámetros para el PET agregado y las condiciones de tratamiento previos a la incorporación de la mezcla, el proceso permite garantizar la mejora de propiedades mecánicas y físicas del concreto, lo que permite la reutilización de materiales reciclados.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrianzen, O. J., Azula Vásquez, J. J., Pacherras Sánchez, C. F., Rodriguez Lafitte, E. D., & Muñoz Perez, S. P. (2022). Uso de distintos tipos de fibras para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica: Una revisión literaria. *Infraestructura Vial*, 24(43), 1–16.  
<https://doi.org/10.15517/iv.v24i43.47931>
- Agip, F., & Bustamante, J. (2022). *Influencia del uso de fibras Pet recicladas en las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico f'c 210 kg/cm2, Chiclayo 2022*.  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arteaga, J. (2019). *Analisis del comportamiento de la base cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado*.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/579c6b6e-04cf-43f1-b94f-0ac55106c03e/content>
- Bailón, J., & Huatuco, E. (2021). Uso de plástico PET como agregado en la fabricación de unidades de albañilería ecológica para la construcción de muros de cerramiento en el sector Cooperativa Santa Isabel, distrito de Huancayo, al 2021. *Universidad Continental*, 144.  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10451>
- Balla, D., & Yupa, J. (2023). *Comportamiento mecánico y durabilidad de un hormigón reciclado con fines estructurales en el Ecuador. Un estudio de revisión*. [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11591/1/Balla P%2C Edwin D. Yupa A%2C Jhonnatan J. %282023%29\\_Compportamiento mecánico y durabilidad de un hormigón.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11591/1/Balla_P%2C_Edwin_D._Yupa_A%2C_Jhonnatan_J._%282023%29_Compportamiento_mecánico_y_durabilidad_de_un_hormigón.pdf)



Bernaldo, S. (2023). *Influencia de fibras de acero y pet reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente, Huancayo Junín 2022.*

Burga, G., & Goicochea, L. (2024). *Diseño de pavimentos flexibles mediante la comparación del pavimento convencional y el pavimento PET.* 1–29.

Bustamante, R., & Salazar, F. (2022). *Diseño de un pavimento rígido incorporando concreto reciclado en el Centro Poblado de Yacango, Distrito de Torata - Moquegua 2022.*

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cabrera, L. (2021). *Influencia del uso de PET como reciclado como reemplazo de agregados en la respuesta mecánica y durabilidad de mezclas asfálticas.* 6.

Camacho, A., & Espinoza, M. (2022). *Aplicación de la fibra de plástico reciclado para el mejoramiento de pavimento rígido, caso Av. Manuel E. Cordero y Av. Mariscal Castilla - Huancané - Puno.*

Castro, J. (2021a). *Determinación y evaluación del comportamiento mecánico del concreto mediante adición de plástico reciclado (PET) en la construcción de edificaciones para la ciudad de Abancay.* 1–164.

Castro, J. (2021b). *Determinación y evaluación del comportamiento mecánico del concreto mediante adición de plástico reciclado (PET) en la construcción de edificaciones para la ciudad de Abancay.*

Cavalcanti Hinostroza Abad, I. E. (2022). *Propuesta de diseño de mezcla asfáltica con adiciones recicladas compuestas De PET en asfalto caliente en el distrito de San Juan De Lurigancho.*

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/667832/Cav>



alcanti\_CJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Ceimi, L., & Samillan, D. (2023). *Diseño de pavimento rígido utilizando concreto reciclado como agregado grueso en Avenida Central San Juan de Lurigancho, 2023*. pavimento, asfalto, transitabilidad, estudio, vehículo viii

Contreras, J. K., & Ríos, J. M. (2021). Uso de materiales reciclables en el asfalto para pavimento rurales: una revisión sistemática entre 2009-2019.

