

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto
Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Yheyson Salas Pampa
Hubert Nestor Hilasaca Sucapuca

Asesor:

Mg. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, agosto del 2026

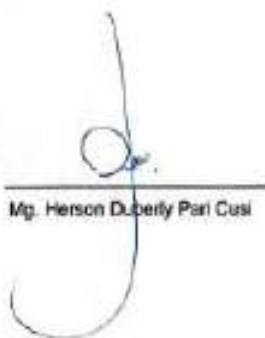
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Herson Duberly Pari Cusi, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%, de los autores Yheyson Salas Pampa y Hubert Nestor Hilasaca Sucapuca, tiene un índice de similitud del 12 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada. Firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 10 días del mes de septiembre del año 2026.



Mg. Herson Duberly Pari Cusi

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chufunquirani, a 10 día(s) del mes de agosto del año 2006
 las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del
 (de la) presidente(a)

Mtro Leonel Lichahuari Paezan el (la) secretario(a): Dr. Edwin Parillo E. Jaramana
 y los demás miembros Mg. Gonzalo William Pari Quispe
 y el (la) asesor(a) Mg. Heron Duberly Pari Quispe

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado

Evaluación del Agregado Reciclado de Parícutino en Concrete Nuevo con
Proporciones del 15%, 30% y 45%

del(los) bachiller(es): a) Yhinson Salas Pampa
 b) Hubert Néstor Hilasaca Lucapuca
 c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil
(Designación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Yhinson Salas Pampa

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B -</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b): Hubert Néstor Hilasaca Lucapuca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Buena</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente(a)
[Firma]
 Asesor(a)
[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretario(a)
 Miembro
 Bachiller (c)

ÍNDICE

Resumen	6
1. Introducción	6
2. Materiales y Métodos.....	7
2.1. Materiales.....	7
2.1.1 Cemento Portland tipo IP.....	7
2.1.2 Agregado de (Cantera Cabanillas)	8
2.1.3 Agregado de pavimento reciclado (RAP – M01 y M02)	8
2.2. Diseño Experimental.....	9
2.3. Caracterización de Materiales.....	10
2.3.1 Propiedades físicas de los agregados	10
2.3.2 Análisis granulométrico	11
2.3.3 Ensayo de esclerometría.....	12
2.3.4 Ensayo de Abrasión los Ángeles	13
2.4. Diseño de Mezcla.....	13
2.4.1 Proporciones de sustitución (15%, 30% y 45%) vigas prismáticas y especímenes	14
2.4.2 Dosificación del concreto.....	14
2.5. Preparación y curado de especímenes.....	15
2.5.1 Elaboración de probetas	15
2.5.2 Condiciones de curado	15
2.6. Ensayos de concreto	16
2.6.1 Ensayo de asentamiento (Slump).....	16
2.6.2 Resistencia a la compresión.....	17
2.6.3 Resistencia a la flexión.....	17
3. Resultados	18
3.1. Resistencia a la compresión	18
3.2. Resistencia a la flexión	19
3.3. Relación entre resistencia a compresión y flexión	19
3.4. Análisis estadístico de la resistencia a compresión y flexión	20
3.4.1 Análisis exploratorio de los datos.....	20
3.4.2 Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk)	22
3.4.3 Análisis de varianza (ANOVA).....	24
3.4.4 Comparaciones múltiples mediante el método de Tukey	25
3.4.5 Prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis.....	27
3.4.6 Comparaciones múltiples Post Hoc (Dunn)	29
4. Discusión	30

5. Conclusiones.....	32
Referencias.....	32
Anexos.....	34
Anexo 01. (a) Traslado de material de cantera Cabanillas, (b) Reconocimiento de RCD utilizado en el trabajo de investigación.....	34
Anexo 02. (a) Ensayo de Abrasión los Ángeles (b) Ensayo de Esclerometría.	35
Anexo 03. (a) Limpieza de material RAP, (b) Trituración de RAP tamaños 3/4" y 1/2".....	35
Anexo 04. (a), (b), (c), (d), (e) y (f) Caracterización de agregados: humedad, absorción, peso específico y granulometría.	36
Anexo 05. (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h), (i), (j), (k) y (l) Sustitución del agregado grueso por RAP en 15%, 30% y 45%, ensayo de asentamiento slump, elaboración de probetas cilíndricas, vigas prismáticas y curado a edades de 7, 14 y 28 días.	38
Anexo 06. (a) Resistencia a la flexión (ASTM C78 - NTP 339.078), (b) Peso de viga prismática.....	38
Anexo 07. (a) Resistencia a la compresión (ASTM C39 - NTP 339.034), (b) Rotura de especimen.	38
Anexo 08. Certificado de Ensayos de Laboratorio.....	39
Anexo 08.1. Certificado de ensayo de esclerometría del RAP – Muestra M01.....	39
Anexo 08.2. Certificado de ensayo de esclerometría del RAP – Muestra M02.....	40
Anexo 08.3. Certificado de abrasión Los Ángeles – Muestra M01.....	41
Anexo 08.4. Certificado de abrasión Los Ángeles – Muestra M02.....	42
Anexo 08.5. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión del concreto	43
Anexo 08.6. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión del concreto	48
Anexo 08.7. Certificados complementarios de caracterización de agregados.....	51
Evidencia de sumisión de artículo.....	56
Copia de resolución de inscripción del perfil del proyecto de tesis.....	58

Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%

Yheyson Salas ¹, Hubert Hilasaca ²

¹ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Peruana Unión, Juliaca - Perú; yheyson.salas@upeu.edu.pe

² Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Peruana Unión, Juliaca - Perú; hubert.hilasaca@upeu.edu.pe

Resumen

La reutilización de residuos de pavimento representa una alternativa sostenible frente al creciente consumo de agregados naturales en la industria de la construcción. En este contexto, el agregado reciclado de pavimento (RAP) ha despertado interés debido a su potencial aplicación en pavimentos rígidos. El presente estudio evaluó el comportamiento mecánico del concreto elaborado con RAP como sustitución parcial del agregado grueso natural en proporciones del 15%, 30% y 45%. Se desarrolló un estudio experimental bajo un enfoque cuantitativo considerando dos fuentes de RAP provenientes de la ciudad de Juliaca, denominados M01 y M02, además de un concreto patrón sin incorporación de material reciclado. Se evaluaron las resistencias a la compresión y a la flexión a edades de curado de 7, 14 y 28 días. Los resultados revelaron que la incorporación de RAP ejerce una influencia directa sobre el comportamiento mecánico del concreto. A los 28 días, la mezcla de concreto patrón alcanzó una resistencia a la compresión de 202.8 kg/cm², mientras que las mezclas con 15% de RAP registraron valores de 236.1 kg/cm² para M01 y 219 kg/cm² para M02, evidenciando un comportamiento favorable a bajos niveles de sustitución. Las mezclas con 30% de RAP muestran un comportamiento comparable al concreto patrón, mientras que las mezclas con 45% evidenciaron reducciones progresivas tanto en compresión como en flexión debido a la mayor heterogeneidad y menor rigidez del agregado reciclado. Los análisis estadísticos efectuados mediante ANOVA, Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples, mostraron diferencias significativas entre las mezclas evaluadas ($p < 0.05$). Los resultados demuestran que bajos y moderados niveles de incorporación de RAP representan una alternativa viable para la producción de concreto sostenible.

Palabras clave: RAP, Agregado reciclado de pavimento, Concreto Sostenible, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión, Sustitución de agregado grueso, Desempeño del concreto.

1. Introducción

Academic Editor: Firstname Last-name

Received: 01/07/2026

Revised: date

Accepted: date

Published: date

Copyright: © 2026 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#) license.

La construcción de infraestructuras constituye una de las actividades con mayor demanda de recursos naturales, especialmente debido al elevado consumo de agregados utilizados en la producción de concreto. Esta situación ha generado crecientes preocupaciones ambientales relacionadas con la sobreexplotación de canteras, el incremento de emisiones de carbono y la acumulación de (RCD). La reutilización de materiales en proyectos de ingeniería es una tendencia al alza que encaja perfectamente con la sostenibilidad y el concepto de economía circular [1].

Numerosos estudios han analizado el uso de agregados reciclados en concreto, reportando resultados variables según el tipo de material reciclado, la calidad del agregado y los porcentajes de sustitución empleados. Rout et al. [2] reporta el descenso en la

resistencia a la compresión de entre 2.7% y 37.35%, según el tratamiento y las propiedades del agregado. De manera similar, Reddy et al. [3], señalaron que el concreto tiene la capacidad de sostener un desempeño mecánico apropiado hasta valores de reemplazo cercanos al 20%, sin embargo, niveles superiores generan reducciones progresivas en la durabilidad y el desempeño mecánico del concreto.

Asimismo, diversos estudios han señalado que los agregados reciclados presentan mayores niveles de absorción y menor resistencia respecto a los agregados naturales, factores que afectan directamente la trabajabilidad y el desempeño mecánico del concreto [4]. Sin embargo, investigaciones recientes han identificado porcentajes óptimos de sustitución que permiten equilibrar el comportamiento estructural y sostener beneficios ambientales asociados al reciclaje de materiales [5]

En el ámbito nacional, diferentes investigaciones han demostrado que bajos niveles de sustitución con materiales reciclados pueden conservar e incluso mejorar determinadas propiedades mecánicas del concreto [6], [7]. No obstante, porcentajes elevados suelen generar una disminución progresiva de resistencia debido a la heterogeneidad y variabilidad del material reciclado [8], [9].

El agregado reciclado de pavimento (RAP) representa una alternativa sostenible debido a su potencial para reducir el consumo de agregados naturales y reutilizar residuos provenientes de pavimentos deteriorados. Además, su utilización contribuye a disminuir el impacto ambiental asociado a los procesos convencionales de construcción [10], [11]. No obstante, estudios recientes destacan la necesidad de profundizar en la caracterización mecánica de este tipo de materiales y en la evaluación experimental de su comportamiento dentro de nuevas mezclas de concreto [12].

En la ciudad de Juliaca no se identificaron investigaciones experimentales que evalúen específicamente el comportamiento mecánico del concreto incorporado con RAP en diferentes porcentajes de sustitución. En consecuencia, aún existe un vacío de investigación respecto a la viabilidad técnica de este material bajo condiciones locales.

La hipótesis de la investigación plantea que bajos y moderados porcentajes de sustitución de agregado grueso con RAP permiten mantener propiedades mecánicas comparables al concreto convencional, mientras que altos niveles de sustitución generan una disminución significativa del comportamiento resistente del material.

Este estudio examinó la repercusión de la sustitución parcial del agregado grueso natural por RAP en proporciones de 15%, 30% y 45% en el comportamiento mecánico del concreto, tomando en cuenta dos fuentes de RAP a distintas edades de curado. El objetivo de este estudio fue establecer la factibilidad técnica y el grado óptimo de incorporación de este material para la fabricación de concreto sostenible en la ciudad de Juliaca.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

2.1.1 Cemento Portland tipo IP

La investigación se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas en las normas ASTM C150 y NTP 334.009, el cemento utilizado es de la marca Rumi Portland de tipo IP. Este tipo de cemento ha sido seleccionado en virtud de su amplia accesibilidad en el mercado meridional de Perú, lo que simplifica su adquisición y asegura la uniformidad en la formulación de la mezcla.

El cemento Portland convencional presenta mayor disponibilidad inicial de Ca(OH)_2 producto de la hidratación, el cemento IP desarrolla una cinética de hidratación distinta, en la cual la puzolana reacciona progresivamente con dicho compuesto, según [13] esta

reacción puzolánica reduce la concentración de Ca(OH)_2 lo que es idóneo para su uso ya que genera una menor alcalinidad en comparación con un cemento Portland tradicional.

2.1.2 Agregado de (Cantera Cabanillas)

El agregado utilizado es grava natural de (TMN) de 19 mm $\frac{3}{4}$ ", libre de materia orgánica y que cumple con los requisitos de las normas ASTM C33 y NTP 400.037 [15]. Como agregado fino se empleó arena natural limpia y cribada, sin partículas visibles de arcilla. Del mismo modo, los dos componentes mencionados se mantuvieron secos y a buen recaudo en el portón de la Universidad Peruana Unión hasta su uso en las mezclas.

La cantera Cabanillas es una zona conocida por la extracción de materiales de construcción como arena y grava, está ubicada en la carretera Juliaca – Arequipa aproximadamente en Km 32 a unos 1.5 Km del distrito de Cabanillas a una altura de 3,885 a 3,890 m.s.n.m, su ubicación estratégica permite optimizar los costos de transporte y garantizar un suministro continuo de materiales adecuados para fines constructivos.

2.1.3 Agregado de pavimento reciclado (RAP – M01 y M02)

En el presente estudio, se empleó el agregado de pavimento reciclado (RAP) el cual se obtuvo de los desechos de pavimentos que ya cumplieron con su vida útil en la ciudad de Juliaca, estos residuos fueron recolectados de dos áreas urbanas distintas, se aplicaron dos tipos de muestras de RAP con la finalidad de evaluar su comportamiento y el tipo de material que puede ser clasificado, tras pasar por los ensayos de Esclerometría y Abrasión Los Ángeles, ya que se plantea como alternativa de reemplazo del agregado grueso en obras de construcción viales en la ciudad de Juliaca.



(a)



(b)

Figura 1. La primera muestra, la clasificaremos como M01, la cual se refiere a los desechos obtenidos de la (a) Urbanización San Salvador, particularmente de las calles, Jr. Azángaro con Jr. Pumacahua y calles aledañas. La segunda fuente la denominaremos M02, que tiene su origen en la (b) Urb. 3 de octubre primera etapa, Villa hermosa, Tambopata y Kantutani. Ambos materiales fueron transportados y almacenados por el Municipio Provincial de San Román en la salida hacia Lampa, en la ciudad de Juliaca.



Figura 2. Vertedero Salida Lampa.

Procesamiento de RAP: El RAP fue acondicionado antes de su uso en las mezclas de concreto. Este proceso incluyó los siguientes pasos. 1. Limpieza manual para quitar sedimentos y contaminantes visibles que puedan afectar su uso en el nuevo concreto. 2. Proceso de trituración, luego de pasar por este proceso se tamizó en 2 tamaños $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", el cual serán implementados como sustitución por el agregado grueso en los porcentajes que ya se mencionaron anteriormente.



Figura 3. Proceso de tamizado de RAP, $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ".

2.2. Diseño Experimental

La investigación fue desarrollada mediante un enfoque cuantitativo experimental, con el objetivo de analizar la influencia del agregado reciclado de pavimento (RAP) sobre el comportamiento mecánico del concreto nuevo [16].

El diseño experimental consideró dos factores principales: el origen del RAP y el porcentaje de sustitución parcial del agregado grueso natural. El primer factor está representado por dos fuentes de material reciclado, denominados M01 y M02, procedentes de diferentes zonas urbanas ya mencionadas de la ciudad de Juliaca. El Segundo factor correspondió a tres niveles de reemplazo del agregado grueso natural por RAP: 15%, 30% y 45%. Además, se elaboró un concreto patrón sin incorporación de RAP, utilizado como control.

Se definieron siete grupos experimentales: CP, M01-15%, M01-30%, M01-45%, M02-15%, M02-30% y M02-45%. Las variables independientes estuvieron representadas por el porcentaje de sustitución de RAP y la fuente del material reciclado, mientras que las variables dependientes correspondieron a la resistencia a la compresión y flexión del concreto.

Se llevó a cabo la elaboración de 168 especímenes cilíndricos para el ensayo de resistencia a la compresión, evaluados a las edades de 7,14 y 28 días, junto con 112 vigas prismáticas para el ensayo de resistencia a la flexión a edades de 7 y 28 días.

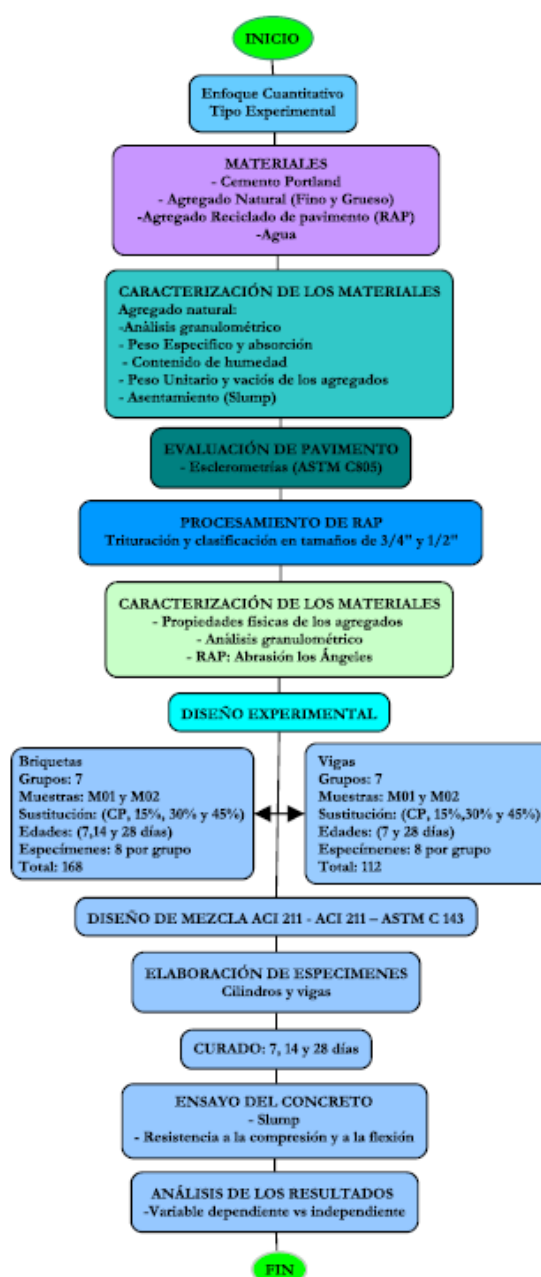


Figura 4. Flujo de metodología de investigación.