*Universidad Privada Del Norte.*

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27452>

Corimanya, A., & Cristobal, W. (2023). *Análisis de desempeño al concreto hidráulico de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> para el diseño de pavimento rígido, mediante la inclusión del caucho y polietileno tereftalato (PET) reciclados, en la ciudad de Arequipa - 202*.

De la Cruz, S., & Orihuela, V. (2023). Efecto de la adición del concreto reciclado en la estabilidad marshall en pavimentos flexibles, Moquegua, 2023. *High Tech Engineering Journal*, 61–72.

Encajima, C. (2022). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas del concreto con adición de fibra de alambre reciclado para pavimentos rígidos, 2022*.

Escalante, J., & Tito, N. (2021). *Reciclado de Concreto Hidraulico para el mejoramiento del CBR en subrasantes de Suelo Arcillosos en Carreteras*. 1–128.

[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4692/T030\\_474](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4692/T030_474)

65233\_T ESCALANTE JIHUALLANCA JONATHAN

STAYLER.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernandez, M. (2019). *Análisis de las características físicas-mecánicas del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado y adoquín convencional TIPO I*.



- Ferrer, E., & Soliz, S. (2017). *Material Reciclado Y Reducción Del Agrietamiento En Pavimentos Rígidos*": Una Revisión De La Literatura Científica. *Ucv*, 358.
- Flores, N. (2023). *Estudio técnico y ambiental de suelos de canteras ubicadas fuera del medio urbano para su empleo sostenible en la construcción de pavimento de la ciudad de Puno*.
- Huanca, E. (2023). *Análisis de la influencia de la ceniza volante como sustituto del cemento Portland en las propiedades del concreto en la ciudad de Juliaca*.
- Mallqui, B. A. (2022). *Adición De Porcentajes Al 16%, 32% Y 48 % De Concreto Reciclado Al Diseño De Pavimento Rígido Para Mejorar Las Propiedades De Físico Mecánicas, Lima 2022*". file:///C:/Users/OSORIO/Downloads/Mallqui Matienzo Bryan Adrián.pdf
- Mamani, C. (2024). *Incidencia del uso de escombros de concreto y ladrillo sobre las características físicas y mecánicas del concreto convencional en la ciudad de Juliaca*.
- Mamani, R. (2024). *Incidencia de la adición del aditivo Nanosilice y fibras de vidrio en diversas dosificaciones sobre la propiedad mecánica del concreto convencional en la provincia de San Román*.
- Monrroy, G. E. (2022). *Factibilidad De Desarrollar Pavimentos Con Plástico Reciclado*. 1–9. <https://doi.org/10.26507/ponencia.853>
- Nina, E. (2023). *Influencia de las fibras recicladas de polietileno tereftalato en las propiedades mecánicas del concreto hidráulico en el distrito de San Miguel*.
- Obando, J. (2022). *Tecnologías de reciclaje de plástico PET para la aplicación en pavimentos flexibles de ciclovías en Colombia*.
- Quispe, E. (2022). *Formulación de pavimento rígido utilizando Concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, Región Ayacucho*. 158.



- Quispe, R. (2023). *Influencia del agregado grueso proveniente del caucho de neumático reciclado en el concreto de cemento portland convencional*. 13(1), 104–116.
- Restrepo, M., & Navarro, W. (2021). Evaluación técnica, económica y ambiental para carpeta de rodadura con PET reciclado. *Repositorio Institucional UCC* [Http://Hdl. Handle. Net/20.500, 12494, 34314](http://hdl.handle.net/20.500.12494.34314).
- Salas, R. (2024). *Incidencia del empleo de grafito en polvo y aditivo incorporador de aire sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto convencional en la ciudad de Juliaca*.
- Sanchez, H. (2024). *Influencia de la adición de vidrio sódico cálcico reciclado en diversos porcentajes sobre las propiedades física mecánicas del ladrillo artesanal producido en la ciudad de Juliaca*.
- Sanchez, N. (2023). *Estabilización de subrasantes de baja capacidad portante utilizando residuos de construcción y demolición de concreto , sector 1 Urrunaga-José Leonardo Ortiz*. 1–86.
- Saucedo, J. A., Atoche, J. J., & Muñoz Pérez, S. P. (2021). Uso de los agregados PET en la elaboración del concreto: Revisión de la literatura. *Avances Investigación En Ingeniería*, 18(2), 1–12. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6942>
- Soto, T. (2024). Estudio del comportamiento mecánico del concreto para pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero reciclado en la ciudad de Juliaca. *Ayañ*, 15(1), 37–48.
- Suárez, J. G. (2020). *Estudio de la factibilidad para la producción de adoquines no convencionales a partir de la reutilización del polietileno de baja densidad en la ciudad de Ibagué*. 163. <https://hdl.handle.net/20.500.12313/2314>