2.3. Caracterización de Materiales

2.3.1 Propiedades físicas de los agregados

La caracterización física de los agregados naturales se llevó a cabo de acuerdo con las normas ASTM C33, NTP 339.127 y NTP 400.017, examinando características tales como humedad, absorción, peso específico y módulo de fineza. Los resultados son exhibidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas de los agregados naturales (fino y grueso).

Propiedad	Agregado Fino	Agregado grueso
Humedad (%)	3.30	1.62
Absorción (%)	2.75	1.83
Módulo de fineza	3.33	6.95
P.U.S (kg/m ³)	1657.51	1490.25
P.U.C (kg/m ³)	1756.32	1589.20
Peso específico	2.48	2.18

Los resultados obtenidos indican que las características físicas de los agregados utilizados se mantienen dentro de los parámetros estipulados por las normativas técnicas pertinentes, lo que evidencia su adecuada capacidad para ser empleados en la producción de concreto.

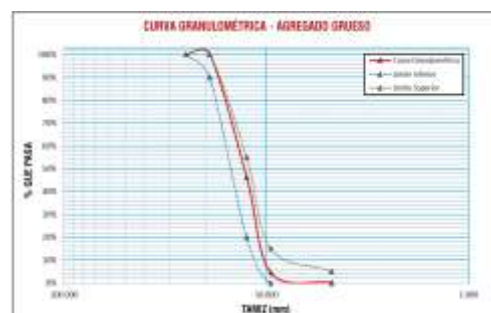
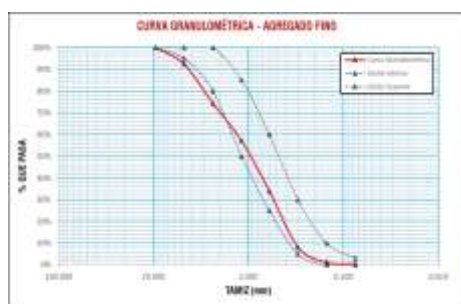
2.3.2 Análisis granulométrico

Con la finalidad de establecer la distribución de los tamaños de partículas en los materiales derivados de la cantera Cabanillas, se llevó a cabo el análisis granulométrico de los agregados naturales conforme a las normativas ASTM C136 y NTP 339.128.

Los hallazgos granulométricos indicaron que el agregado fino logró un módulo de fineza de 3.33, siendo clasificado como arena gruesa, lo que contribuye a la reducción de la demanda de agua y la contracción del concreto. Con respecto al agregado grueso, la gradación resultante mostró una distribución de partículas relativamente gruesa, evidenciada por un módulo de fineza de 6.95. Donde predomina las partículas de tamaño grande, condición favorable para la estabilidad y el desempeño mecánico del concreto.

Tabla 2. Distribución de los agregados naturales – granulometría.

Tamiz	Abertura (mm)	Agregado fino (%) retenido acumulado	Agregado grueso (%) retenido acumulado
1"	25.40	0.00	0.00
¾"	19.00	0.00	0.00
½"	12.70	0.00	53.75
3/8"	9.50	0.00	95.55
Nº4	4.75	7.62	99.95
Nº8	2.36	25.71	99.95
Nº16	1.18	42.86	99.95
Nº30	0.60	66.03	99.95
Nº50	0.30	91.90	99.95
Nº100	0.15	98.89	99.95
Nº200	0.075	99.68	9.95



(a) (b)

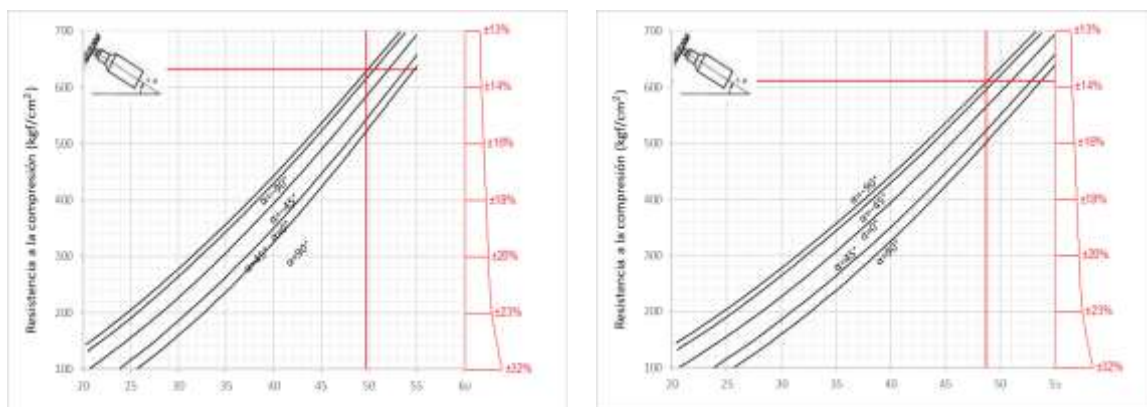
Figura 5. Curvas granulométricas de agregados naturales cantera Cabanillas: (a) A. Fino, (b) A. Grueso.

Los resultados derivados de las curvas granulométricas se adhieren a los parámetros prescritos por la norma ASTM C33, lo que demuestra que los agregados exhiben una distribución idónea de partículas para su incorporación en la mezcla de concreto.

2.3.3 Ensayo de esclerometría

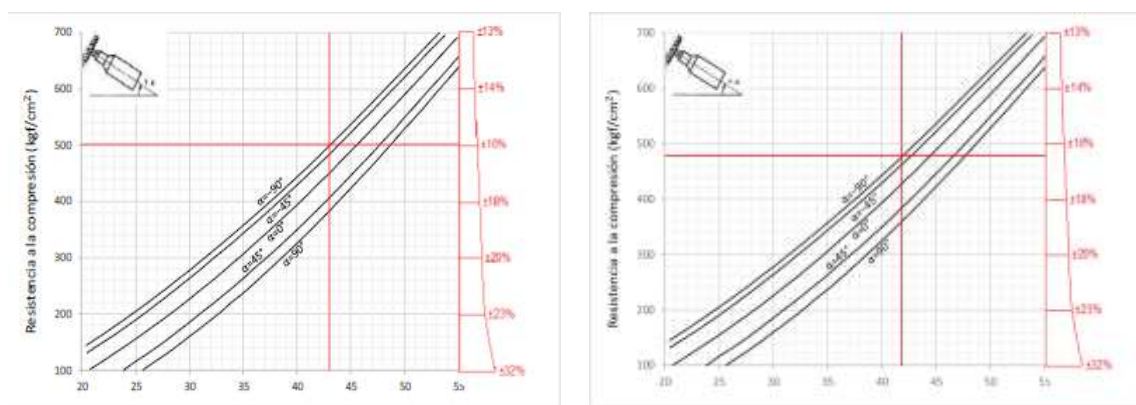
El ensayo de esclerometría ha sido realizado conforme a ASTM C805 y NTP 339.181 con el propósito de evaluar la dureza superficial de los pavimentos originales correspondientes a la muestra M01 y M02.

Las mediciones fueron efectuadas mediante el martillo de rebote tipo Schmidt, donde se obtuvieron las lecturas respectivamente, sumando un total de cuatro ensayos, dos por cada muestra que son presentadas en la figura 6 y 7.



(a) (b)

Figura 6. Los resultados que provienen de la M01: (a) promedio de rebote de 49.70 lo equivale a una resistencia de 631 kg/cm² (b) promedio de 48.70 equivalente a la resistencia de 611 kg/cm².



(a) (b)

Figura 7. Los resultados de la M02, (a) promedio de rebote 43.00, lo cual equivale a una resistencia de 501 kg/cm², (b) promedio de 41.80, que representa una resistencia de 479 kg/cm².

Los resultados obtenidos permiten inferir que la muestra M01 presenta mayor dureza superficial que la muestra M02, y un mejor comportamiento mecánico potencial del agregado reciclado derivado de dichas fuentes.

2.3.4 Ensayo de Abrasión los Ángeles

Para establecer la factibilidad del material para su aplicación, se llevó a cabo el ensayo de Abrasion los Ángeles según las normas NTP 400.019 y ASTM C131, con el objetivo de evaluar su resistencia al desgaste y fragmentación del agregado reciclado de pavimento (RAP), en tamaños de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " correspondientes a las muestra M01 y M02. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados - Abrasión los Ángeles.

Muestra	P. Inicial (gr)	P. Final (gr)	Abrasión (%)
M01 – P01	5000	3681	26.38
M01 – P02	5000	3643	27.21
M02 – P01	5000	3305	33.9
M02 – P02	5000	3350	33.07

Los valores obtenidos en la Tabla 3 nos indican que la M01 presenta valores de abrasión de 26.38% y 27.21% con un promedio de 26.80%, a lo contrario la M02 registra valores de 33.90% y 33.07% con un promedio de 33.49%, estos resultados nos indican que el material 01 presenta una mayor resistencia al desgaste, los cuales están en un rango aceptable para su uso a diferencia del material 02 que su comportamiento es adecuado pero tiende a tener un comportamiento de susceptibilidad a la fragmentación.

En consecuencia, el ensayo de abrasión los Ángeles nos permitió establecer que se identificó diferencias mecánicas entre las fuentes de RAP, lo que constituye un parámetro clave en la producción del concreto.



Figura 8. Abrasión los Ángeles

2.4. Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla del concreto se realizó teniendo en cuenta el método ACI 211.1, con una resistencia especificada $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.

Se desarrolló una mezcla convencional sin la inclusión de agregado reciclado (0% RAP) y tres combinaciones experimentales mediante la sustitución parcial del agregado grueso natural por agregado reciclado de pavimento (RAP) en porcentajes de 15%, 30% y 45%.

La relación agua/cemento fue mantenida constante en todas las mezclas: $a/c = 0.5584$ con el propósito de evaluar exclusivamente la influencia del RAP sobre el comportamiento mecánico del concreto.

Asimismo, el asentamiento de diseño establecido está en un rango de 3" a 5" correspondientes a la trabajabilidad. La dosificación base del concreto ha sido determinada considerando las propiedades físicas y granulométricas de los agregados obtenidos previamente. Posteriormente el agregado grueso natural fue reemplazado parcialmente por el RAP de acuerdo con los porcentajes de sustitución establecidos.

2.4.1 Proporciones de sustitución (15%, 30% y 45%) vigas prismáticas y especímenes

El estudio involucró la elaboración de especímenes cilíndricos y vigas prismáticas de concreto, destinados a los ensayos de resistencia a la compresión y módulo de rotura, respectivamente. Las proporciones de reemplazo utilizadas en las combinaciones experimentales se detallan en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Dosificación con sustitución (por especimen).

%RAP	Cemento (kg)	A. F (kg)	A. G (kg)	RAP (kg)	Agua (Lt)
0%	1.99	5.38	5.10	0.00	1.11
15%	1.99	5.38	4.34	0.77	1.11
30%	1.99	5.38	3.57	1.53	1.11
45%	1.99	5.38	2.80	2.30	1.11

Tabla 5. Dosificación con sustitución (por molde de viga prismática).

%RAP	Cemento (kg)	A. F (kg)	A. G (kg)	RAP (kg)	Agua (Lt)
0%	4.23	11.42	10.82	0.00	2.37
15%	4.23	11.42	9.20	1.62	2.37
30%	4.23	11.42	7.58	3.24	2.37
45%	4.23	11.42	5.95	4.87	2.37

2.4.2 Dosificación del concreto

Las cantidades de materiales empleados en la elaboración del concreto han sido calculadas en función de las proporciones establecidas por el método ACI 211.1. La dosificación base utilizada para la preparación de uno y dos especímenes se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Dosificación de concreto para 1 y 2 especímenes.

Material	Proporcion en peso	Cantidad por especimen	Cantidad por 2 especimen
Cemento	1.00	1.99	3.99
Agregado Fino	2.70	5.38	10.77
Agregado Grueso	2.56	5.10	10.20
Agua	0.56	1.11	2.23

2.5. Preparación y curado de especímenes

2.5.1 Elaboración de probetas

Las mezclas de concreto fueron elaborados a través de la mezcla de cemento, agregado fino, agregado grueso natural, agregado reciclado de pavimento (RAP) y agua, siguiendo las proporciones establecidas para cada combinación experimental.

Inicialmente, los materiales sólidos fueron mezclados en seco con el propósito de obtener una distribución homogénea de los agregados y el cemento. Posteriormente, se incorporó el agua correspondiente a la dosificación establecida hasta obtener una mezcla uniforme.

El hormigón fresco fue introducido en moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para ensayos de resistencia a la compresión, y en moldes prismáticos de 15 x 15 x 50 cm para el ensayo de resistencia a la flexión. La compactación del hormigón se llevó a cabo conforme a las normas ASTM C31/C192 y NTP 339.183, con el propósito de asegurar una consolidación óptima del concreto fresco.



Figura 9. (a) Preparación del concreto, (b) Nivelación de superficie en moldes de cilindro, (c) Nivelación en moldes de viga.

2.5.2 Condiciones de curado

Transcurrida las 24 horas de fraguado en condiciones ambientales controladas, las muestras fueron desmoldadas y sometidas a curado por inmersión en agua a una temperatura aproximada de 20 ± 2 °C0.



Figura 10. Curado por inmersión

2.6. Ensayos de concreto

2.6.1 Ensayo de asentamiento (Slump)

El ensayo de asentamiento ha sido llevado a cabo de acuerdo con la norma ASTM C143 y la NTP 339.035, con el objetivo de evaluar la capacidad de trabajabilidad del concreto fresco.

La Tabla 7 presenta los valores promedio de asentamiento obtenidos para las diversas combinaciones de concreto.

Tabla 7. Valores promedios de (Slump).

Mezcla	Asentamiento "
CP	3.0
M01 - 15%	3.5
M02 - 15%	4.0
M01 - 30%	4.0
M02 - 30%	3.0
M01 - 45%	3.0
M02 - 45%	3.5

Los resultados indican que los valores de asentamiento de las mezclas con RAP están en el rango entre 3" y 4", manteniéndose en niveles adecuados para la elaboración y compactación de las muestras.



(a)



(b)

Figura 11. (a) Asentamiento cono de Abrams Norma ASTM C143, (b) Slump.

2.6.2 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se evaluó de acuerdo con las normas ASTM C39 y NTP 339.034 mediante la utilización de especímenes cilíndricos de 15 cm x 30 cm. Estos fueron sometidos a una carga axial continua hasta alcanzar la fractura del espécimen, registrándose la carga máxima tolerada por cada muestra.

En total se evaluaron 168 especímenes correspondientes al concreto patrón y a las mezclas con sustitución parcial de RAP en porcentajes de 15%, 30% y 45% para las muestras M01 y M02 a edades de 7, 14 y 28 días.



Figura 12. Ensayo de Resistencia a la compresión.

2.6.3 Resistencia a la flexión

Con el fin de definir la resistencia a la flexión del concreto, se llevó a cabo el ensayo de módulo de rotura utilizando un espécimen prismático de dimensiones de 15 x 15 x 50 cm, conforme a la norma ASTM C78 y la NTP 339.078. Cada espécimen fue posicionado sobre los soportes y sometido a una carga creciente, gestionada mediante el método de carga en los tercios, con el objetivo de llegar a la rotura del elemento, durante la realización del ensayo se registró la carga máxima que soporta las 112 muestras.



Figura 13. Ensayo de Modulo de rotura.

3. Resultados

3.1. Resistencia a la compresión

Las mezclas elaboradas con agregado reciclado de pavimento (RAP) presentaron un comportamiento mecánico variable en función del porcentaje de sustitución y del origen del material reciclado. Los valores promedio de resistencia a la compresión obtenidos a los 7, 14 y 28 días de curado se presentan en la Tabla 8, mientras que la Figura 14 ejemplifica la comparación del comportamiento entre las distintas mezclas.

Tabla 8. Resistencia promedio a la compresión (kg/cm²) con RAP – Muestra 01 y 02.

Edad(d)	CP	15%-M01	15%-M02	30%-M01	30%-M02	45%-M01	45%-M02
7	134.2	175.1	140.6	161.6	133.7	128.3	121.5
14	180.6	201.0	188.7	184.2	174.7	174.9	161.2
28	202.8	236.1	219.2	222.8	195.3	186.2	173.6

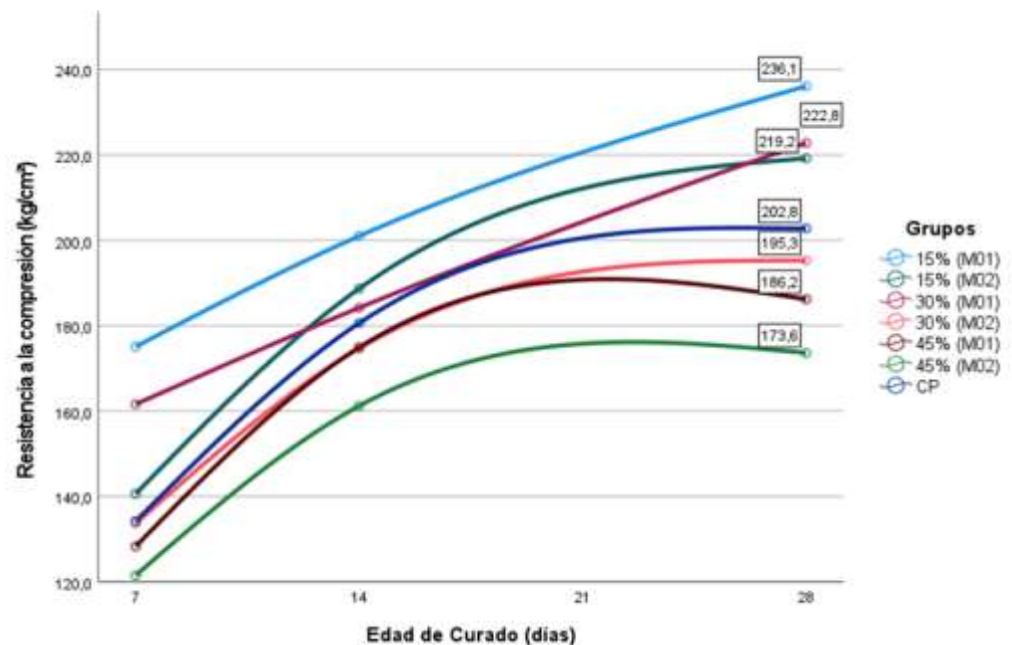


Figura 14. Comportamiento a la compresión con RAP – M01 y M02.

El comportamiento mecánico evidenció un incremento progresivo de resistencia a diferentes edades de curado, una conducta característica del concreto. No obstante, las mezclas con un contenido del 15% mostraron un rendimiento más óptimo, particularmente las muestras M01 y M02, las cuales lograron una resistencia de 236.1 kg/cm² y 219.2 kg/cm² a los 28 días, superando así al concreto patrón.

El comportamiento podría atribuirse a la textura del material y la rugosidad del RAP, que promueven la adhesión mecánica entre el agregado reciclado y la combinación de cemento, agua.

Las mezclas con 30% de RAP mostraron comportamientos similares al concreto patrón, particularmente la muestra M01, lo cual evidencia que porcentajes moderados de sustitución pueden mantener propiedades mecánicas aceptables. No obstante, las mezclas con 45% presentaron reducciones drásticas, lo cual se observa en la M02.

La disminución observada en la figura 14, se debe a los altos niveles de sustitución, los cuales pueden relacionarse a la presencia de ligante residual adherido al RAP, así como

la heterogeneidad y porosidad del material reciclado, factores que afectan la zona de transición interfacial entre el agregado y la relación a/c.

Resultados similares fueron reportados por Rout et. [2] y Huang et. [17], quienes concluyeron que bajos porcentajes de RAP permiten conservar propiedades mecánicas cercanas al concreto convencional, mientras que porcentajes elevados generan reducciones progresivas de resistencia debido a la menor adherencia interna y mayor variabilidad del agregado reciclado.

3.2. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión, con sustitución parcial de RAP ha sido evaluada a edades de 7 y 28 días, se consideró las proporciones de reemplazo de 15%, 30 y 45%. Los valores promedio obtenidos se presentan en la Tabla 9 y la figura 15.

Tabla 9. Resistencia promedio a la flexión (kg/cm²) con RAP– Muestra 01 y 02.

Edad(d)	CP	15% (M01)	15% (M02)	30% (M01)	30% (M02)	45% (M01)	45% (M02)
7	20.2	25.4	27.1	21.2	23.9	16.0	14.5
28	31.3	34.5	33.7	30.5	29.9	25.6	21.2

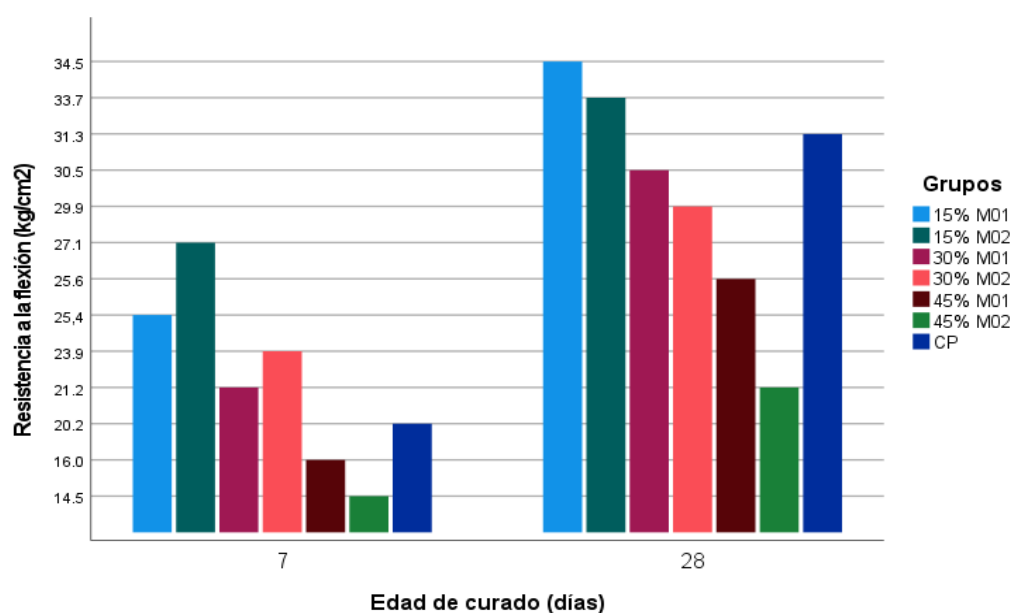


Figura 15. Comportamiento a la flexión del concreto con RAP a edades 7 y 28 días.

Las mezclas de concreto con un 15% de RAP exhiben mejoras en la resistencia a la flexión en comparación con el concreto de referencia en ambas muestras. El 30% mantiene una conducta similar al CP, mientras que el 45% provocó una disminución considerable en el rendimiento mecánico, tal como se ilustra gráficamente en la Figura 15 de la M02.

Los resultados obtenidos muestran una tendencia consistente con la resistencia a la compresión, evidenciando que bajos niveles de sustitución favorecen el comportamiento mecánico del concreto, mientras que altos porcentajes de RAP afectan negativamente la capacidad resistente del material.

3.3. Relación entre resistencia a compresión y flexión

La Figura 16 muestra la regresión lineal entre la resistencia a la compresión y flexión del concreto con (RAP).

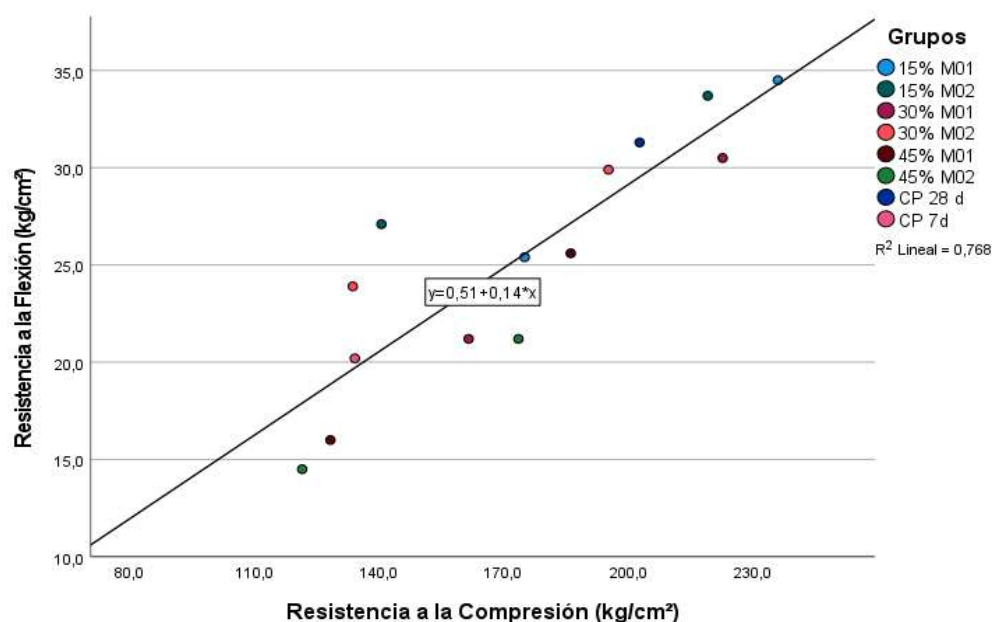


Figura 16. Gráfico de regresión lineal.

Se evidencia una tendencia lineal positiva, que sugiere que incrementos en los valores de resistencia a la compresión se correlacionan con incrementos en la resistencia a la flexión. Este comportamiento es consistente con el desempeño mecánico del concreto, lo que se evidencia en la relación proporcional entre ambas propiedades. Asimismo, se obtiene un $R^2 = 0.768$, lo cual sugiere que cerca del 76.8% de la variabilidad de la resistencia a la flexión puede ser atribuida a la resistencia a la compresión.

Los resultados corroboran la existencia de una correlación directa entre ambas propiedades, especialmente en combinaciones con niveles reducidos y moderados de sustitución de RAP.

3.4. Análisis estadístico de la resistencia a compresión y flexión

3.4.1 Análisis exploratorio de los datos.

Previo a la implementación de pruebas estadísticas inferenciales, se realizó un análisis exploratorio de los resultados con el propósito de evaluar la variabilidad y consistencia experimental de las mezclas elaboradas con agregado reciclado de pavimento (RAP). Para ello, se analizaron la desviación estándar y el coeficiente de variación (CV%) considerando los porcentajes de sustitución de 15%, 30% y 45%, así como las edades de curado correspondientes.

Los parámetros de dispersión obtenidos para la resistencia a la compresión se presentan en la Tabla 10 y 11, correspondiente a las muestra M01 y M02, respectivamente.

Tabla 10. Parámetros estadísticos de dispersión (Resistencia a la compresión M01).

Compresión – M01			
Edad (días)	Mezcla	Desviación estándar	CV (%)
7	CP	3.22	2.40
7	15%–M01	5.00	2.85
7	30%–M01	4.01	2.48

7	45%-M01	2.07	1.61
14	CP	3.11	1.72
14	15%-M01	8.46	4.21
14	30%-M01	3.26	1.77
14	45%-M01	2.86	1.64
28	CP	4.58	2.26
28	15%-M01	7.10	3.01
28	30%-M01	8.40	3.77
28	45%-M01	9.54	5.12

Tabla 11. Parámetros estadísticos de dispersión (Resistencia a la compresión M02).

Compresión – M02			
Edad (días)	Mezcla	Desviación estándar	CV (%)
7	CP	3.22	2.40
7	15%-M02	3.90	2.77
7	30%-M02	2.03	1.52
7	45%-M02	9.60	7.91
14	CP	3.11	1.72
14	15%-M02	2.59	1.37
14	30%-M02	2.24	1.28
14	45%-M02	8.53	5.30
28	CP	4.58	2.26
28	15%-M02	8.50	3.88
28	30%-M02	2.73	1.40
28	45%-M02	11.92	6.87

Los coeficientes de variación (CV) para la resistencia a la compresión se mantienen dentro de un intervalo estimado de 1.61% a 5.12% para M01 y 1.28% a 7.91% para M02, lo que evidencia una reducida variabilidad y una consistencia adecuada en los hallazgos experimentales.

Se logra observar que las mezclas con menores porcentajes de sustitución presentan menores niveles de dispersión, mientras que a mayores valores de variabilidad se registran en niveles altos de reemplazo, como en la mezcla con 45% de M02 a los 7 días (CV=7.91%) lo cual puede atribuirse a la mayor heterogeneidad del agregado reciclado como se observa en la desviación estándar.

Por otro lado, los parámetros de dispersión correspondientes a la resistencia a la flexión se visualizan en las Tablas 12 y 13.

Tabla 12 Parámetros estadísticos de dispersión (Resistencia a la flexión M01).

Flexión – M01			
Edad (días)	Mezcla	Desviación estándar	CV (%)
7	CP	1.80	8.93
7	15%-M01	2.12	8.35
7	30%-M01	1.85	8.71
7	45%-M01	1.41	8.84
28	CP	2.54	8.12

28	15%-M01	2.51	7.26
28	30%-M01	2.61	8.55
28	45%-M01	1.93	8.93

Tabla 13. Parámetros estadísticos de dispersión (Resistencia a la flexión M02).

Flexión – M02			
Edad (días)	Mezcla	Desviación estándar	CV (%)
7	CP	1.80	8.93
7	15%-M02	1.69	6.23
7	30%-M02	1.94	8.10
7	45%-M02	1.29	8.93
28	CP	2.54	8.12
28	15%-M02	2.84	8.43
28	30%-M02	1.41	4.71
28	45%-M02	2.11	9.92

Este comportamiento se alinea con la esencia del ensayo de flexión, que sugiere una mayor susceptibilidad a discontinuidades internas y fluctuaciones en la microestructura del hormigón. Asimismo, las mezclas con altos porcentajes de RAP muestran mayores niveles de variabilidad, este comportamiento se puede interpretar a la heterogeneidad del agregado reciclado y la variabilidad en la adherencia entre el RAP y la pasta cementante, factores que influyen directamente sobre el comportamiento mecánico del concreto bajo esfuerzo de flexión.

Los resultados obtenidos evidencian niveles aceptables de variabilidad experimental, permitiendo garantizar la confiabilidad de los datos para los análisis estadísticos inferenciales posteriores.

3.4.2 Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk)

La prueba Shapiro-Wilk ha sido implementado para corroborar la conformidad con el supuesto de normalidad en los ensayos mecánicos del concreto integrado con agregado reciclado de pavimento (RAP), teniendo en cuenta los porcentajes de sustitución y las edades de curado. Los datos obtenidos en la resistencia a la compresión se presentan en las Tablas 14 y 15.

Tabla 14. Shapiro–Wilk – M01 (Compresión).

Edad (días)	Mezcla	W	p
7	CP	0.975	>0.05
7	15%-M01	0.979	>0.05
7	30%-M01	0.976	>0.05
7	45%-M01	0.819	<0.05
14	CP	0.923	>0.05
14	15%-M01	0.912	>0.05
14	30%-M01	0.968	>0.05
14	45%-M01	0.973	>0.05
28	CP	0.883	<0.05
28	15%-M01	0.783	<0.05
28	30%-M01	0.938	>0.05
28	45%-M01	0.962	>0.05

Tabla 15. Shapiro–Wilk – M02 (Compresión).

Edad (días)	Mezcla	W	p
7	CP	0.975	>0.05
7	15%–M02	0.945	>0.05
7	30%–M02	0.927	>0.05
7	45%–M02	0.944	>0.05
14	CP	0.923	>0.05
14	15%–M02	0.932	>0.05
14	30%–M02	0.923	>0.05
14	45%–M02	0.914	>0.05
28	CP	0.883	<0.05
28	15%–M02	0.885	<0.05
28	30%–M02	0.967	>0.05
28	45%–M02	0.973	>0.05

Los resultados correspondientes a la resistencia a la compresión evidencian que algunos grupos experimentales presentan valores de $p < 0.05$ lo que nos indican desviaciones respecto a la normalidad estadística, particularmente en mezclas con elevados porcentajes de RAP. En consecuencia, se emplearon pruebas paramétricas (ANOVA) y no paramétricas (Kruskal-Wallis) según corresponde. En la muestra M01, las desviaciones respecto a la normalidad se identifican principalmente a los 7 y 28 días, mientras que en la muestra M02, estas se concentran a los 28 días, este comportamiento evidencia una mayor variabilidad estadística en mezclas con altos niveles de sustitución de RAP, especialmente en edades avanzadas de curado. De la misma manera los datos correspondientes a la resistencia a flexión son presentados en la Tabla 16 y 17

Tabla 16. Shapiro–Wilk – M01 (Flexión).

Edad (días)	Mezcla	W	p
7	CP	0.940	>0.05
7	15%–M01	0.971	>0.05
7	30%–M01	0.951	>0.05
7	45%–M01	0.945	>0.05
28	CP	0.954	>0.05
28	15%–M01	0.951	>0.05
28	30%–M01	0.939	>0.05
28	45%–M01	0.978	>0.05

Tabla 17. Shapiro–Wilk – M02 (Flexión).