- Tipán, J. (2023). *Evaluación estructural y diseño de la rehabilitación del pavimento asfáltico, empleando una base asfáltica reciclada con cemento, en la carretera Macas – Sinaí, ubicada en la provincia de Morona Santiago.*
- Turpo, S. M. (2019). *Reciclado de plástico (PET) para la elaboración de adoquín mediante el proceso de extrusión.* 88.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12840/2116>
- Valbuena, S. (2021). *Diseño y prototipaje de adoquín de bajo tráfico vehicular tipo gramadoquin usando plástico de alta densidad reciclado tipo HDPE.*
- Valer, P. (2020). *Mejoramiento en el Diseño de un Pavimento Rígido Incorporando Fibras de Plástico PET Reciclado, 2020.* 1–91.
- Vargas, A. (2022). *Efecto de adición de partículas de plástico reciclado en las propiedades física - mecánicas de pavimento.*
- Vargas, S. (2023). *Uso Potencial del Concreto Reciclado en el Desarrollo de Materiales para la Construcción.* 2–28.  
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/2c847165-90c8-4202-b09b-db640e480307/content>
- Vasquez, A. (2014). *Efecto de las adiciones de plástico reciclado en diferentes porcentajes, en las propiedades mecánicas del concreto, acorde a los resultados obtenidos en anteriores investigaciones, Cajamarca 2021.*
- Yana, J. (2023). *Influencia del uso de vidrio reciclado molido como reemplazo del agregado fino sobre la propiedad mecánica del concreto hidráulico en la ciudad de Juliaca. AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam, VIII(I), 1–19.*

## Anexo 1. Matriz de consistencia

### REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				METODOLOGÍA
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN	
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>V.I.</b>	Composición de mezcla  Propiedades mecánicas  Durabilidad	Proporción de PET reciclado  Proporción de agregado reciclado  Resistencia a la compresión  Absorción de agua	%  %  kg/cm2  %	<b>Método</b> -Cuantitativo <b>Diseño</b> - Experimental <b>Tipo</b> -Aplicativo <b>Nivel</b> -Explicativo <b>Población</b> - 80 briquetas <b>Muestra</b> - 14 briquetas con diferentes composiciones de adición de concreto reciclado y PET reciclado
PG.- ¿Cuál es la mejora del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2 por medio de la reutilización de concreto reciclado con la adición de polímeros reciclados como material agregado en la ciudad de Juliaca – 2024?	OG. – Determinar la mejora del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2 por medio de la reutilización de concreto reciclado con la adición de polímeros reciclados como material agregado en la ciudad de Juliaca – 2024	HG: El diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2 mejora considerablemente por medio de la reutilización de concreto reciclado con la adición de polímeros reciclados como material agregado en la ciudad de Juliaca – 2024	<b>Concreto reciclado</b>				
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>	<b>V.D.</b>	Resistencia estructural	Resistencia a la flexión  Resistencia a la compresión  Resistencia a la tracción	kg/cm2  kg/cm2  kg/cm2	<b>Técnicas</b> -Observación -Análisis documental -Equipo de laboratorio de análisis de briquetas. <b>Instrumentos</b> -Guías de observación -Guías de análisis documental - Procedimiento de ensayos de laboratorio de materiales
PE1.- ¿Cuáles son las principales características del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024? PE2.- ¿Cuáles son las proporciones óptimas del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024? PE3.- ¿Cuáles son las variaciones del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024?	OE1.- Conocer las principales características del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024 OE2.- Verificar las proporciones óptimas del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024 OE3.- Evaluar las variaciones de propiedades diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca - 2024	HE1.- Las principales características del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, combinación de concreto y polímeros reciclados es fácil de reconocer en la ciudad de Juliaca – 2024 HE2.- Las proporciones del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, se pueden optimizar con la combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca – 2024 HE3.- Las variaciones de propiedades del diseño de pavimento rígido de resistencia f'c=210kg/cm2, se ha incrementado con la combinación de concreto y polímeros reciclados en la ciudad de Juliaca -2024	<b>Pavimento rígido</b>				