Edad (días)	Mezcla	W	p
7	CP	0.940	>0.05
7	15%–M02	0.969	>0.05
7	30%–M02	0.937	>0.05
7	45%–M02	0.441	<0.05
28	CP	0.954	>0.05
28	15%–M02	0.914	>0.05
28	30%–M02	0.967	>0.05
28	45%–M02	0.929	>0.05

Los resultados correspondientes a la resistencia a la flexión mostraron que la mayoría de los grupos experimentales presentan distribuciones aproximadamente normales $p >$

0.05. Sin embargo, la mezcla M02-45% a los 7 días presenta valores inferiores 0.05 indicando desviaciones significativas de normalidad.

La presencia de grupos con distribuciones no normales evidencia la influencia de la heterogeneidad del agregado reciclado sobre la variabilidad experimental, particularmente en mezclas con elevados contenidos de RAP, en consecuencia, se aplica una estrategia estadística combinada mediante pruebas paramétricas y no paramétricas, permitiendo garantizar la validez y robustez del análisis inferencial realizado.

3.4.3 Análisis de varianza (ANOVA)

Se ha implementado el análisis de varianza (ANOVA) en los grupos experimentales que cumplieron con el supuesto de normalidad estadística establecido mediante la prueba de Shapiro-Wilk, con el objetivo de examinar la incidencia del porcentaje de sustitución de agregado reciclado de pavimento (RAP) en la resistencia a la compresión y flexión [18].

Los resultados correspondientes a resistencia a la compresión se presentan en la Tabla 18, mientras que los resultados para resistencia a la flexión se muestran en la Tabla 19.

Tabla 18. Resultados del análisis de (ANOVA) para la resistencia a la compresión.

Muestra	Edad (días)	F - calculado	F - crítico	p-value	Significancia
M01	14	40.40	2.95	$p < 0.05$	Sí
M02	7	16.74	2.95	$p < 0.05$	Sí
M02	14	45.80	2.95	$p < 0.05$	Sí

Tabla 19. Resultados del análisis de (ANOVA) para la resistencia a la flexión.

Muestra	Edad (días)	F - calculado	F - crítico	p-value	Significancia
M01	7	37.63	2.95	$p < 0.05$	Sí
M01	28	18.98	2.95	$p < 0.05$	Sí
M02	28	45.17	2.95	$p < 0.05$	Sí

Los resultados corroboran que, en todas las instancias examinadas, los valores de F compuesto calculado $> F$ crítico y $p < 0.05$, confirmando la presencia de discrepancias estadísticamente significativas entre las mezclas evaluadas.

En relación con la resistencia a la compresión, se registran valores superiores de F en la muestra M01 a los 14 días y en la muestra M02 a los 14 días, lo que evidencia una influencia significativa del contenido de RAP en el comportamiento mecánico. De manera similar, los resultados correspondientes a resistencia a la flexión mostraron diferencias significativas entre los grupos experimentalmente, particularmente en la muestra M02 a los 28 días.

Los elevados valores de F ponen de manifiesto que la variabilidad entre las mezclas supera notablemente la variabilidad interna de cada conjunto, lo que sugiere que el porcentaje de sustitución de RAP ejerce una influencia directa sobre la resistencia a la compresión y la flexión.

Se observa que las mezclas con bajos y moderados porcentajes de sustitución presentan un comportamiento mecánico más cercano al concreto convencional, mientras que altos contenidos de RAP generan diferencias significativas asociadas a reducciones progresivas de resistencia.

Dado que el análisis de varianza (ANOVA) únicamente facilita la identificación de diferencias generales entre grupos, se implementaron pruebas de comparaciones múltiples siguiendo el método de Tukey con el objetivo de identificar específicamente entre qué combinaciones se presentan diferencias de relevancia estadística.

3.4.4 Comparaciones múltiples mediante el método de Tukey

Las comparaciones múltiples del método de Tukey han sido aplicadas con el propósito de identificar específicamente entre qué mezclas existen diferencias significativas estadísticamente, una vez comprobada la significancia global mediante el análisis de ANOVA. Los resultados obtenidos para la resistencia a la compresión y flexión se presentan en las Tablas 20 – 25.

Resistencia a la compresión (7 y 14 días):

Tabla 20. Comparaciones múltiples de Tukey para la Muestra 01 - 14 días – Compresión.

Comparación de mezclas	Diferencia de medias (MPa o kg/cm ²)	Resultado
CP – 15%	20.4	Significativa
CP – 30%	3.6	No significativa
CP – 45%	5.7	No significativa
15% - 30%	16.9	Significativa
15% - 45%	26.1	Significativa
30% - 45%	9.3	Significativa

Nota: Diferencia mínima significativa DMS = 6.82 kg/cm² ($\alpha = 0.05$).

Tabla 21. Comparaciones múltiples de Tukey para la Muestra 02 - 7 días – Compresión.

Comparación de mezclas	Diferencia de medias (MPa o kg/cm ²)	Resultado
CP – 15%	6.4	No significativa
CP – 30%	0.4	No significativa
CP – 45%	12.7	Significativa
15% - 30%	6.9	No significativa
15% - 45%	19.1	Significativa
30% - 45%	12.3	Significativa

Nota: Diferencia mínima significativa DMS = 7.54 kg/cm² ($\alpha = 0.05$).

Tabla 22. Comparaciones múltiples de Tukey para la Muestra 02 - 14 días – Compresión.

Comparación de mezclas	Diferencia de medias (kg/cm ²)	Resultado
CP – 15%	8.1	Significativa
CP – 30%	5.9	No significativa
CP – 45%	19.4	Significativa
15% - 30%	14.0	Significativa
15% - 45%	27.6	Significativa
30% - 45%	13.6	Significativa

Nota: Diferencia mínima significativa DMS = 6.62 kg/cm² ($\alpha = 0.05$).

Las Comparaciones múltiples evidenciaron que las mezclas con 15% de RAP presentaron comportamiento más favorable respecto al concreto patrón, particularmente en la muestra M01 a los 14 días. Por otro lado, las mezclas con 30% mostraron un comportamiento estadísticamente comparables al concreto convencional, mientras que las mezclas con 45% presentaron reducciones significativas de resistencia.

Resistencia a la flexión (7 y 28 días):

Tabla 23. Comparaciones múltiples de Tukey para la Muestra 01 - 7 días – Flexión.

Comparación de mezclas	Diferencia de medias (kg/cm ²)	Resultado
CP – 15%	5.3	Significativa
CP – 30%	1.1	No significativa
CP – 45%	4.2	Significativa
15% - 30%	4.2	Significativa
15% - 45%	9.5	Significativa
30% - 45%	5.3	Significativa

Nota: Diferencia mínima significativa DMS = 2.44 kg/cm² ($\alpha = 0.05$).

Tabla 24. Comparaciones múltiples de Tukey para la Muestra 01 - 28 días – Flexión.

Comparación de mezclas	Diferencia de medias (kg/cm ²)	Resultado
CP – 15%	3.2	Significativa
CP – 30%	0.8	No significativa
CP – 45%	5.8	Significativa
15% - 30%	4.0	Significativa
15% - 45%	9.0	Significativa
30% - 45%	5.0	Significativa

Nota: Diferencia mínima significativa DMS = 3.29 kg/cm² ($\alpha = 0.05$).

Tabla 25. Comparaciones múltiples de Tukey para la Muestra 02 - 28 días – Flexión.

Comparación de mezclas	Diferencia de medias (kg/cm ²)	Resultado
CP – 15%	2.4	No significativa
CP – 30%	1.4	No significativa
CP – 45%	10.1	Significativa
15% - 30%	3.8	Significativa
15% - 45%	12.5	Significativa
30% - 45%	8.7	Significativa

Nota: Diferencia mínima significativa DMS = 3.12 kg/cm² ($\alpha = 0.05$).

Las comparaciones múltiples correspondientes a resistencia a la flexión mostraron una tendencia similar a la observadas en compresión. Las mezclas de RAP con 15% mantuvieron e incluso mejoraron el desempeño mecánico respecto al concreto patrón, mientras que las mezclas con 45% presentan diferencias significativas asociadas a menores valores de resistencia.

En conjunto, las comparaciones múltiples mediante en método de Tukey permitieron identificar que las diferencias estadísticas entre mezclas se incrementan conforme aumenta el porcentaje de sustitución de RAP. Los resultados mostraron que las mezclas con contenidos moderados de agregado reciclado mantienen un comportamiento estadísticamente cercano al concreto convencional en varios grupos experimentales, mientras que los mayores niveles de sustitución concentraron las diferencias significativas más representativas tanto en resistencia a la compresión como en flexión.

De manera general, el análisis confirmó que la incorporación controlada de RAP permite conservar un desempeño mecánico aceptable del concreto, mientras que sustituciones elevadas generan una disminución significativa de las propiedades resistentes del material.

3.4.5 Prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis

La evaluación no paramétrica de Kruskal-Wallis se ha implementado en los grupos experimentales que no satisfacen el supuesto de normalidad establecido en la prueba de Shapiro-Wilk. Este análisis posibilitó la evaluación de discrepancias estadísticamente relevantes entre las mezclas CP, 15%, 30% y 45% de RAP para las muestras M01 y M02.

Resistencia a la compresión:

Tabla 26. Prueba H de Kruskal-Wallis (Resistencia a la compresión).

Edad (días)	Grupo	H	gl	p-valor
7	M01	28.45	3	< 0.0000029
28	M01	26.27	3	< 0.0000084
28	M02	28.20	3	< 0.0000033

Nota: gl: grado de libertad, H: estadístico de Kruskal–Wallis

Los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas entre las mezclas evaluadas, debido a que todos los valores de p fueron inferiores a 0.05. Lo que confirma que el porcentaje de sustitución de RAP influye de manera significativa en la resistencia a la compresión del concreto cuando los datos no presentan una distribución normal.

Los diagramas de caja complementan estos resultados al mostrar diferencias en posición de las medianas y en las dispersión de los datos entre mezclas. En general, las mezclas con 15% y 30% de RAP presentan resultados superiores o cercanos al concreto patrón, mientras que las mezclas con 45% muestran menores niveles de resistencia y mayor variabilidad, especialmente en la M02 a los 28 días.

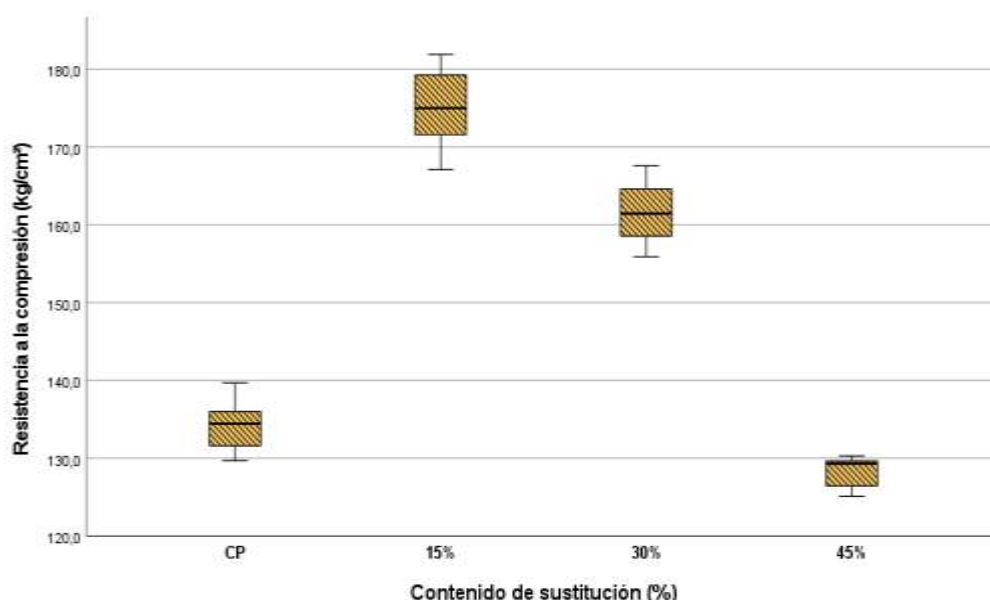


Figura 17. Diagrama de cajas (Boxplot) de la Resistencia a la compresión a los 7 días (M01).

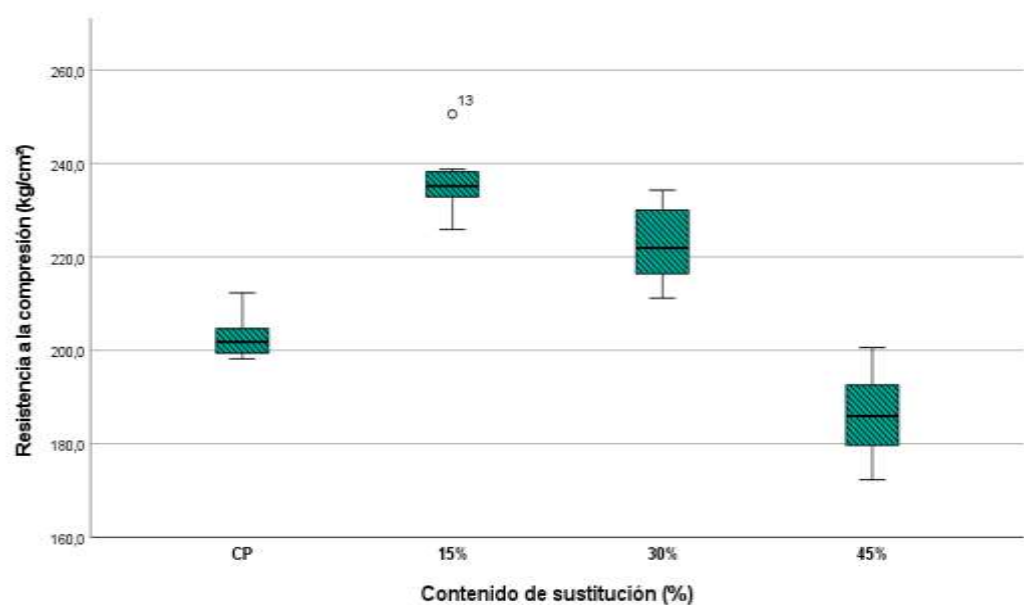


Figura 18. Diagrama de cajas (Boxplot) de la Resistencia a la compresión a los 28 días (M01).

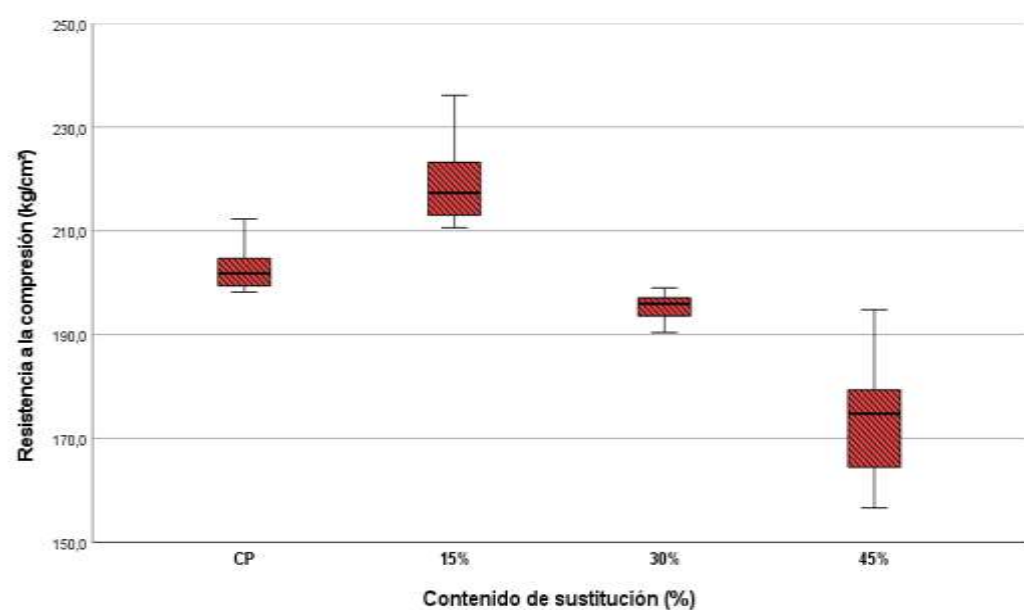


Figura 19. Diagrama de cajas (Boxplot) de la Resistencia a la compresión a los 28 días (M02).

Resistencia a la flexión:

Tabla 27. Prueba H de Kruskal-Wallis (Resistencia a la flexión).

Edad (días)	Grupo	H	gl	p-valor
7	M02	26.59	3	< 0.0000072

Nota: gl: grado de libertad, H: estadístico de Kruskal-Wallis

Para la resistencia a la flexión, la prueba de Kruskal-Wallis ha sido aplicada en la muestra M02 a los 7 días, debido a que este grupo no cumplió el supuesto de normalidad. El resultado obtenidos muestra diferencias significativas tanto en entre las mezclas

evaluadas, lo que confirma que el contenido de RAP también influye sobre el comportamiento del concreto.

3.4.6 Comparaciones múltiples Post Hoc (Dunn)

Con el objetivo de discernir de manera precisa las diferencias estadísticamente significativas entre las mezclas presentes en los grupos analizados mediante el método de Kruskal-Wallis, se implementó la prueba Post Hoc de Dunn con corrección Bonferroni $\alpha = 0.05$.

Los resultados correspondientes a resistencia a la compresión y flexión se presentan en las Tablas 28 – 31.

Resistencia a la compresión:

Tabla 28. Comparaciones múltiples de Dunn – Muestra M01 (7 días).

Comparación de mezclas	Estadístico Z	p ajustado (Bonferroni)	Resultado
CP – 15%	-3.40	0.0040	Significativa
CP – 30%	-1.80	0.4312	No significativa
CP – 45%	1.60	0.6241	No significativa
15% - 30%	1.70	0.5908	No significativa
15% - 45%	5.10	0.000002	Significativa
30% - 45%	3.40	0.0039	Significativa

Nota: Método de Dunn con corrección de Bonferroni ($\alpha = 0.05$).

Tabla 29. Comparaciones múltiples de Dunn – Muestra M01 (28 días).

Comparación de mezclas	Estadístico Z	p ajustado (Bonferroni)	Resultado
CP – 15%	-3.30	0.0058	Significativa
CP – 30%	-1.90	0.345	No significativa
CP – 45%	1.60	0.695	No significativa
15% - 30%	1.40	0.947	No significativa
15% - 45%	4.90	0.000007	Significativa
30% - 45%	3.40	0.0035	Significativa

Nota: Método de Dunn con corrección de Bonferroni ($\alpha = 0.05$).

Tabla 30. Comparaciones múltiples de Dunn – Muestra M02 (28 días).

Comparación de mezclas	Estadístico Z	p ajustado (Bonferroni)	Resultado
CP – 15%	-1.70	0.5348	No significativa
CP – 30%	1.80	0.4716	No significativa
CP – 45%	3.30	0.0052	Significativa
15% - 30%	3.40	0.0035	Significativa
15% - 45%	5.00	0.000001	Significativa
30% - 45%	1.60	0.6952	No significativa

Nota: Método de Dunn con corrección de Bonferroni ($\alpha = 0.05$).

Las comparaciones múltiples evidenciaron que las diferencias estadísticas se concentraron principalmente en las mezclas con altos porcentajes de sustitución de RAP, especialmente en aquellas comparaciones que involucran el 45% de reemplazo. Por otro lado, las mezclas con 30% muestran en diversos casos un comportamiento estadísticamente

comparable al concreto patrón, particularmente a los 28 días, indicando que porcentajes moderados de sustitución permiten mantener las propiedades mecánicas aceptables.

Asimismo, las mezclas con 15% presentan en los grupos experimentales un desempeño comparable o superior al concreto patrón, los que se observa en la M01 y M02, evidenciando una respuesta mecánico favorable a bajos niveles de incorporación de RAP.

Resistencia a la flexión:

Tabla 31. Comparaciones múltiples de Dunn – Muestra M02 (7 días) - Flexión.

Comparación de mezclas	Estadístico Z	p ajustado (Bonferroni)	Resultado
CP – 15%	-3.4	0.0040	Significativa
CP – 30%	-1.7	0.4312	No significativa
CP – 45%	1.8	0.4450	No significativa
15% - 30%	1.5	0.7725	No significativa
15% - 45%	5.0	0.000004	Significativa
30% - 45%	3.4	0.0035	Significativa

Nota: Método de Dunn con corrección de Bonferroni ($\alpha = 0.05$).

Al igual que en el ensayo de compresión, se observó una tendencia en los datos de resistencia a la flexión. Las discrepancias notables se encuentran predominantemente entre las mezclas con niveles de sustitución bajos y elevados, mientras que las mezclas con porcentajes moderados de RAP exhiben un comportamiento estadísticamente cercano al del concreto de referencia.

Según el análisis post hoc de Dunn, el comportamiento mecánico del concreto se ven muy afectados por el aumento de la proporción de RAP. Esto es especialmente cierto en el caso de las mezclas con un alto porcentaje de sustitución. Sin embargo, los resultados también evidencian que bajos y moderados porcentajes de incorporación permiten mantener un desempeño mecánico técnicamente aceptable sin generar diferencias significativas respecto al concreto convencional.

4. Discusión

La incorporación de agregado reciclado de pavimento (RAP) influye de forma notable en el comportamiento mecánico del concreto, efecto que fue confirmado mediante los análisis estadísticos ANOVA y Kruskal-Wallis, donde se identificaron diferencias significativas entre las mezclas evaluadas ($p < 0.05$). Estos resultados demuestran que el desempeño mecánico del concreto depende tanto del porcentaje de sustitución como de la procedencia y calidad del material reciclado, comportamiento reportado previamente en investigaciones relacionadas con concretos que contienen materiales reciclados [18][19].

Las mezclas con bajos niveles de sustitución mostraron el comportamiento más favorables, especialmente en resistencia a la compresión y flexión. Este comportamiento puede atribuirse a la textura angular y rugosa del RAP, la cual favorece la adherencia mecánica entre el agregado reciclado y la pasta cementante en la zona de transición interfacial (ITZ). Asimismo, niveles moderados de incorporación permiten mantener una adecuada distribución y estabilidad interna de la mezcla.

Las mezclas con porcentajes moderados de sustitución presentaron un comportamiento estadísticamente comparable al concreto patrón, particularmente a edades avanzadas de curado. Estos resultados evidencian que niveles intermedios de incorporación

de RAP permiten mantener una adecuada capacidad resistente y estabilidad mecánica sin generar diferencias significativas respecto al concreto patrón.

En contraste, las mezclas con elevados contenidos de RAP presentan reducciones progresivas de resistencia y mayores niveles de variabilidad experimental. Este comportamiento puede relacionarse por la presencia de material residual adherido al agregado reciclado, así como el incremento de porosidad interna del material, factores que afectan negativamente.

Los resultados obtenidos en resistencia a la flexión muestran una tendencia consistente con la observadas en compresión, lo que evidencia una relación positiva entre ambas propiedades mecánicas. Las mezclas con mejor desempeño en compresión también presentaron mejores resultados en flexión, confirmando que el comportamiento mecánico del concreto RAP depende directamente de la calidad del agregado reciclado y del porcentaje de sustitución empleado.

Resultados similares fueron reportados en investigaciones con concretos incorporados con RAP, donde bajos y moderados niveles de sustitución permitieron mantener propiedades mecánicas aceptables, mientras que altos contenidos de material reciclado generaron reducciones progresivas de resistencia [20,21,22,23,24].

La variabilidad detectada entre las muestras M01 y M02 pone de manifiesto que la procedencia y calidad del (RAP) ejercen una influencia directa sobre el comportamiento mecánico del concreto. Los hallazgos derivados de la esclerometría y la abrasión Los Ángeles indicaron que la muestra M01 exhibió propiedades mecánicas superiores y un desgaste reducido, lo cual puede justificar parcialmente el mejor rendimiento adquirido en compresión y flexión en comparación con la muestra M02.

En relación con la durabilidad, el análisis indica que el ensayo de abrasión Los Ángeles mostraron valores de desgaste entre 26.8% y 33.5%, indicando una resistencia al desgaste aceptable para aplicaciones en pavimentos. Sin embargo, la variabilidad observada entre ambas fuentes de RAP confirma nuevamente la influencia de la calidad y procedencia del agregado reciclado sobre el comportamiento del concreto [25]. En estudios recientes también se han obtenido resultados semejantes [26,27,28] que indican que el comportamiento frente al desgaste está directamente relacionado con la calidad del agregado reciclado y con el porcentaje de sustitución empleado.

El análisis estadístico confirmó que las diferencias más significativas se concentraron principalmente en mezclas con altos contenidos de RAP, la variabilidad observada entre las muestras M01 y M02 evidencia que la procedencia y características del agregado reciclado influye en el comportamiento del concreto, indicando que no todos los materiales reciclados presentan una respuesta mecánica equivalente bajo condiciones similares de diseño.

El estudio económico preliminar evidenció que el agregado reciclado de pavimento (RAP) presenta menores costos relativos de adquisición y acondicionamiento respecto a agregados convencionales empleados en la ciudad de Juliaca. Los costos estimados, considerando transporte, trituración y clasificación granulométrica del material reciclado, registraron valores aproximados entre S/ 50 y S/ 90 por m³ para el RAP, mientras que la piedra chancada presenta costos entre S/ 90 y S/ 130 por m³ y el canto rodado, S/ 80 y S/ 120 por m³. Esto demuestra que el empleo de RAP puede ocasionar una disminución económica de cerca del 30% al 45% en comparación con la piedra chancada y de entre el 20% y el 35%. Asimismo, el transporte también fue identificado como un elemento crucial en el costo total de los agregados, con una representación que va del 20% al 40% del precio final en Juliaca.

Los resultados demuestran que el RAP puede emplearse técnicamente para la elaboración de concreto, en porcentajes de sustitución del 15% y en ciertos casos también del

30%, siempre que exista un adecuado control de calidad del material reciclado. Más allá de su contribución en el aprovechamiento de residuos de pavimento, su utilización puede ser una vía para disminuir la explotación de agregados naturales y restringir el impacto ambiental asociadas a la construcción.

5. Conclusiones

La incorporación de agregado reciclado de pavimento (RAP) influye significativamente sobre el comportamiento mecánico del concreto, dependiendo principalmente del porcentaje de sustitución y de la calidad del material reciclado empleado.

Los mejores resultados mecánicos se obtuvieron con bajos niveles de incorporación de RAP, mezclas con 15% de RAP alcanzaron resistencias superiores al concreto patrón en la resistencia a la compresión y flexión.

Se observó una tendencia positiva con el 30% de RAP, ya que se mantiene las propiedades mecánicas comparables al concreto convencional en diversas grupos experimentales, evidenciando que porcentajes moderados de sustitución permiten conservar un comportamiento mecánico técnicamente aceptable.

En contraste, las mezclas con 45% de RAP presentan reducciones significativas en resistencia y mayores niveles de dispersión estadístico, indicando que altos contenidos de agregado reciclado afectan negativamente el desempeño mecánico del concreto.

Los ensayos de abrasión Los Ángeles y esclerometría confirmaron diferencias mecánicas entre las fuentes de RAP evaluadas, demostrando que la procedencia y condición del material reciclado influye directamente sobre el desempeño del concreto [30].

Los análisis estadísticos realizados mediante ANOVA, Tukey, Kruskal-Wallis y Post Hoc Dunn confirmaron diferencias significativas entre las mezclas evaluadas y validaron la influencia del contenido de RAP sobre las propiedades mecánicas del concreto [31].

Se identificó una relación positiva entre la resistencia a la compresión y flexión: $R^2 = 0.768$, evidenciando consistencia del comportamiento mecánico del concreto incorporado con RAP.

Desde una perspectiva económica y medioambiental, el RAP constituye una opción factible para la producción de concreto sostenible en la ciudad de Juliaca, debido a la reducción del uso de agregados naturales y al aprovechamiento de desechos derivados de pavimento en deterioro.

Finalmente, los resultados conseguidos permiten concluir que la incorporación controlada de RAP constituye una alternativa técnicamente viable para la producción de concreto, especialmente en porcentajes de sustitución del 15% y, en determinados casos, del 30%, siempre que exista un adecuado control de calidad del material reciclado.

Debido a que la presente investigación fue desarrollado bajo condiciones controladas de laboratorio y considerando un número específico de fuentes de RAP, futuras investigaciones deberán evaluar el comportamiento del concreto bajo condiciones reales de servicio y ampliar el análisis del desempeño a largo plazo del material reciclado.

Referencias

- [1] J. G. Bastidas-Martínez, H. A. Rondón-Quintana, and L. Á. Moreno-Anselmi, "Recycled Concrete Aggregate in Asphalt Mixtures: A Review," Aug. 01, 2025, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/recycling10040155.
- [2] M. K. D. Rout, S. K. Sahdeo, S. Biswas, K. Roy, and A. K. Sinha, "Feasibility Study of Reclaimed Asphalt Pavements (RAP) as Recycled Aggregates Used in Rigid Pavement Construction," *Materials*, vol. 16, no. 4, Feb. 2023, doi: 10.3390/ma16041504.
- [3] B. L. N. Reddy and K. K. Sai, "Feasibility of Recycled Coarse Aggregate in Concrete," 2023, doi: 10.21203/rs.3.rs-2871299/v1.

- [4] S. Jagadeesh and J. V. Rao, "AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECTIVE USE OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATES IN RIGID PAVEMENTS," *Pavements. International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 9, no. 8, pp. 1519–1528, 2018, [Online]. Available: <http://iaeme.com/Home/issue/IJCIET?Volume=9&Issue=8http://iaeme.com/Home/issue/IJCIET?Volume=9&Issue=8http://iaeme.com/Home/journal/IJCIET1520>
- [5] L. A. A. Al-Hindawi, A. M. Al-Dahawi, and A. S. J. Al-Zuheriy, "Use of Waste Materials for Sustainable Development of Rigid Pavement," *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*, vol. 36, no. 10, pp. 1919–1931, Oct. 2023, doi: 10.5829/ije.2023.36.10a.16.
- [6] J. A. Benites Briceño and W. B. Polo García, "Influencia del concreto reciclado como agregado grueso en pavimentos rígidos de $f'c=275$ kg/cm², calle 17, Alto Trujillo - La Libertad.," 2023.
- [7] P. C. Casaño Ordoñez and S. M. Mego Cubas, "'Diseño de mezcla para pavimento rígido incorporando concreto reciclado en la avenida las Torres, Lurigancho - Chosica 2021,'" 2021.
- [8] Luis Alberto Quispe Nina, "'ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, SUSTITUYENDO EL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DE ZURITE POR AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA OBRAS CIVILES EN LA CIUDAD DEL CUSCO,'" Cusco, 2018.
- [9] P. E. M. C. Y. F. S. U. S. D. A. Rafael Andrés Robayo Salazar, "Comportamiento en estados fresco y endurecido de un concreto autocompactante, adicionado con escoria de carbón, y elaborado con agregado grueso de concreto reciclado," 2014.
- [10] W. Zhao and Q. Yang, "Life-cycle assessment of sustainable pavement based on the coordinated application of recycled asphalt pavement and solid waste: Environment and economy," *J. Clean. Prod.*, vol. 434, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.140203.
- [11] N. Islam, M. Sandanayake, S. Muthukumaran, and D. Navaratna, "Review on Sustainable Construction and Demolition Waste Management—Challenges and Research Prospects," Apr. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/su16083289.
- [12] E. O. Fanijo, J. T. Kolawole, A. J. Babafemi, and J. Liu, "A comprehensive review on the use of recycled concrete aggregate for pavement construction: Properties, performance, and sustainability," Sep. 01, 2023, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.clema.2023.100199.
- [13] Moralez Ramírez Anderson Will, "UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN E IMPERMEABILIDAD DE UN CONCRETO $F'c=210$ KG/CM²; CON CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO IP, FRENTE AL CONCRETO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA HUALLAGA (SECTOR PILLCO MARCA)-HUÁNUCO 2021. LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN," 2024.
- [14] "Specification for Concrete Aggregates," Mar. 15, 2018, *ASTM International, West Conshohocken, PA*. doi: 10.1520/C0033_C0033M-18.
- [15] "Norma Técnica Peruana 400.037," 2002.
- [16] C. Arturo *et al.*, "METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA Guía didáctica," 2011.
- [17] Mark A Goss-Sampson, "Libro-Analisis-Estadicto-con-JASP-basico," 2018.
- [18] A. H. Alwathaf, M. Abdel Jaber, and Y. M. Hunaiti, "Enhancement and Optimization of the Mechanical Properties in Cement Concrete with Recycled Asphalt Pavement (RAP)," *Buildings*, vol. 15, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.3390/buildings15010108.
- [19] S. Debbarma, M. Selvam, and S. Singh, "Can flexible pavements' waste (RAP) be utilized in cement concrete pavements? – A critical review," Oct. 30, 2020, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120417.
- [20] J. Kukielka, W. Bańkowski, and K. Mirski, "Asphalt-cement concretes with reclaimed asphalt pavement and rubber powder from recycled tire," *Materials*, vol. 14, no. 9, May 2021, doi: 10.3390/ma14092412.