## Anexo 2. Instrumentos de investigación

### LABORATORIO DE INVESTIGACION & ENSAYOS EN MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

#### A & M GEOLAB SOIL INGENIEROS - CONTROL Y CALIDAD EN OBRAS CIVILES

<b>PROYECTO</b>	: TESIS DE MAESTRIA
<b>TEMA</b>	: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024
<b>SOLICITANTE</b>	: ITO PILCO, VANESSA
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: ISLA 85% - CONCRETO RECICLADO 15%
<b>FECHA</b>	: 15 DE MAYO DEL 2024

### ANÁLISIS MECANICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

#### AGREGADO FINO (ARENA)

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A -Peso de muestra secada al horno <u>485.54</u>
N° 4	0	0.00	0.00	100.00	B -Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	105.68	21.14	21.14	78.86	Wc -Peso del picnómetro con agua <u>1312.99</u>
N° 16	140.8	28.16	49.30	50.70	W -Peso del Pic. + muestra + agua <u>1617.00</u>
N° 30	106.00	21.20	70.50	29.50	<b><u>PESO ESPECIFICO</u></b>
N° 50	93.00	18.60	89.10	10.90	Wc+B = <u>1813</u> Wc+B-W = <u>196</u>
N° 100	41.75	8.35	97.45	2.55	Pe = $\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{2.55}{1617.00 - 1312.99} = 2.55$
N° 200	10.33	2.07	99.51	0.49	<b><u>ABSORCIÓN</u></b>
FONDO	2.44	0.49	100.00	0.00	B = <u>500.00</u> B-A = <u>14.46</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs = $\frac{(B-A) \times Pe}{100} = \frac{14.46 \times 2.55}{100} = 2.98$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					A
<b>Mf = MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.27</b>

## LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYOS EN MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

### A & M GEOLAB SOIL INGENIEROS - CONTROL Y CALIDAD EN OBRAS CIVILES

<b>PROYECTO</b>	: TESIS DE MAESTRIA
<b>TEMA</b>	: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024
<b>SOLICITANTE</b>	: ITO PILCO, VANESSA
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: ISLA 85% - CONCRETO RECICLADO 15%
<b>FECHA</b>	: 15 DE MAYO DEL 2024

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

##### NTP 339.185

AGREGADO FINO	
MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE	256.73
MUESTRA SECA + RECIPIENTE	250.06
PESO RECIPIENTE	34.95
PESO AGUA	6.67
PESO MUESTRA SECA	215.11
CONTENIDO DE HUMEDAD %	3.10

AGREGADO GRUESO	
MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE	317.98
MUESTRA SECA + RECIPIENTE	312.35
PESO RECIPIENTE	34.00
PESO AGUA	5.63
PESO MUESTRA SECA	278.35
CONTENIDO DE HUMEDAD %	2.02

#### PESOS UNITARIOS

##### NTP 400.017

AGREGADO FINO
---------------

AGREGADO GRUESO
-----------------

PESO UNITARIO SUELTO			
PESO MOLDE MUESTR A	PESO MOL DE	VOLUMEN MOLDE	P.U.S.
9684	6048	2198	1654
9729	6048	2198	1675
9688	6048	2198	1656
PROMEDIO			1662