- [21] M. Linek, M. Bacharz, and P. Piotrowska, "Surface Cement Concrete with Reclaimed Asphalt," *Materials*, vol. 16, no. 7, Apr. 2023, doi: 10.3390/ma16072791.
- [22] N. Russo, A. Filippi, M. Carsana, F. Lollini, and E. Redaelli, "Recycling of RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) as aggregate for structural concrete: experimental study on physical and mechanical properties," *Discover Civil Engineering*, vol. 1, no. 1, Oct. 2024, doi: 10.1007/s44290-024-00101-y.
- [23] B. Huang, X. Shu, and G. Li, "Laboratory investigation of portland cement concrete containing recycled asphalt pavements," *Cem. Concr. Res.*, vol. 35, no. 10, pp. 2008–2013, Oct. 2005, doi: 10.1016/j.cemconres.2005.05.002.
- [24] S. El Euch Ben Said, S. El Euch Khay, and A. Loulizi, "Experimental Investigation of PCC Incorporating RAP," *Int. J. Concr. Struct. Mater.*, vol. 12, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1186/s40069-018-0227-x.
- [25] J. Xiao, W. Li, Z. Sun, D. A. Lange, and S. P. Shah, "Properties of interfacial transition zones in recycled aggregate concrete tested by nanoindentation," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 37, no. 1, pp. 276–292, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2013.01.006.
- [26] M. Abdel-Jaber, M. Abdel-Jaber, R. El-Nimri, and H. Katkhuda, "Investigation of Flexural Capacity of Normal and Recycled Aggregate Concrete Filled Steel Tubes," *The Open Civil Engineering Journal*, vol. 16, no. 1, Mar. 2022, doi: 10.2174/18741495-v16-e2202020.
- [27] S. Debbarma, G. D. Ransinchung, and S. Singh, "Feasibility of roller compacted concrete pavement containing different fractions of reclaimed asphalt pavement," *Constr. Build. Mater.*, vol. 199, pp. 508–525, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.12.047.
- [28] A. M. Alhajiri and M. N. Akhtar, "Enhancing Sustainability and Economics of Concrete Production through Silica Fume: A Systematic Review," Oct. 01, 2023, *Salehan Institute of Higher Education*. doi: 10.28991/CEJ-2023-09-10-017.
- [29] G. Masi, A. Michelacci, S. Manzi, and M. C. Bignozzi, "Assessment of reclaimed asphalt pavement (RAP) as recycled aggregate for concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 341, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127745.
- [30] H. Katkhuda and N. Shatarat, "Shear behavior of reinforced concrete beams using treated recycled concrete aggregate," *Constr. Build. Mater.*, vol. 125, pp. 63–71, Oct. 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.08.034.
- [31] J. Xiao, Y. Huang, J. Yang, and C. Zhang, "Mechanical properties of confined recycled aggregate concrete under axial compression," *Constr. Build. Mater.*, vol. 26, no. 1, pp. 591–603, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.06.062.

Anexos



(a)



(b)

Anexo 01. (a) Traslado de material de cantera Cabanillas, (b) Reconocimiento de RCD utilizado en el trabajo de investigación.



(a)



(b)

Anexo 02. (a) Ensayo de Abrasión los Ángeles (b) Ensayo de Esclerometría.



(a)



(b)

Anexo 03. (a) Limpieza de material RAP, (b) Trituración de RAP tamaños 3/4" y 1/2".



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Anexo 04. (a), (b), (c), (d), (e) y (f) Caracterización de agregados: humedad, absorción, peso específico y granulometría.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)



(k)



(l)

Anexo 05. (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h), (i), (j), (k) y (l) Sustitución del agregado grueso por RAP en 15%, 30% y 45%, ensayo de asentamiento slump, elaboración de probetas cilíndricas, vigas prismáticas y curado a edades de 7, 14 y 28 días.



(a)



(b)

Anexo 06. (a) Resistencia a la flexión (ASTM C78 - NTP 339.078), (b) Peso de viga prismática.



(a)



(b)

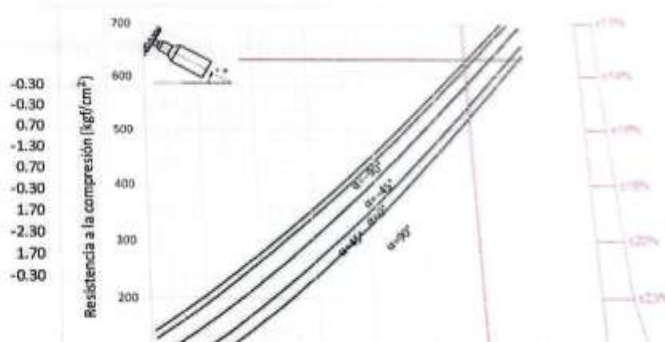
Anexo 07. (a) Resistencia a la compresión (ASTM C39 - NTP 339.034), (b) Rotura de espécimen.

Anexo 08. Certificado de Ensayos de Laboratorio

Anexo 08.1. Certificado de ensayo de esclerometría del RAP – Muestra M01

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
NOMBRE DEL PROYECTO		"Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%"	
SOLICITANTE		Bach. Yheyson Salas Pampa	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Ing. Herson Duberly Pari Cusi	
FECHA		Según a lo que indica	
ENSAYO: ENSAYO DE ESCLEROMETRIA			
NTP 400.021:2025-NTP 400.022:2024			

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo -90°
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Pavimento (RCD) M01
1	50
2	50
3	49
4	51
5	49
6	50
7	48
8	52
9	48
10	50
PROMEDIO	49.70
IE CORREGIDO (xFC)	0.14
RESISTENCIA GRAFICA (kg/cm²)	611

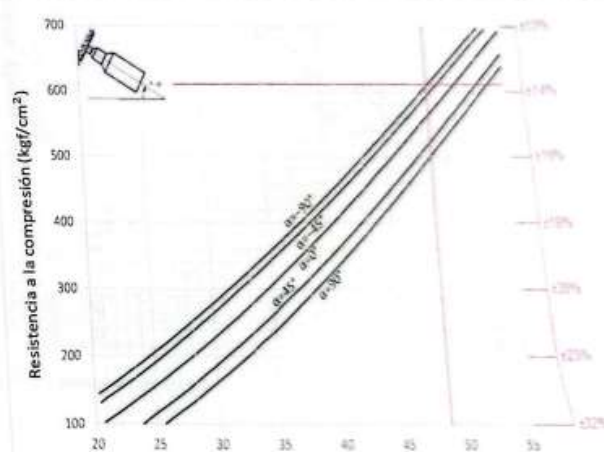


ERROR ±	86.42
---------	-------

Pavimento (RCD) M01

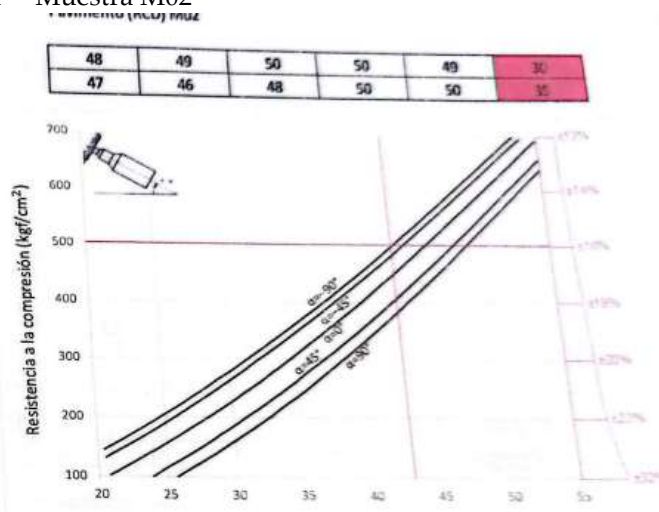
50	49	49	48	48	50
50	51	50	52	50	49

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo -90°
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Pavimento (RCD) M02
1	48
2	47
3	49
4	46
5	50
6	48
7	50
8	50
9	49
10	50
PROMEDIO	48.70
IE CORREGIDO (xFC)	0.14
RESISTENCIA GRAFICA (kg/cm²)	611
ERROR ±	84.90



Anexo 08.2. Certificado de ensayo de esclerometría del RAP – Muestra M02

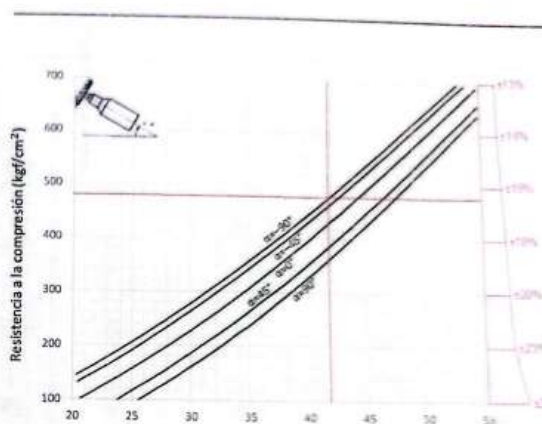
RESULTADO ESCLEROMETRIA	
Angulo	
-90°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Pavimento (RCD) M03
1	43
2	41
3	40
4	43
5	45
6	42
7	45
8	44
9	45
10	42
PROMEDIO	43.00
IE CORREGIDO (xFC)	0.16
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	501
ERROR ±	80.05



Pavimento (RCD) M03

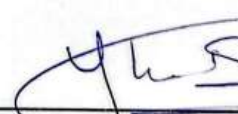
43	41	40	41	42	39
42	41	44	43	42	37

RESULTADO ESCLEROMETRIA	
Angulo	
-90°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Pavimento (RCD) M04
1	44
2	42
3	40
4	44
5	43
6	43
7	40
8	39
9	41
10	42
PROMEDIO	41.80
IE CORREGIDO (xFC)	0.16
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	479
ERROR ±	78.62



Pavimento (RCD) M04

44	42	40	44	43	38
43	40	39	41	42	39


 Encargado de laboratorio



Anexo 08.3. Certificado de abrasión Los Ángeles – Muestra M01

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO Y MATERIALES	
NOMBRE DEL PROYECTO		"Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Rápido con Proporciones del 10%, 30% y 45%"	
SOLICITANTE		Bach. Yhoyan Solís Pantoja	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Ing. Harson Dabberly Puri Cusi	
FECHA		Según a la que indica	
ENSAYO: ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ANGELES			
NTP 406.019-2025-MTP-400.020-2020			



El cálculo de este ensayo es muy sencilla, donde el porcentaje de desgaste igual a la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado en tanto por ciento del peso original y se deriva de la siguiente función:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{(PI - PF)}{PI} \times 100$$

Donde:

PF: Peso final

PI: Peso inicial

	M01 - Pavimento RCD		M02 - Pavimento RCD	
	M01	M02	M01	M02
Peso Final	3661	3043	5325	5194
Peso Inicial	5000	5000	5000	5000
%	26.56	27.21	31.80	31.67

El porcentaje de desgaste (Los Angeles (A)) indica cuánto material pierde un agregado al ser sometido a choque y fricción dentro de la máquina Los Angeles.

Rango típico y su interpretación

Resultado (%) Los Angeles	Calidad del agregado	Interpretación típica
< 25%	Excelente	Agregado muy duro, ideal para concreto de alta resistencia.
25 - 30%	Bueno	Adecuado para la mayoría de concretos estructurales y pavimentos.
35 - 45%	Regular / Aceptable	Usable en secciones menores, pero no recomendado para altas calificaciones.
45 - 50%	Deficiente	Solo para usos no estructurales o bases granulares sin carga.
> 50%	Muy malo	No apto para concreto ni pavimentos.




 Encargado de laboratorio

Anexo 08.4. Certificado de abrasión Los Ángeles – Muestra M02

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO Y MATERIALES 	
NOMBRE DEL PROYECTO	"Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Rápido con Proporciones del 10%, 30% y 45%"
SOLICITANTE	Bach. Yhoyan Solís Pantoja
RESPONSABLE DEL LABORATORIO	Ing. Harson Dabberly Puri Cusi
FECHA	Según a la que indica
ENSAYO: ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ANGELES	
NTP 406.019-2025-MTP-400.020-2020	



El cálculo de este ensayo es muy sencilla, donde el porcentaje de desgaste igual a la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado en tanto por ciento del peso original y se deriva de la siguiente función:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{(PI - PF)}{PI} \times 100$$

Donde:

PF: Peso final

PI: Peso inicial

	M01 - Pavimento RCD		M02 - Pavimento RCD	
	M01	M02	M01	M02
Peso Final	3661	3043	5329	1990
Peso Inicial	5000	5000	5000	5000
%	28.56	27.21	31.80	61.07

El porcentaje de desgaste (Los Angeles (LA)) indica cuánto material pierde un agregado al ser sometido a choque y fricción dentro de la máquina Los Angeles.

Rango típico y su interpretación

Resultado (%) Los Angeles	Calidad del agregado	Interpretación típica
< 25%	Excelente	Agregado muy duro, ideal para concreto de alta resistencia
25 - 30%	Buena	Adecuado para la mayoría de concretos estructurales y pavimentos.
35 - 45%	Regular / Aceptable	Usable en secciones menores, pero no recomendado para altas calidades.
45 - 50%	Deficiente	Solo para usos no estructurales o bases granulares sin carga.
> 50%	Muy malo	No apto para concreto ni pavimentos




 Encargado de laboratorio

Anexo 08.5. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión del concreto

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---	---	---

NOMBRE DEL PROYECTO	"Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%"
SOLICITANTE	Bach. Yheysyn Salas Pampa Bach. Hubert Nestor Hilaraca Sucapuca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO	Ing. Herson Duberly Pari Cusi
FECHA	Según a lo que indica
ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CICLINDROS DE CONCRETO	
NTP 339.033-NTP 339.034	

ITEM	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)	RESISTENCIA DE TESTIGO (kgf/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (kgf/cm ²)	RESISTENCIA PORCENTAJE
1	PATRON-M1	09/09/2025	16/09/2025	7	15.20	30.10	129.7	210	61.76%
2	PATRON-M2	09/09/2025	16/09/2025	7	15.22	30.02	132.3	210	63.00%
3	PATRON-M3	09/09/2025	16/09/2025	7	15.21	30.17	135.7	210	64.62%
4	PATRON-M4	09/09/2025	16/09/2025	7	15.20	30.16	139.7	210	66.52%
5	PATRON-M5	09/09/2025	16/09/2025	7	15.72	30.50	136.3	210	64.90%
6	PATRON-M6	09/09/2025	16/09/2025	7	15.21	30.18	135.3	210	64.43%
7	PATRON-M7	09/09/2025	16/09/2025	7	15.00	30.00	133.6	210	63.62%
8	PATRON-M8	09/09/2025	16/09/2025	7	15.30	30.13	131	210	62.38%
9	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.33	30.31	167.1	210	79.57%
10	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.10	30.10	172.6	210	82.19%
11	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.00	30.00	176.1	210	83.86%
12	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.11	30.35	181.9	210	86.62%
13	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.44	30.30	180	210	85.71%
14	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.22	30.10	178.5	210	85.00%
15	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.51	30.55	173.9	210	82.81%
16	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.21	30.17	170.6	210	81.24%

15	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.31	30.55	175.9	210	82.81%
16	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.21	30.17	170.6	210	81.24%
17	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.33	30.31	155.9	210	74.24%
18	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.25	30.51	159.7	210	76.05%
19	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.30	30.40	162.7	210	77.48%
20	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.00	30.12	165.5	210	78.81%
21	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.30	30.13	167.6	210	79.81%
22	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.93	30.28	163.7	210	77.95%
23	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.31	30.35	160.2	210	76.29%
24	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.93	30.17	157.4	210	74.95%
25	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.00	30.00	125.1	210	59.57%
26	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.00	30.12	127.6	210	60.76%
27	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.10	30.15	129.5	210	61.67%
28	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.32	30.75	129.8	210	61.81%
29	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.00	30.12	130.3	210	62.05%
30	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.00	30.00	129.7	210	61.76%
31	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.10	30.10	129.1	210	61.48%
32	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.20	30.10	125.3	210	59.67%
33	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	14	14.96	30.25	174.9	210	83.29%
34	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	14	14.86	29.93	178.7	210	85.10%
35	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	14	15.30	30.30	182	210	86.67%
36	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	14	15.10	30.10	183.6	210	87.43%
37	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	14	15.00	30.00	184	210	87.62%
38	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	14	15.20	30.10	182.3	210	86.81%
39	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	14	15.00	30.00	181.1	210	86.24%
40	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	14	15.10	12.45	178.2	210	84.86%
41	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	14	15.10	30.1	190.7	210	90.81%
42	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	14	15.24	30.11	195.7	210	93.19%
43	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	14	15.07	30	200	210	95.24%
44	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	14	14.98	30.04	209.1	210	99.57%
45	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	14	14.98	30.04	213.7	210	101.76%