PESO UNITARIO SUELTO			
PESO MOLDE MUESTRA	PESO MOLDE	VOLUMEN MOLDE	P.U.S.
10705	7173	2364.9	1494
10769	7173	2364.9	1521
10744	7173	2364.9	1510
PROMEDIO			1508

PESO UNITARIO COMPACTADO			
PESO MOLDE MUESTR A	PESO MOL DE	VOLUMEN MOLDE	P.U.C.
9879	6048	2198	1743
9895	6048	2198	1750
9877	6048	2198	1742
PROMEDIO			1745

PESO UNITARIO COMPACTADO			
PESO MOLDE MUESTRA	PESO MOLDE	VOLUMEN MOLDE	P.U.C.
10845	7173	2364.9	1553
10902	7173	2364.9	1577
10863	7173	2364.9	1560
PROMEDIO			1563

### Anexo 3. Ensayo de laboratorio.

## DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup>

<b>PROYECTO</b>	: TESIS DE MAESTRIA
<b>TEMA</b>	: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024
<b>SOLICITANTE</b>	: ITO PILCO, VANESSA
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMAN DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: ISLA 85% - CONCRETO RECICLADO 15%
<b>FECHA</b>	: 15 DE MAYO DEL 2024

### PROCESO DE DISEÑO:

**NORMAS: ACI 211.1.74  
ACI 211.1.81**

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup> a los 28 días entonces la resistencia promedio F'cr = 294 Kg./cm.<sup>2</sup>

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: 1/2" (12.70mm)

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

### RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.59	2.55
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1563	1745
P.U. Suelto	1508	1662
% de Absorción	3.38	2.98
% de Humedad Natural	2.02	3.10
Modulo de Fineza	-	3.27

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal: 1/2" (12.70mm)
- Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 215 Lt/m<sup>3</sup>
- Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.5 %
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.56
- De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:  
$$( 215 \text{ Lt/m}^3 ) / ( 0.56 ) = 384 \text{ Kg/m}^3$$
- De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.27 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1563 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal ( 1/2" (12.70mm) se recomienda el uso de 0.587 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:  
$$( 0.587 ) * ( 1563 ) = 918 \text{ Kg/m}^3$$

## DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup>

<b>PROYECTO</b>	: TESIS DE MAESTRIA
<b>TEMA</b>	: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'c=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024
<b>SOLICITANTE</b>	: ITO PILCO, VANESSA
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMAN DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: ISLA 85% - CONCRETO RECICLADO 15%
<b>FECHA</b>	: 15 DE MAYO DEL 2024

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

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

Volúmen absoluto de agua	= ( 215 ) / ( 1000 )	= 0.215
Volúmen absoluto de cemento	= ( 384 ) / ( 2.88 * 1000 )	= 0.133
Volúmen absoluto de agregado grueso	= ( 918 ) / ( 2.59 * 1000 )	= 0.354
Volúmen de aire atrapado	= ( 2.5 ) / ( 100 )	= 0.025
Volúmen sub total	=	0.728

Volúmen absoluto de arena

Por tanto el peso requerido de arena seca será de: = ( 1.000 - 0.728 ) = 0.272 m3

( 0.272 ) \* ( 2.55 ) \* 1000 = 695 Kg/m3

9, De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

Agregado grueso húmedo ( 918 ) \* ( 1.020226 ) = 936 Kg.  
Agregado Fino húmedo ( 695 ) \* ( 1.0310 ) = 716 Kg.

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

$$215 - 918 * \left( \frac{2.02 - 3.38}{100} \right) - 695 \left( \frac{3.10 - 2.98}{100} \right) = 227$$

### DOSIFICACION

MATERIALES	DOSIFICACION EN PESO SECO (Kg/m3)	PROPORCION EN VOLUMEN SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (Kg/m3)	PROPORCION EN VOLUMEN HUMEDO
Cemento	384	1.00	384	1.00
Agua	215	0.56	227	0.59
Agreg. Grueso	918	2.39	936	2.44
Agreg. Fino	695	1.81	716	1.87
Aire	2.5 %		2.5 %	

### 9.03 BOLSAS / m3 DE CEMENTO

#### DOSIFICACION POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	79.27 Kg.
Agregado grueso húmedo	:	103.64 Kg.
Agua efectiva	:	25.09 Kg.

#### DOSIFICACION POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies3

<b>1.0</b> Bolsa de Cemento:	Redondeo
- <b>1.69</b> p3 de Arena	<b>1.7</b> p3 de Arena
- <b>2.43</b> p3 de Grava	<b>2.4</b> p3 de Grava
- <b>25</b> Lt de Agua	<b>25</b> Lt de Agua

#### RECOMENDACIONES:

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

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

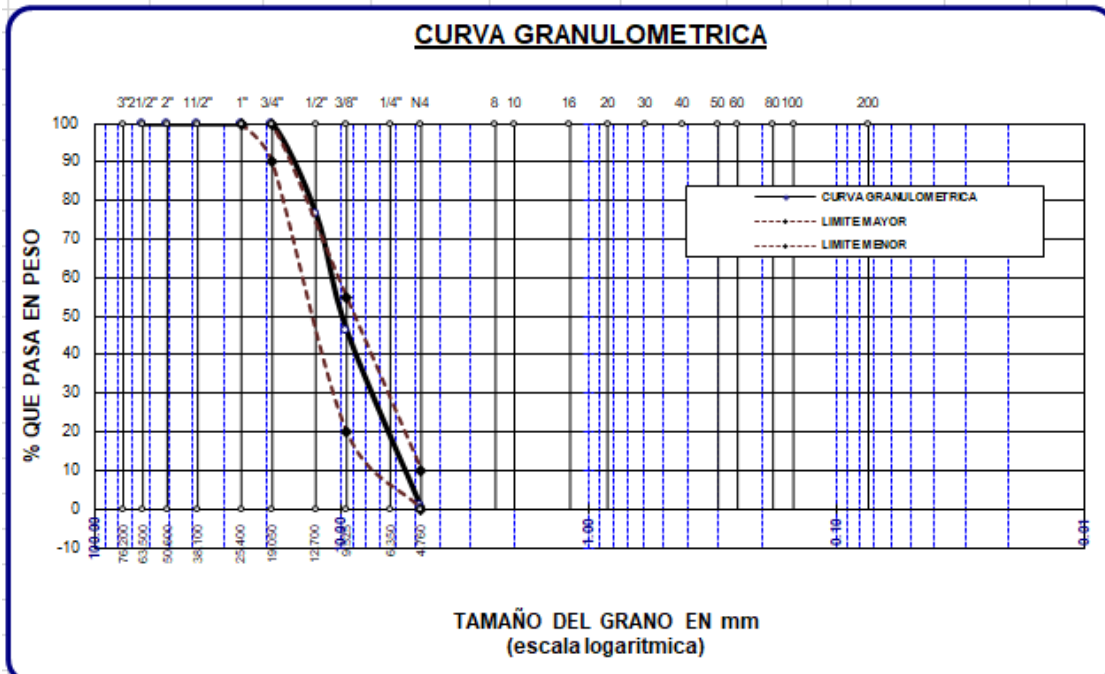
## LABORATORIO DE INVESTIGACION & ENSAYOS EN MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**A & M GEOLAB SOIL INGENIEROS - CONTROL Y CALIDAD EN OBRAS CIVILES**

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (NTP 400.012)