46	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	14	14.97	30.08	208.9	210	99.48%
47	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	14	15.05	30.3	196.7	210	93.67%
48	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	14	14.97	30.08	193.4	210	92.10%
49	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	14	15.20	30.1	179.3	210	85.38%
50	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	14	15.12	30.37	183.2	210	87.24%
51	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	14	15.48	31	184	210	87.62%
52	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	14	15.16	30.19	187.9	210	89.48%
53	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	14	15.11	30.11	189.2	210	90.10%
54	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	14	15.19	30.32	185.1	210	88.14%
55	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	14	15.30	30.21	183.3	210	87.29%
56	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	14	15.15	30.1	181.2	210	86.29%
57	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	14	15.18	30.29	170.7	210	81.29%
58	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	14	15.32	30.35	173.9	210	82.81%
59	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	14	15.30	30.13	175.8	210	83.71%
60	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	14	15.10	30.15	176.7	210	84.14%
61	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	14	15.51	30.55	179.8	210	85.62%
62	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	14	15.72	30.50	175.9	210	83.76%
63	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	14	15.51	30.55	174.6	210	83.14%
64	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	14	14.99	30.30	171.8	210	81.81%
65	M1-PATRON	30/09/2025	28/10/2025	28	15.44	30.30	198.2	210	94.38%
66	M1-PATRON	30/09/2025	28/10/2025	28	15.44	30.30	199.6	210	95.05%
67	M1-PATRON	30/09/2025	28/10/2025	28	15.44	30.45	202.6	210	96.48%
68	M1-PATRON	30/09/2025	28/10/2025	28	15.18	30.29	205.6	210	97.90%
69	M1-PATRON	30/09/2025	28/10/2025	28	15.25	30.51	212.3	210	101.10%
70	M1-PATRON	30/09/2025	28/10/2025	28	15.48	31.00	203.8	210	97.05%
71	M1-PATRON	30/09/2025	28/10/2025	28	15.22	30.50	201	210	95.71%
72	M1-PATRON	30/09/2025	28/10/2025	28	15.32	30.35	199.2	210	94.86%
73	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	28	15.32	30.75	225.9	210	107.57%
74	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	28	15.51	30.55	233.7	210	111.29%

75	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	28	15.32	30.12	236.7	210	112.71%
76	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	28	15.08	30.14	238.8	210	113.71%
77	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	28	15.09	30.10	250.6	210	119.33%
78	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	28	15.00	28.02	237.7	210	113.19%
79	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	28	15.01	28.105	233.7	210	111.29%
80	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	28	15.02	28.19	232	210	110.48%
81	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	28	15.03	28.275	211.2	210	100.57%
82	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	28	15.04	28.36	220.5	210	105.00%
83	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	28	15.05	28.445	223.3	210	106.33%
84	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	28	15.06	28.53	230.8	210	109.90%
85	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	28	15.07	28.615	234.3	210	111.57%
86	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	28	15.08	28.7	229.3	210	109.19%
87	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	28	15.09	28.785	220.6	210	105.05%
88	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	28	15.10	28.87	212.3	210	101.10%
89	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	28	15.11	28.955	172.2	210	82.05%
90	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	28	15.12	29.04	184.4	210	87.81%
91	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	28	15.13	29.125	187.2	210	89.14%
92	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	28	15.14	29.21	195.8	210	93.24%
93	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	28	15.15	29.295	200.6	210	95.52%
94	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	28	15.16	29.38	189.4	210	90.19%
95	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	28	15.17	29.465	184.7	210	87.95%
96	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	28	15.18	29.55	174.9	210	83.29%
97	M2-15%	29/10/2025	05/11/2025	7	15.19	29.635	135	210	64.29%
98	M2-15%	29/10/2025	05/11/2025	7	15.20	29.72	140.1	210	66.71%
99	M2-15%	29/10/2025	05/11/2025	7	15.21	29.805	140.3	210	66.81%
100	M2-15%	29/10/2025	05/11/2025	7	15.22	29.89	142.8	210	68.00%
101	M2-15%	29/10/2025	05/11/2025	7	15.23	29.975	147.9	210	70.43%

102	M2-15%	29/10/2025	05/11/2025	7	15.24	30.06	141.8	210	67.52%
103	M2-15%	29/10/2025	05/11/2025	7	15.25	30.145	140.3	210	66.81%
104	M2-15%	29/10/2025	05/11/2025	7	15.26	30.23	136.7	210	65.10%
105	M2-30%	30/10/2025	06/11/2025	7	15.30	30.43	130.4	210	62.10%
106	M2-30%	30/10/2025	06/11/2025	7	15.21	30.17	133.1	210	63.38%
107	M2-30%	30/10/2025	06/11/2025	7	15.32	30.6	134.3	210	63.95%
108	M2-30%	30/10/2025	06/11/2025	7	15.22	29.55	135.7	210	64.62%
109	M2-30%	30/10/2025	06/11/2025	7	15.23	29.635	136.2	210	64.86%
110	M2-30%	30/10/2025	06/11/2025	7	15.24	29.72	134.6	210	64.10%
111	M2-30%	30/10/2025	06/11/2025	7	15.25	29.805	134.3	210	63.95%
112	M2-30%	30/10/2025	06/11/2025	7	15.26	29.89	131.3	210	62.52%
113	M2-45%	19/11/2025	26/11/2025	7	15.30	29.975	108.2	210	51.52%
114	M2-45%	19/11/2025	26/11/2025	7	15.21	30.06	117.6	210	56.00%
115	M2-45%	19/11/2025	26/11/2025	7	15.32	30.145	124.4	210	59.24%
116	M2-45%	19/11/2025	26/11/2025	7	15.22	30.23	132	210	62.86%
117	M2-45%	19/11/2025	26/11/2025	7	15.23	30.43	133.5	210	63.57%
118	M2-45%	19/11/2025	26/11/2025	7	15.24	30.17	127.6	210	60.76%
119	M2-45%	19/11/2025	26/11/2025	7	15.25	30.6	119.3	210	56.81%
120	M2-45%	19/11/2025	26/11/2025	7	15.26	29.55	109.3	210	52.05%
121	M02-15%	05/11/2025	19/11/2025	14	15.30	29.635	184	210	87.62%
122	M02-15%	05/11/2025	19/11/2025	14	15.21	29.72	187.5	210	89.29%
123	M02-15%	05/11/2025	19/11/2025	14	15.32	29.805	189.2	210	90.10%
124	M02-15%	05/11/2025	19/11/2025	14	15.22	29.89	191.5	210	91.19%
125	M02-15%	05/11/2025	19/11/2025	14	15.23	29.975	191.6	210	91.24%
126	M02-15%	05/11/2025	19/11/2025	14	15.24	30.06	190.7	210	90.81%
127	M02-15%	05/11/2025	19/11/2025	14	15.25	30.145	188.2	210	89.62%
128	M02-15%	05/11/2025	19/11/2025	14	15.26	30.23	187.1	210	89.10%
129	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.30	30.43	171.5	210	81.67%
130	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.21	30.17	173.5	210	82.62%

130	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.21	30.17	173.5	210	82.62%
131	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.32	30.6	173.9	210	82.81%
132	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.22	29.55	177.3	210	84.43%
133	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.23	29.635	178.3	210	84.90%
134	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.24	29.72	175.8	210	83.71%
135	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.25	29.805	173.8	210	82.76%
136	M02-30%	06/11/2025	30/11/2025	14	15.26	29.89	173.6	210	82.67%
137	M02-45%	26/11/2025	10/12/2025	14	15.30	29.975	151.9	210	72.33%
138	M02-45%	26/11/2025	10/12/2025	14	15.21	30.06	157.6	210	75.05%
139	M02-45%	26/11/2025	10/12/2025	14	15.32	30.145	159.1	210	75.76%
140	M02-45%	26/11/2025	10/12/2025	14	15.22	30.23	168.3	210	80.14%
141	M02-45%	26/11/2025	10/12/2025	14	15.23	30.43	177.6	210	84.57%
142	M02-45%	26/11/2025	10/12/2025	14	15.24	30.17	164	210	78.10%
143	M02-45%	26/11/2025	10/12/2025	14	15.25	30.6	157.8	210	75.14%
144	M02-45%	26/11/2025	10/12/2025	14	15.26	29.55	153	210	72.86%
145	M02-15%	19/11/2025	17/12/2025	28	15.30	29.635	210.6	210	100.29%
146	M02-15%	19/11/2025	17/12/2025	28	15.21	29.72	213.3	210	101.57%
147	M02-15%	19/11/2025	17/12/2025	28	15.32	29.805	220.4	210	104.95%
148	M02-15%	19/11/2025	17/12/2025	28	15.22	29.89	225.5	210	107.38%

149	M02-15%	19/11/2025	17/12/2025	28	15.23	29.975	236.1	210	112.43%
150	M02-15%	19/11/2025	17/12/2025	28	15.24	30.06	220.9	210	105.19%
151	M02-15%	19/11/2025	17/12/2025	28	15.25	30.145	214.2	210	102.00%
152	M02-15%	19/11/2025	17/12/2025	28	15.26	30.23	212.7	210	101.29%
153	M02-30%	20/11/2025	18/12/2025	28	15.30	30.43	190.4	210	90.67%
154	M02-30%	20/11/2025	18/12/2025	28	15.21	30.17	194.3	210	92.52%
155	M02-30%	20/11/2025	18/12/2025	28	15.32	30.6	196.4	210	93.52%
156	M02-30%	20/11/2025	18/12/2025	28	15.22	29.55	197.4	210	94.00%
157	M02-30%	20/11/2025	18/12/2025	28	15.23	29.635	199	210	94.76%
158	M02-30%	20/11/2025	18/12/2025	28	15.24	29.72	196.8	210	93.71%
159	M02-30%	20/11/2025	18/12/2025	28	15.25	29.805	195.5	210	93.10%
160	M02-30%	20/11/2025	18/12/2025	28	15.26	29.89	192.9	210	91.86%
161	M02-45%	05/12/2025	02/01/2026	28	15.30	29.975	156.6	210	74.57%
162	M02-45%	05/12/2025	02/01/2026	28	15.21	30.06	165.6	210	78.86%
163	M02-45%	05/12/2025	02/01/2026	28	15.32	30.145	175.8	210	83.71%
164	M02-45%	05/12/2025	02/01/2026	28	15.01	30.23	182.1	210	86.71%
165	M02-45%	05/12/2025	02/01/2026	28	14.97	30.43	194.8	210	92.76%
166	M02-45%	05/12/2025	02/01/2026	28	14.98	30.17	176.6	210	84.10%
167	M02-45%	05/12/2025	02/01/2026	28	15.07	30.6	173.7	210	82.71%
168	M02-45%	05/12/2025	02/01/2026	28	15.21	30.17	163.3	210	77.76%

Observación:

- Las muestras fueron ensayadas en presencia del solicitante
- Los datos como elemento estructural, la RESISTENCIA DE DISEÑO de 210 kg/cm2 fueron proporcionados por el solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante


Encargado de laboratorio

Anexo 08.6. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión del concreto

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---	--	---

NOMBRE DEL PROYECTO	"Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%"
SOLICITANTE	Bach. Yheyson Salas Pampa Bach. Hubert Nestor Hilaraca Sucapuca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO	Ing. Herson Duberly Pari Cusi
FECHA	Según a lo que indica
ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXION EN CICLINDROS DE CONCRETO	
NTP 339.078:2022	

ITEM	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)	RESISTENCIA DE TESTIGO (kgf/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (kgf/cm ²)	RESISTENCIA PORCENTAJE
1	PATRON-M1	09/09/2025	16/09/2025	7	15.20	30.10	21.2	30	70.67%
2	PATRON-M2	09/09/2025	16/09/2025	7	15.22	30.02	20.4	30	68.00%
3	PATRON-M3	09/09/2025	16/09/2025	7	15.21	30.17	23.8	30	79.33%
4	PATRON-M4	09/09/2025	16/09/2025	7	15.20	30.16	19.4	30	64.67%
5	PATRON-M5	09/09/2025	16/09/2025	7	15.72	30.50	19.9	30	66.33%
6	PATRON-M6	09/09/2025	16/09/2025	7	15.21	30.18	17.6	30	58.67%
7	PATRON-M7	09/09/2025	16/09/2025	7	15.00	30.00	19.1	30	63.67%
8	PATRON-M8	09/09/2025	16/09/2025	7	15.30	30.13	20.0	30	66.67%
9	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.33	30.31	26.3	30	87.67%

10	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.10	30.10	25.6	30	85.33%
11	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.00	30.00	24.2	30	80.67%
12	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.11	30.35	28.5	30	95.00%
13	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.44	30.30	27.8	30	92.67%
14	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.22	30.10	22.4	30	74.67%
15	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.51	30.55	23.2	30	77.33%
16	M1-15%	01/10/2025	08/10/2025	7	15.21	30.17	25.3	30	84.33%
17	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.33	30.31	18.3	30	61.00%
18	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.25	30.51	20.2	30	67.33%
19	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.30	30.40	19.9	30	66.33%
20	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.00	30.12	22.0	30	73.33%
21	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.30	30.13	23.2	30	77.33%
22	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.93	30.28	22.1	30	73.67%
23	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.31	30.35	23.8	30	79.33%
24	M1-30%	17/10/2025	24/10/2025	7	15.93	30.17	20.4	30	68.00%
25	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.00	30.00	15.3	30	51.03%
26	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.00	30.12	14.5	30	48.33%
27	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.10	30.15	16.2	30	54.00%
28	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.32	30.75	14.3	30	47.67%
29	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.00	30.12	17.0	30	56.67%
30	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.00	30.00	16.4	30	54.67%
31	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.10	30.10	15.4	30	51.33%
32	M1-45%	03/11/2025	10/11/2025	7	15.20	30.10	18.6	30	62.00%
33	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	28	14.96	30.25	32.2	30	107.33%
34	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	28	14.86	29.93	28.5	30	95.00%

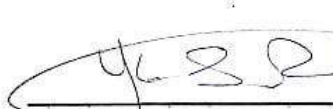
35	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	28	15.30	30.30	31.2	30	104.00%
36	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	28	15.10	30.10	29.4	30	98.00%
37	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	28	15.00	30.00	33.4	30	111.33%
38	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	28	15.20	30.10	35.5	30	118.33%
39	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	28	15.00	30.00	32.1	30	107.00%
40	M1-PATRON	16/09/2025	30/09/2025	28	15.10	12.45	28.1	30	93.67%
41	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	28	15.10	30.1	30.1	30	100.33%
42	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	28	15.24	30.11	36.8	30	122.67%
43	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	28	15.07	30	32.3	30	107.67%
44	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	28	14.98	30.04	33.6	30	112.00%
45	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	28	14.98	30.04	34.2	30	114.00%
46	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	28	14.97	30.08	35.3	30	117.67%
47	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	28	15.05	30.3	36.5	30	121.67%
48	M1-15%	08/10/2025	22/10/2025	28	14.97	30.08	37.5	30	125.00%
49	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	28	15.20	30.1	32.3	30	107.67%
50	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	28	15.12	30.37	29.8	30	99.33%
51	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	28	15.48	31	28.7	30	95.67%
52	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	28	15.16	30.19	26.5	30	88.33%
53	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	28	15.11	30.11	33.7	30	112.33%
54	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	28	15.19	30.32	34.0	30	113.33%
55	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	28	15.30	30.21	29.1	30	97.00%
56	M1-30%	24/10/2025	07/11/2025	28	15.15	30.1	30.0	30	100.00%
57	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	28	15.18	30.29	25.2	30	84.00%
58	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	28	15.32	30.35	28.3	30	94.33%
59	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	28	15.30	30.13	26.3	30	87.67%
60	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	28	15.10	30.15	24.2	30	80.67%
61	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	28	15.51	30.55	22.3	30	74.33%
62	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	28	15.72	30.50	27.3	30	91.00%
63	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	28	15.51	30.55	24.3	30	81.00%
64	M1-45%	10/11/2025	24/11/2025	28	14.99	30.30	26.5	30	88.33%
65	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	7	15.32	30.75	24.2	30	80.67%
66	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	7	15.51	30.55	25.7	30	85.67%

67	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	7	15.32	30.12	26.4	30	88.00%
68	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	7	15.08	30.14	26.5	30	88.33%
69	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	7	15.09	30.10	27.5	30	91.67%
70	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	7	15.00	28.02	28.3	30	94.33%
71	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	7	15.01	28.105	28.6	30	95.33%
72	M1-15%	22/09/2025	20/09/2025	7	15.02	28.19	29.3	30	97.67%
73	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	7	15.03	28.275	21.2	30	70.67%
74	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	7	15.04	28.36	26.2	30	87.33%
75	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	7	15.05	28.445	25.3	30	84.33%
76	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	7	15.06	28.53	22.4	30	74.67%
77	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	7	15.07	28.615	26.4	30	88.00%
78	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	7	15.08	28.7	22.1	30	73.67%
79	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	7	15.09	28.785	23.8	30	79.33%
80	M1-30%	10/11/2025	08/12/2025	7	15.10	28.87	24.1	30	80.33%
81	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	7	15.11	28.955	15.2	30	50.67%
82	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	7	15.12	29.04	12.3	30	41.00%
83	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	7	15.13	29.125	13.7	30	45.67%
84	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	7	15.14	29.21	14.1	30	47.00%
85	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	7	15.15	29.295	14.6	30	48.67%
86	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	7	15.16	29.38	13.9	30	46.33%
87	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	7	15.17	29.465	15.6	30	52.00%
88	M1-45%	24/11/2025	22/12/2025	7	15.18	29.55	16.5	30	55.00%
89	M2-15%	30/10/2025	06/11/2025	28	15.30	30.43	32.3	30	107.67%
90	M2-15%	30/10/2025	06/11/2025	28	15.21	30.17	31.2	30	104.00%
91	M2-15%	30/10/2025	06/11/2025	28	15.32	30.6	33.2	30	110.67%
92	M2-15%	30/10/2025	06/11/2025	28	15.22	29.55	30.6	30	102.00%
93	M2-15%	30/10/2025	06/11/2025	28	15.23	29.635	35.7	30	119.00%
94	M2-15%	30/10/2025	06/11/2025	28	15.24	29.72	36.1	30	120.33%
95	M2-15%	30/10/2025	06/11/2025	28	15.25	29.805	38.7	30	129.00%