<b>PROYECTO</b>	: TESIS DE MAESTRIA
<b>TEMA</b>	:
	0 REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024
<b>SOLICITADO</b>	: ITO PILCO, VANESSA
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMAN DEPARTAMENTO DE PUNO
<b>CANTERA</b>	: ISLA 85% - CONCRETO RECICLADO 15%
<b>FECHA</b>	: 15 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 4000  Tamaño máx. = 3/4" Tamaño máx. nominal = 1/2"  OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	90 - 100 %	
1/2"	12.700	937.00	23.43	23.43	76.58	20 - 55 %	
3/8"	9.525	1225.00	30.63	54.05	45.95		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1814.00	45.35	99.40	0.60	0 - 10 %	
<b>BASE</b>		24.00	4.80	0.0	100.0		
<b>TOTAL</b>		4000.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.60					



OBSERVACIONES:

## LABORATORIO DE INVESTIGACION & ENSAYOS EN MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

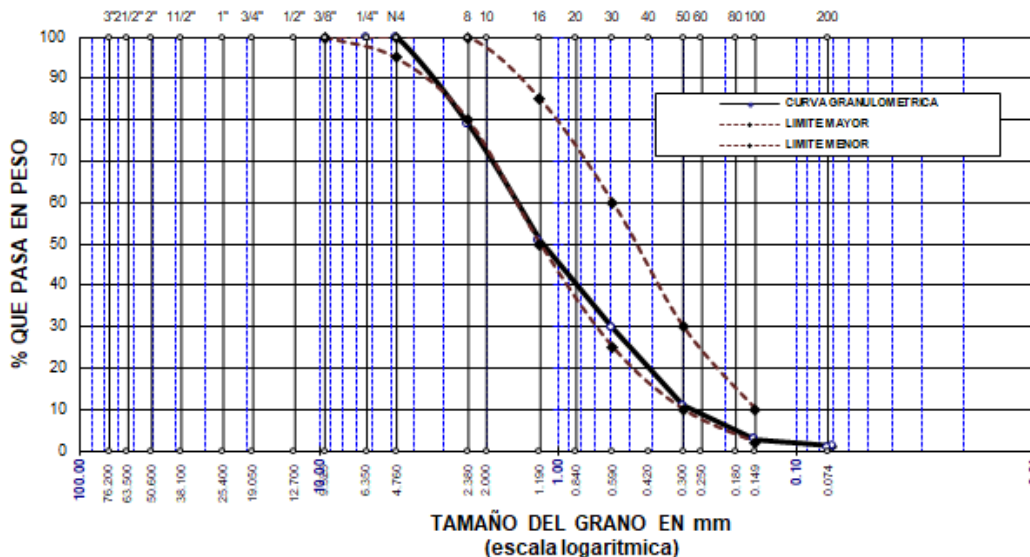
A & M GEOLAB SOIL INGENIEROS - CONTROL Y CALIDAD EN OBRAS CIVILES

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (NTP 400.012)

<b>PROYECTO</b>	: TESIS DE MAESTRIA
<b>TEMA</b>	: REUTILIZACIÓN DE CONCRETO RECICLADO, ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO F'C=210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE JULIACA-2024
<b>SOLICITADO</b>	: ITO PILCO, VANESSA
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMAN DEPARTAMEN
<b>CANtera</b>	: ISLA 85% - CONCRETO RECICLADO 15%
<b>FECHA</b>	: 15 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 Modulo de Fineza = 3.27 % que pasa la malla 200 = 0.49 OBSERVACIONES:
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	80 - 100 %	
No8	2.380	105.68	21.14	21.14	78.86		
No10	2.000						
No16	1.190	140.80	28.16	49.30	50.70	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	106.00	21.20	70.50	29.50	25 - 60 %	
No40	0.420						
No50	0.300	93.00	18.60	89.10	10.90	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	41.75	8.35	97.45	2.55	2-10%	
No200	0.074	10.33	2.07	99.51	0.49		
<b>BASE</b>		2.44	0.49	100	0		
<b>TOTAL</b>		500.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.49					

**CURVA GRANULOMETRICA**



OBSERVACIONES:



#### Anexo 4. Panel fotográfico

Fotográfico 1. Se muestra los materiales para moldeo de briquetas .



Fotográfico 2. Se muestra el ensayo de compresión cuando la briqueta que llego a fallar



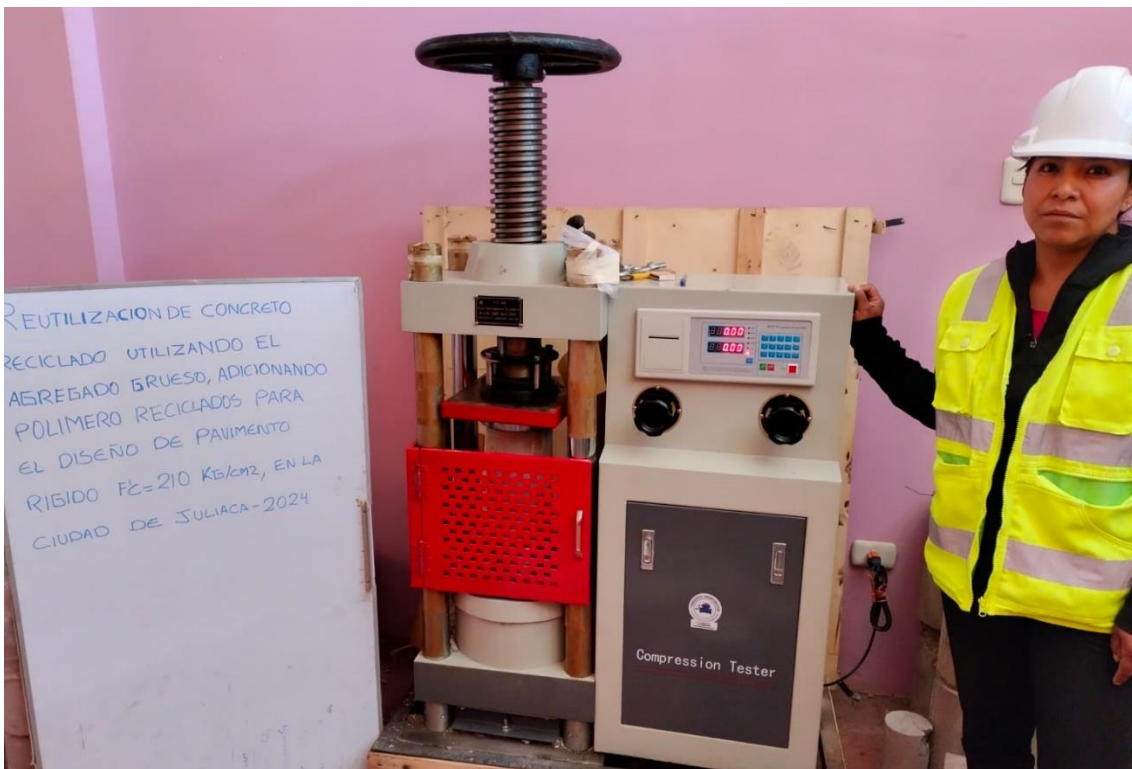
**Fotográfico 3.** Se muestra el ensayo de compresión a los 14 días.



**Fotográfico 4.** Se muestra el ensayo de compresión a los 14 días.



Fotográfico 5. Se muestra el ensayo de compresión a los 28 días.



Fotográfico 6. Se muestra el ensayo de compresión a los 28 días.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 09-05-25

1. Datos del autor (es):

Formulario with fields for author information: Nombres y Apellidos, Dirección, DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte, Teléfono, email, Facultad y/o Escuela de Posgrado, Escuela Profesional o Mención, Título o Grado Académico a optar, Asesor, Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones, Trabajo de Investigación, Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional, Trabajo Académico, Título, Palabras claves, ¿Esta obra se desarrolló en la UANCV?, and footnotes 1 and 2.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Titulo  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 – P50

---

Firma de Autor



huella digital

---

09-05-25

Fecha