96	M2-15%	30/10/2025	06/11/2025	28	15.26	29.89	31.8	30	106.00%
97	M2-30%	19/11/2025	26/11/2025	28	15.30	29.975	28.9	30	96.33%
98	M2-30%	19/11/2025	26/11/2025	28	15.21	30.06	32.3	30	107.67%
99	M2-30%	19/11/2025	26/11/2025	28	15.32	30.145	30.4	30	101.33%
100	M2-30%	19/11/2025	26/11/2025	28	15.22	30.21	28.1	30	93.67%
101	M2-30%	19/11/2025	26/11/2025	28	15.23	30.43	30.2	30	100.67%
102	M2-30%	19/11/2025	26/11/2025	28	15.24	30.17	29.5	30	98.33%
103	M2-30%	19/11/2025	26/11/2025	28	15.25	30.6	28.7	30	95.67%
104	M2-30%	19/11/2025	26/11/2025	28	15.26	29.55	31.3	30	104.33%
105	M2-45%	05/11/2025	19/11/2025	28	15.30	29.635	24.3	30	81.00%
106	M2-45%	05/11/2025	19/11/2025	28	15.21	29.72	22.9	30	76.33%
107	M2-45%	05/11/2025	19/11/2025	28	15.32	29.805	20.9	30	69.67%
108	M2-45%	05/11/2025	19/11/2025	28	15.22	29.89	18.7	30	62.33%
109	M2-45%	05/11/2025	19/11/2025	28	15.23	29.975	23.2	30	77.33%
110	M2-45%	05/11/2025	19/11/2025	28	15.24	30.06	19.5	30	65.00%
111	M2-45%	05/11/2025	19/11/2025	28	15.25	30.145	21.4	30	71.33%
112	M2-45%	05/11/2025	19/11/2025	28	15.26	30.23	18.9	30	63.00%

Observación:

- Las muestras fueron ensayadas en presencia del solicitante
- Los datos como elemento estructural, la RESISTENCIA DE DISEÑO de 30 kg/cm2 fueron proporcionados por el solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante


 Encargado de laboratorio



Anexo 08.7. Certificados complementarios de caracterización de agregados

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
NOMBRE DEL PROYECTO		"Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%"	
SOLICITANTE		Bach. Yheyson Salas Pampa	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Ing. Herson Duberly Pari Cusi	
FECHA		Según a lo que indica	
ENSAYO: PESO UNITARIO			
NTP 400.017			

PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO SUELTO

N° de Ensayo	1	2	3
Peso de Molde	2.455	2.455	2.455
Vol. De molde	0.00267852	0.00267852	0.00267852
Peso Molde+ Muestra	6.904	6.89	6.890
Peso Muestra	4.449	4.435	4.435
Peso Unitario Suelto	1660.99261	1655.76584	1655.76584
Peso Unitario Suelto Promedio	1657.5081		

PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO SUELTO

N° de Ensayo	1	2	3
Peso de Molde	2.455	2.455	2.455
Vol. De molde	0.00267852	0.00267852	0.00267852
Peso Molde+ Muestra	7.163	7.173	7.142
Peso Muestra	4.708	4.718	4.687
Peso Unitario Compactado	1757.68784	1761.42125	1749.84769
Peso Unitario Suelto Compactado Promedio	1756.318929		

PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO SUELTO

N° de Ensayo	1	2	3
Peso de Molde	2.455	2.455	2.455
Vol. De molde	0.00267852	0.00267852	0.00267852
Peso Molde+ Muestra	6.486	6.437	6.417
Peso Muestra	4.031	3.982	3.962
Peso Unitario Suelto	1504.93622	1486.64252	1479.17571
Peso Unitario Suelto Promedio	1490.251483		

PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO

N° de Ensayo	1	2	3
Peso de Molde	2.455	2.455	2.455
Vol. De molde	0.00267852	0.00267852	0.00267852
Peso Molde+ Muestra	6.632	6.7021	6.801
Peso Muestra	4.177	4.2471	4.346
Peso Unitario Compactado	1559.44395	1585.61513	1622.53852
Peso Unitario Suelto Compactado	1589.199203		

Observación:

- Las muestras fueron ensayadas en presencia del solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante



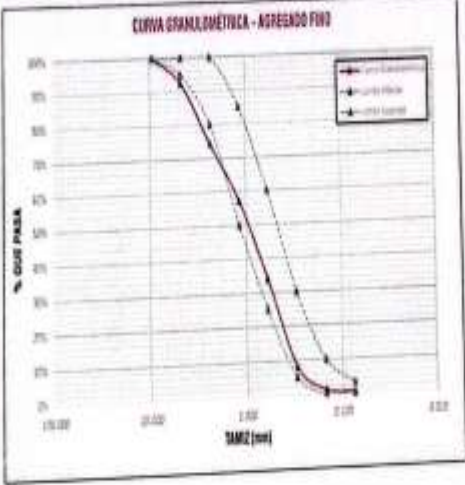

Encargado de laboratorio

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
NOMBRE DEL PROYECTO		"Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%"
SOLICITANTE		Bach. Yhryvon Salas Pampa
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Ing. Herson Duberly Pari Cusi
FECHA		Según a lo que indica
ENSAYO: GRANULOMETRIA		
NTP 400.012		

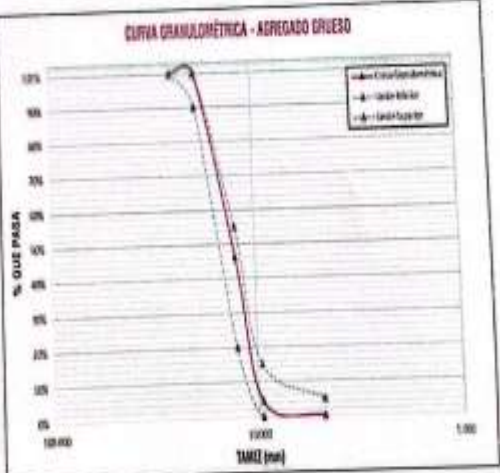
Tamiz	Abertura (mm)	Agregado fino (%) retenido acumulado	Agregado grueso (%) retenido acumulado
1"	25.4	0	0
3/4"	19	0	0
1/2"	12.7	0	53.75
3/8"	9.5	0	45.55
Nº4	4.75	7.62	99.95
Nº8	2.36	25.71	99.95
Nº16	1.18	42.86	99.95
Nº30	0.6	86.03	99.95
Nº50	0.3	91.9	99.95
Nº100	0.15	98.89	99.95
Nº200	0.075	99.68	99.95

(a)
(b)

CURVA GRANULOMÉTRICA - AGREGADO FINO



CURVA GRANULOMÉTRICA - AGREGADO GRUESO



Observación:

- Las muestras fueron ensayadas en presencia del solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante


 Encargado de laboratorio

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES		
NOMBRE DEL PROYECTO		Evaluación del Agregado Reciclado de Pavimento en Concreto Nuevo con Proporciones del 15%, 30% y 45%	
SOLICITANTE		Bach. Yheyson Salas Pampa	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Ing. Herson Duberly Pari Cusi	
FECHA		Según a lo que indica	
ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD			
NTP 339.185:2021			

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
N° de Ensayo	1	2	3
N° de tara			
Peso de Tara (gr)			
Peso de Tara +Muestra Humeda (gr)			
Peso de Muestra humeda(gr)	750	751	753
Peso de Muestra Seca (gr)	739	740	739
Peso de Agua (gr)	11	11	14
Contenido de Humedad %	1.488	1.486	1.894
Contenido de Humedad Promedio %	1.623		

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
N° de Ensayo	1	2	3
N° de tara			
Peso de Tara (gr)			
Peso de Tara +Muestra Humeda (gr)			
Peso de Muestra humeda(gr)	500	500	500
Peso de Muestra Seca (gr)	484	483	485
Peso de Agua (gr)	16	17	15
Contenido de Humedad %	3.306	3.520	3.093
Contenido de Humedad Promedio %	3.306		

Observación:

- Las muestras fueron ensayadas en presencia del solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante


Encargado de laboratorio

Evidencia de sumisión de artículo

Revista: CivilEng (MDPI)

Manuscript ID: civileng-4440977

Título:

Evaluation of Recycled Pavement Aggregate in New Concrete at Proportions of 15%, 30%, and 45%.

El presente documento constituye evidencia de la sumisión del manuscrito a la revista CivilEng (MDPI), de acuerdo con el correo oficial de confirmación de recepción y el estado registrado en el sistema SuSy de MDPI.

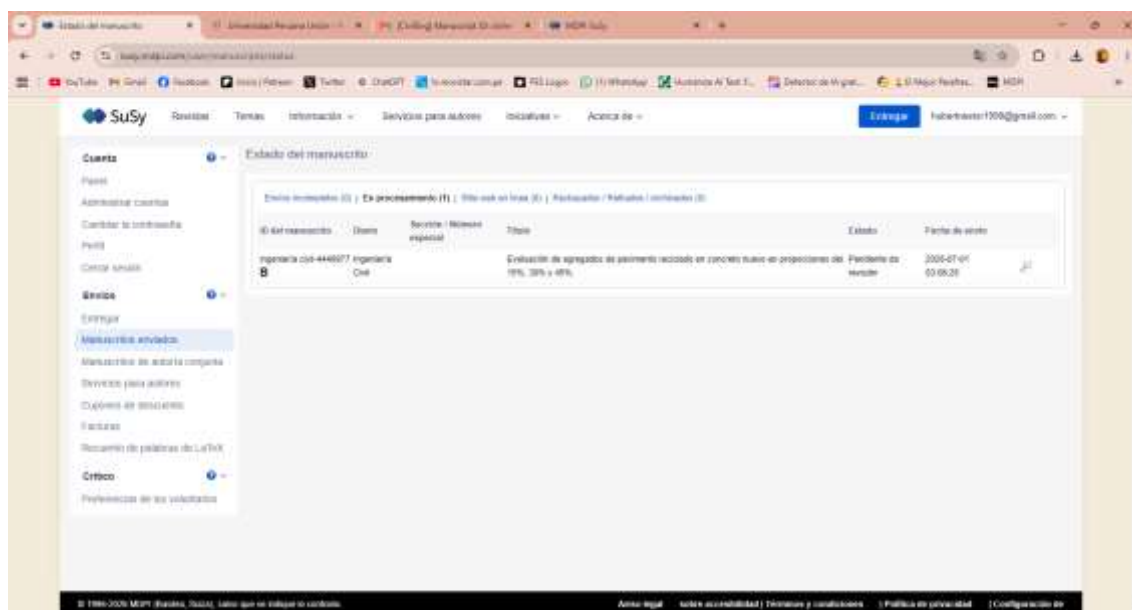
Estado del manuscrito:

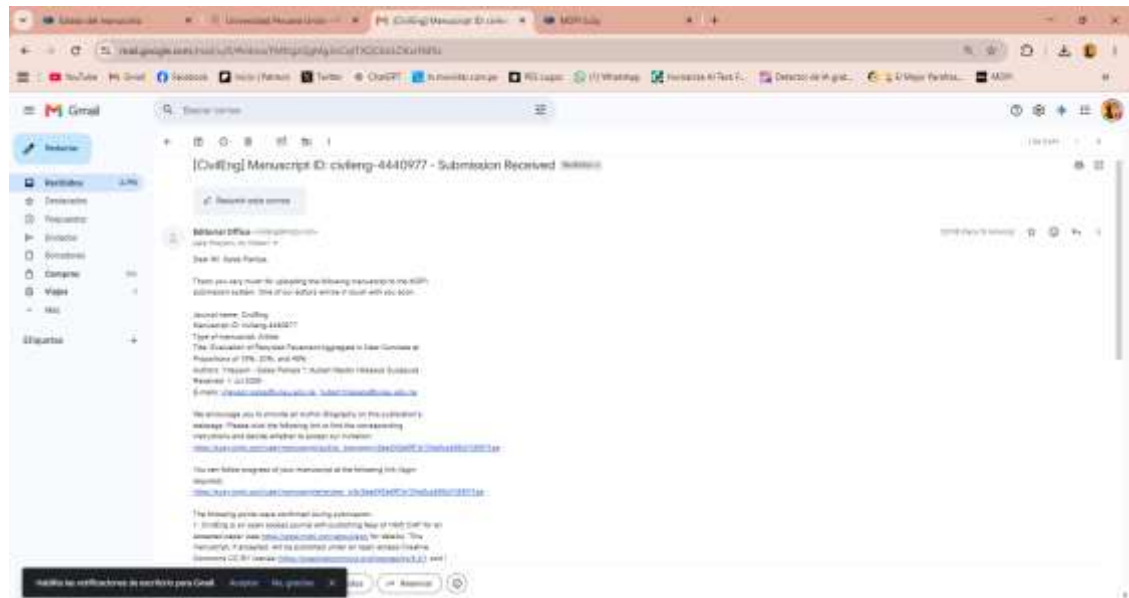
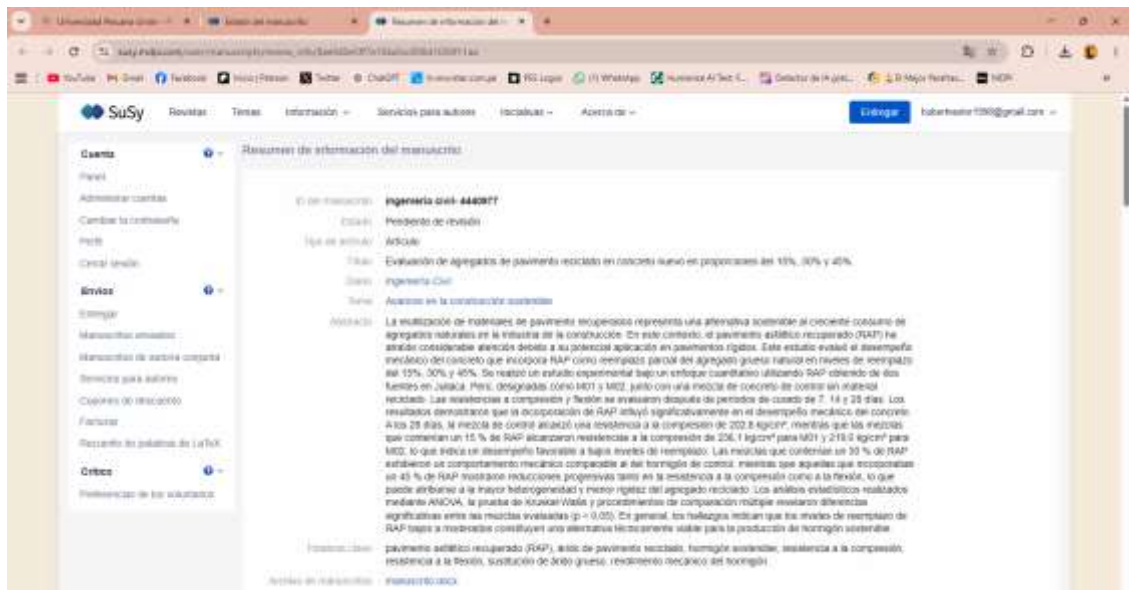
Pending Review (Pendiente de revisión)

Fecha de envío: 01 de julio de 2026, 03:08 UTC (según el sistema MDPI).

Autores:

- Yheyson Salas Pampa
- Hubert Nestor Hilasaca Sucupuca





Copia de resolución de inscripción del perfil del proyecto de tesis:



**"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"**

RESOLUCIÓN N° 1187-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 03 de diciembre de 2024

VISTO:

El expediente de Yheyson Salas Pampa, identificado(a) con Código Universitario N° 201612294 y Hubert Nestor Hilaraca Sucapuca identificado(a) con Código Universitario N° 201520748, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que Yheyson Salas Pampa y Hubert Nestor Hilaraca Sucapuca, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Reutilización de Concreto Reciclado, proveniente de pavimentos en demolición, para su uso en concreto rígido en la ciudad de Juliaca" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

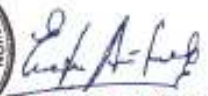
Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 03 de diciembre de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Reutilización de Concreto Reciclado, proveniente de pavimentos en demolición, para su uso en concreto rígido en la ciudad de Juliaca" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al Ing. Herson Duberly Pari Cusi como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por el: Mg. Edwin Parillo Escarsena y la Mg. Maribel Sanomamani Cati, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA

cc:
-Intermedio
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo




Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA