

UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines
de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto
reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de La
Victoria – Chiclayo**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

Autoras:

Amalia Cristina Cornejo Guevara

Cindy Omaira Ramirez Leiva

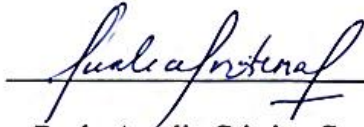
Asesor:

Dr. Nelson Enrique Huangal Castañeda

Lambayeque - Perú

Fecha de sustentación: 18 de agosto del 2026

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de
adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso
de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el
distrito de La Victoria - Chiclayo**



Bach. Amalia Cristina Cornejo Guevara
Autora



Bach. Cindy Omaira Ramirez Leiva
Autora



Dr. Nelson Enrique Huangal Castañeda
Asesor

Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y de Arquitectura, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL.

Aprobado por:



Dr. Ing. Juan Herman Farias Feijoo
Presidente



Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos
Secretario



Msc. Ing. Wesley Amado Salazar Bravo
Vocal

Lambayeque, 2026



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 036-2026-UI-FICSA



Siendo las 11:00 am del día 18 de agosto del 2026, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO I ELABORADOS CON AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO PROVENIENTES DE VEREDAS DEMOLIDAS EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA - CHICLAYO", con código N° IC_V_2025_041, y designado por Resolución Decanal N° 551-2025-UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. JUAN HERMAN FARIAS FEIJOO	PRESIDENTE
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS	SECRETARIO
MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO	VOCAL

Asesorado por DR. ING. NELSON ENRIQUE HUANGAL CASTAÑEDA.

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 188-2026-UIFICSA, la tesis profesional fue presentada y sustentada por las Bachilleres: AMALIA CRISTINA CORNEJO GUEVARA y CINDY OMAIRA RAMIREZ LEIVA, tuvo una duración de 60 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
AMALIA CRISTINA CORNEJO GUEVARA	17	DIECISIETE	BUENO
CINDY OMAIRA RAMIREZ LEIVA	17	DIECISIETE	BUENO

Por lo que quedan APTAS para obtener el Título Profesional de INGENIERA CIVIL de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:00; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DR. ING. JUAN HERMAN FARIAS FEIJOO
PRESIDENTE

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
SECRETARIO

MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO
VOCAL

DR. ING. NELSON ENRIQUE HUANGAL CASTAÑEDA
ASESOR



CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Dr. Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda, usuario revisor de Tesis ☒

Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ y/o Trabajo Académico ☐

Titulado: “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de La Victoria - Chiclayo”

Cuyos autores son: Cornejo Guevara, Amalia Cristina; con DNI N° 71574082 y Ramirez Leiva, Cindy Omaira; con DNI N° 76592255, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 19%, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 24 de agosto del 2026



Firma (Asesor)

Dr. Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda

DNI 40774977

Defina la modalidad con (X)

Adjunta:

Resumen de Reporte automatizado de similitudes

Recibo Digital

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de La Victoria -

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

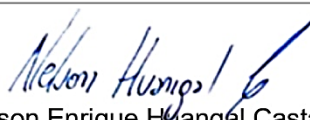
FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unprg.edu.pe	Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.usanpedro.edu.pe	Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uns.edu.pe	Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte	Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.upn.edu.pe	Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Andina del Cusco	Trabajo del estudiante	1%
10	repositorio.unsch.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
11	repositorioacademico.upc.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.utea.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
13	repositorio.unap.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
14	repositorio.unc.edu.pe	Fuente de Internet	<1%


Dr. Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor

15	repositorio.ucsm.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.udh.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unjbg.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.upla.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo	Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositoriotec.tec.ac.cr	Fuente de Internet	<1 %
21	tesis.ucsm.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to uni	Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.unj.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.uss.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Continental	Trabajo del estudiante	<1 %
26	doku.pub	Fuente de Internet	<1 %
27	fr.scribd.com	Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.uct.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.unach.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Docentes	Trabajo del estudiante	<1 %
31	repositorio.unheval.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %

Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina


Dr.Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor

32	Trabajo del estudiante	<1 %
33	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
36	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
38	Submitted to Universidad Nacional de Cajamarca Trabajo del estudiante	<1 %
39	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
40	Vargas Soler, Erika Julieth González Jiménez, Ana Jessyca. "Análisis de las Mezclas de Concreto Elaboradas con Agua Residual Proveniente de Procesos de Teñido Textil Conforme a sus Características Mecánicas", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia) Publicación	<1 %
41	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	api-repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

repositorio.uncp.edu.pe


Dr.Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor

48	Fuente de Internet	<1 %
49	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
50	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
52	ve.scielo.org Fuente de Internet	<1 %
53	Submitted to Universidad Hispanoamericana Trabajo del estudiante	<1 %
54	moam.info Fuente de Internet	<1 %
55	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to unhuancavelica Trabajo del estudiante	<1 %
58	Submitted to D.A. de Ingeniería Civil Trabajo del estudiante	<1 %
59	Submitted to Universidad Tecnológica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
60	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	Submitted to DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA Trabajo del estudiante	<1 %
64	Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	<1 %
65	Submitted to Michigan Technological University Trabajo del estudiante	


 Dr.Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
 DNI. 40774977
 Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Amalia Cristina Cornejo Guevara
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquin...
Nombre del archivo: Tesis_Cornejo_Ramirez.pdf
Tamaño del archivo: 1.14M
Total páginas: 129
Total de palabras: 31,826
Total de caracteres: 168,854
Fecha de entrega: 24-ago-2026 10:13p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3017393979

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines
de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto
reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de La
Victoria – Chiclayo

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

Autoras:

Amalia Cristina Cornejo Guevara
Cindy Omaira Ramirez Lelva

Asesor:

Dr. Nelson Enrique Huangal Castañeda
Lambayeque - Perú

Fecha de sustentación: 18 de agosto del 2026

Dr. Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor

Dedicatoria

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios, por brindarme salud y sabiduría durante toda mi formación académica, además de fortaleza para afrontar cada momento de mi vida.

A mi querida familia por su respaldo continuo y amor incondicional, por ser mi fuente de inspiración y brindarme la motivación necesaria día a día.

También dedico este trabajo a mis docentes, a quienes agradezco profundamente su orientación y sus conocimientos compartidos, los cuales han contribuido con mi formación profesional y personal.

Por último, dedico esto a mí misma, por todo el esfuerzo y dedicación mostrado para alcanzar lo que me propongo.

Ramirez Leiva, Cindy Omaira

Dedico esta tesis a mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y su sacrificio a lo largo de todo es camino. A mis hermanas y padre, por su compañía, comprensión y aliento en los momentos difíciles. A todas las personas especiales que están en mi vida porque creyeron en mí y brindándome su apoyo cuando más lo necesité. Agradezco de manera especial a mi asesor, por su orientación, paciencia ya valiosos conocimientos durante el desarrollo. Y, finalmente, a mí, por la constancia, el esfuerzo y la fortaleza para no rendirme y seguir adelante hasta alcanzar este logro.

Cornejo Guevara, Amalia Cristina

Agradecimiento

Agradecemos a nuestras familias por su amor incondicional, apoyo moral y paciencia infinita han sido el pilar fundamental que sostuvo nuestro esfuerzo a lo largo de este camino. Gracias por estar y tener confianza en nosotras, su motivación constante fue de gran importancia porque atravesamos situaciones de dificultad y siempre estuvieron al lado nuestro, por ser la fuente de inspiración diaria para culminar con éxito esta etapa de nuestras vidas.

Asimismo, queremos manifestar nuestro especial agradecimiento a nuestro asesor, el Dr. Nelson Enrique Huangal Castañeda. Agradecemos sinceramente su guía experta, su constante orientación y su valiosa disposición a lo largo de todo el desarrollo de esta investigación. Su rigor académico, sabiduría y paciencia no solo hicieron posible la realización de la presente tesis, sino que también contribuyeron significativamente a nuestra formación profesional y personal.

Índice de contenido

Resumen	xxi
Abstract.....	xxii
Introducción.....	23
I. Diseño Teórico	29
1.1 Antecedentes	29
1.1.1. Antecedentes Internacionales	29
1.1.2. Antecedentes Nacionales	32
1.1.3. Antecedentes Regionales	36
1.2 Bases teóricas.....	42
1.3 Operacionalización o categorización de variables	53
II. Diseño Metodológico	54
2.1 Tipo de investigación.....	54
2.2 Diseño de contrastación de hipótesis	55
2.3 Población, muestra y muestreo	60
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información/datos.....	61
2.5 Equipos y materiales	74
2.6 Aspectos éticos de la investigación.....	75
III. Resultados	76
3.1 Procedencia y volumen del concreto demolido	76
3.2 Volumen de agregado grueso de concreto reciclado obtenido	81
3.3 Caracterización de los agregados.....	82
3.4 Diseño de mezcla de los adoquines de concreto tipo I	89
3.5 Variación dimensional de los adoquines de concreto tipo I	90
3.6 Absorción de los adoquines de concreto tipo I	91
3.7 Resistencia a la compresión de los adoquines tipo I.....	91
3.8 Resistencia a la abrasión o desgaste de los adoquines de concreto tipo I..	95
3.9 Análisis estadístico de los resultados	96
IV. Discusión.....	109
Conclusiones.....	116
Recomendaciones	118
Referencias	119
Anexos	129

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Resumen de la Procedencia, Método de trituración de RCD y Dimensiones de Adoquines, utilizados en los antecedentes</i>	40
Tabla 2 <i>Clasificación y Tipos de Diseño de Mezclas</i>	51
Tabla 3 <i>Procedimiento ACI 211.1</i>	52
Tabla 4 <i>Operacionalización de las variables</i>	53
Tabla 5 <i>Resistencia a la Compresión.....</i>	57
Tabla 6 <i>Cantidad de muestras por cada porcentaje de sustitución de AGCR</i>	61
Tabla 7 <i>Estimación de la Resistencia promedio de diseño a la compresión (f'_{cr}). 67</i>	
Tabla 8 <i>Valores de revenimiento (slump) en función al tipo de estructura.....</i>	68
Tabla 9 <i>Correspondencia del factor agua/cemento (a/c) en función al f'_{cr}.....</i>	68
Tabla 10 <i>Volumen de agua de diseño en función al slump, tipo de concreto y tamaño del agregado grueso</i>	69
Tabla 11 <i>Estimación del porcentaje de aire atrapado en función al TMN</i>	70
Tabla 12 <i>Coeficientes volumétricos de diseño para el agregado grueso en función del TMN y el módulo de fineza de la arena</i>	70
Tabla 13 <i>Parámetros normativos de espesores mínimos y resistencia a la compresión para adoquines de concreto</i>	72
Tabla 14 <i>Parámetros normativos y límites máximos de absorción de agua por categoría de adoquín (NTP 399.611).</i>	73
Tabla 15 <i>Límites de Variación dimensional en adoquines de concreto</i>	74
Tabla 16 <i>Volumen de demolición de concreto obtenido de veredas.....</i>	76
Tabla 17 <i>Volumen del material obtenido a través de la trituración de bloques de concreto procedente de veredas de la Victoria-Chiclayo.....</i>	81
Tabla 18 <i>Análisis granulométrico de los diferentes casos con porcentajes de sustitución de AGC por AGCR</i>	82
Tabla 19 <i>Resumen de los Datos Obtenidos de los Ensayos del Agregado Grueso</i>	87

Tabla 20 <i>Porcentaje de Pasantes obtenidos del Ensayo de Granulometría del Agregado Fino</i>	88
Tabla 21 <i>Contenido de Humedad, Porcentaje de Absorción, Peso Unitario Compactado Seco, Peso Unitario Suelto Seco, Peso Específico del Agregado Fino</i>	89
Tabla 22 <i>Dosificación para los 4 casos de sustitución.....</i>	89
Tabla 23 <i>Resultados del ensayo de variación dimensional del adoquín</i>	90
Tabla 24 <i>Resumen de Porcentaje de Absorción Promedio según el Tipo de Mezcla con AGCR</i>	91
Tabla 25 <i>Tabla resumen que muestra las diferentes resistencias a la compresión ($f'c$) de adoquines de concreto Tipo I a 0%, 15%, 25% y 35% de reemplazo de AGC por AGCR</i>	92
Tabla 26 <i>$f'c$ promedio a los 7,14 y 28 días en los diferentes reemplazos de AGC por AGCR.</i>	94
Tabla 27 <i>Datos obtenidos del ensayo Resistencia a la abrasión de adoquines bajo la normativa ASTM C944</i>	95
Tabla 28 <i>Prueba de Shapiro Wilk aplicado a los valores de $f'c$ de los adoquines de concreto tipo I.....</i>	96
Tabla 29 <i>Resultados del $f'c$ de los adoquines de concreto tipo I correspondientes a la Prueba de Levene basado en la media</i>	97
Tabla 30 <i>Prueba ANOVA de un factor para los valores de resistencia a la compresión de adoquines de concreto.....</i>	98
Tabla 31 <i>Resultados de la Prueba de Tukey para los valores de $f'c$ de adoquines de concreto tipo I a los 7 días.....</i>	99
Tabla 32 <i>Prueba de Tukey para los valores de $f'c$ de adoquines de concreto a los 14 días.....</i>	100
Tabla 33 <i>Prueba de Tukey para los valores de $f'c$ de adoquines de concreto a los 28 días.....</i>	101

Tabla 34 <i>Prueba de normalidad de Shapiro Wilk aplicado a los valores de abrasión de los adoquines de concreto.....</i>	102
Tabla 35 <i>Prueba de homogeneidad de varianza, a los valores obtenidos de abrasión de adoquines de concreto basado en la media</i>	103
Tabla 36 <i>Prueba ANOVA de un factor para los valores de abrasión de adoquines de concreto.....</i>	103
Tabla 37 <i>Prueba de Tukey para los valores de abrasión de adoquines de concreto a veintiocho días</i>	104
Tabla 38 <i>Prueba de normalidad de Shapiro Wilk aplicado a los valores de absorción de los adoquines de concreto.....</i>	105
Tabla 39 <i>Prueba de homogeneidad de varianza, a los valores obtenidos de la absorción de adoquines de concreto basado en la media</i>	106
Tabla 40 <i>Prueba ANOVA de un factor para los valores de absorción de adoquines de concreto.....</i>	106
Tabla 41 <i>Prueba de Tukey para los valores de absorción de adoquines de concreto a los 28 días</i>	107
Tabla 42 <i>Husos Granulométricos</i>	129

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Proceso de obtención del agregado grueso convencional y reciclado</i>	63
Figura 2 <i>Resultado de la Muestra 1 evaluada para esclerometría</i>	78
Figura 3 <i>Resultado de la Muestra 2 evaluada para esclerometría</i>	79
Figura 4 <i>Resultado de la Muestra 3 evaluada para esclerometría</i>	80
Figura 5 <i>Curva granulométrica del 0% de sustitución de AGC por AGCR.....</i>	83
Figura 6 <i>Curva granulométrica del 15% de sustitución de AGC por AGCR.....</i>	84
Figura 7 <i>Curva granulométrica al 25% de sustitución de AGC por AGCR.....</i>	85
Figura 8 <i>Curva granulométrica al 35% de sustitución de AGC por AGCR.....</i>	86
Figura 9 <i>Curvas de Resistencia a la Compresión a diferentes reemplazos de AGC por AGCR</i>	93
Figura 10 <i>Acumulación de residuos de demolición en la prolongación de la Av. Grau (carretera a Monsefú)</i>	130
Figura 11 <i>Acumulación de residuos de demolición en la prolongación de la Av. Grau (carretera a Monsefú)</i>	130
Figura 12 <i>Acumulación de residuos de demolición en la carretera Panamericana Norte (frente al hostel Quinta Azul)</i>	131
Figura 13 <i>Presencia de residuos de construcción y demolición en la carretera Panamericana Norte.....</i>	131
Figura 14 <i>Estado de las veredas tras la demolición en el distrito de La Victoria - Chiclayo.....</i>	132
Figura 15 <i>Residuos de concreto generados por la demolición de veredas</i>	132
Figura 16 <i>Acopio de concreto demolido de veredas.....</i>	133
Figura 17 <i>Veredas demolidas en el distrito de La Victoria – Chiclayo.....</i>	133
Figura 18 <i>Evidencia de los bloques de concreto obtenidos de las veredas demolidas</i>	134
Figura 19 <i>Fragmentos de concreto producto de la demolición de veredas</i>	134
Figura 20 <i>Traslado de residuos de demolición de veredas</i>	135

Figura 21 <i>Trituración del concreto reciclado de veredas</i>	135
Figura 22 <i>Acopio de AGCR de 3/8" producto de la trituración de concreto reciclado</i>	136
Figura 23 <i>Clasificación granulométrica del material de concreto triturado</i>	137
Figura 24 <i>Proceso de tamizado de material triturado</i>	137
Figura 25 <i>Separación del material a ensayar con los diferentes porcentajes de sustitución</i>	138
Figura 26 <i>Ensayo de granulometría para el agregado grueso</i>	138
Figura 27 <i>Granulometría del agregado fino</i>	139
Figura 28 <i>Contenido de humedad del agregado grueso en condición natural</i> ...	139
Figura 29 <i>Verificación del contenido de humedad del agregado después del secado</i>	140
Figura 30 <i>Ensayo de Peso específico y absorción</i>	140
Figura 31 <i>Muestras de agregado grueso para el ensayo de peso específico y absorción</i>	141
Figura 32 <i>Peso unitario del agregado grueso en condición suelta y compactada</i>	141
Figura 33 <i>Peso unitario suelto y compactado del agregado fino</i>	142
Figura 34 <i>Dosificación y pesaje de los materiales empleados en la elaboración de mezcla de concreto</i>	143
Figura 35 <i>Colocación de materiales dosificados para la mezcla de concreto</i>	143
Figura 36 <i>Proceso de mezclado de los materiales dosificados para la elaboración de concreto</i>	144
Figura 37 <i>Moldeado de los adoquines de concreto</i>	144
Figura 38 <i>Tesistas durante la fase de pesaje de materiales de la mezcla de concreto</i>	145
Figura 39 <i>Tesista durante la fase de moldeo de adoquines</i>	145
Figura 40 <i>Adoquines de concreto en cámara de curado</i>	146
Figura 41 <i>Ensayo de variación dimensional</i>	147

Figura 42 <i>Ensayo de absorción – muestras en estado saturado</i>	147
Figura 43 <i>Ensayo de absorción – muestras en estado seco</i>	148
Figura 44 <i>Evaluación de la resistencia a la compresión de los adoquines</i>	148
Figura 45 <i>Ensayo de resistencia a la compresión</i>	149
Figura 46 <i>Prueba de abrasión en adoquines de concreto</i>	149
Figura 47 <i>Constancia de Ensayo de Resistencia al Desgaste o Abrasión-Patrón</i>	158
Figura 48 <i>Constancia de Ensayo de Resistencia al Desgaste o Abrasión-15% de AGCR por AGC</i>	159
Figura 49 <i>Constancia de Ensayo de Resistencia al Desgaste o Abrasión-25% de AGCR por AGC</i>	160
Figura 50 <i>Constancia de Ensayo de Resistencia al Desgaste o Abrasión-35% de AGCR por AGC</i>	161
Figura 51 <i>Constancia de ensayo de Variación Dimensional a los 28 días del Adoquín Patrón</i>	162
Figura 52 <i>Constancia de ensayo de Variación Dimensional a los 28 días del Adoquín a 15% de Reemplazo de AGC por AGCR</i>	163
Figura 53 <i>Constancia de ensayo de Variación Dimensional a los 28 días del Adoquín a 25% de Reemplazo de AGC por AGCR</i>	164
Figura 54 <i>Constancia de ensayo de Variación Dimensional a los 28 días del Adoquín a 35% de Reemplazo de AGC por AGCR</i>	165
Figura 55 <i>Certificado de resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I en su fase I (7 días)</i>	166
Figura 56 <i>Certificado de resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I en su fase II (14 días)</i>	167
Figura 57 <i>Certificado de resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I en su fase III (28 días)</i>	168
Figura 58 <i>Constancia de contenido de humedad del AGCR al 0% de reemplazo</i>	169
Figura 59 <i>Constancia de granulometría al 0% de reemplazo de AGC por AGCR</i>	170

Figura 60 Constancia de peso específico y absorción al 0% de reemplazo de AGC por AGCR	171
Figura 61 Constancia de peso unitario del agregado grueso reciclado al 0% de reemplazo de AGC por AGCR.....	172
Figura 62 Constancia de contenido de humedad del agregado grueso reciclado al 15% de reemplazo AGC por AGCR.....	173
Figura 63 Constancia de granulometría del agregado grueso reciclado al 15% de reemplazo de AGC por AGCR.....	174
Figura 64 Constancia de peso específico, absorción del agregado grueso reciclado al 15% de reemplazo de AGC por AGCR.....	175
Figura 65 Constancia del Peso Unitario Suelto Seco y Peso Unitario Compactado del 15% de reemplazo de AGC por AGCR.....	176
Figura 66 Constancia de contenido de humedad al 25% de reemplazo de AGC por AGCR.....	177
Figura 67 Constancia de granulometría al 25% de reemplazo de AGC por AGCR	178
Figura 68 Constancia de peso específico, absorción al 25% de reemplazo de AGC por AGCR	179
Figura 69 Constancia del Peso Unitario Suelto Seco y Peso Unitario Compactado del 25% de reemplazo de AGC por AGCR.....	180
Figura 70 Constancia de contenido de humedad al 35% de reemplazo de AGC por AGCR.....	181
Figura 71 Constancia de granulometría al 35% de reemplazo de AGC por AGCR	182
Figura 72 Constancia de peso específico, absorción al 35% de reemplazo de AGC por AGCR	183
Figura 73 Constancia del Peso Unitario Suelto Seco y Peso Unitario Compactado del 35% de reemplazo de AGC por AGCR.....	184
Figura 74 Constancia de Esclerometría	185

Figura 75	<i>Constancia de Granulometría para el Agregado Fino</i>	186
Figura 76	<i>Constancia del Contenido de Humedad del Agregado Fino.....</i>	187
Figura 77	<i>Constancia de la densidad absorción del agregado fino</i>	188
Figura 78	<i>Constancia del Peso Unitario Suelto y Compactado de la Arena</i>	189
Figura 79	<i>Constancia del Equivalente de Arena</i>	190
Figura 80	<i>Constancia de materiales más finos que pasan por el tamiz No.75 en la Arena.....</i>	191
Figura 81	<i>Constancia de determinación de sales solubles en la Arena</i>	192
Figura 82	<i>Constancia de contenido de sulfatos en la arena.....</i>	193
Figura 83	<i>Constancia de contenido de cloruros de la arena.....</i>	194

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo general, evaluar las propiedades físico y mecánicas del adoquín de concreto Tipo I (6 x10 x20 cm), utilizando un reemplazo del agregado grueso convencional (AGC) por Agregado Grueso de Concreto Reciclado (AGCR) al 15%, 25% y 35%, proveniente de la demolición de veredas del distrito de La Victoria, Chiclayo. Metodológicamente, la investigación fue de diseño experimental con enfoque cuantitativo siendo de nivel explicativo y tipo aplicada. Para ello, se elaboraron setenta y dos adoquines de concreto con diseño de 320 kg/cm², distribuidos en un grupo patrón y tres grupos experimentales con sustitución de AGCR al 15%, 25% y 35%. Los adoquines fueron evaluados mediante ensayos de laboratorio de suelos y concreto, siendo las pruebas de resistencia a la compresión a diferentes edades tempranas a 7 y 14 días y edad de diseño que es a 28 días, mientras los ensayos realizados a los adoquines como la abrasión, absorción y variación dimensional solo se realizaron a 28 días. Los datos se registraron en fichas de laboratorio y procesaron mediante Microsoft Excel. Los resultados demostraron que todas las dosificaciones cumplieron con la resistencia a la compresión de diseño y con las tolerancias dimensionales a los veintiocho días. Por otra parte, en lo que respecta al desgaste por abrasión bajo el método de cortador giratorio, todos los porcentajes de reemplazo cumplieron con las exigencias técnicas. Con respecto al ensayo de absorción de agua, según la NTP 399.611, los adoquines con diferentes porcentajes de sustitución no superaron el límite máximo permitido del 6% como promedio de tres unidades. Finalmente, se concluyó que es técnicamente viable utilizar estos adoquines con reemplazo de AGCR hasta un 35%, presentándose como una alternativa sostenible para el sector construcción.

Palabras clave: Adoquines de concreto, Agregado grueso de concreto reciclado, Concreto reciclado.

Abstract

The overall objective of this study was to evaluate the physical and mechanical properties of Type I concrete pavers (6 x 10 x 20 cm), by replacing conventional coarse aggregate (CA) with Recycled Concrete Coarse Aggregate (RCCA) at 15%, 25%, and 35%, sourced from the demolition of sidewalks in the La Victoria district of Chiclayo. Methodologically, the study employed an experimental design with a quantitative approach, classified as explanatory and applied in nature. To this end, seventy-two concrete pavers with a design strength of 320 kg/cm² were produced, distributed among a control group and three experimental groups with RCC substitutions of 15%, 25%, and 35%. The pavers were evaluated through laboratory tests on soil and concrete, with compressive strength tests conducted at early ages of 7 and 14 days and at the design age of 28 days, while tests on the pavers—such as abrasion, water absorption, and dimensional variation—were performed only at 28 days. The data were recorded on laboratory data sheets and processed using Microsoft Excel. The results showed that all mix designs met the design compressive strength and dimensional tolerances at twenty-eight days. Furthermore, with regard to abrasion wear using the rotary cutter method, all replacement percentages met the technical requirements. Regarding the water absorption test, in accordance with NTP 399.611, the pavers with different replacement percentages did not exceed the maximum allowable limit of 6% as an average of three units. Finally, it was concluded that it is technically feasible to use these pavers with up to 35% AGCR replacement, presenting a sustainable alternative for the construction sector.

Keywords: Concrete pavers, Recycled coarse concrete aggregate, Recycled concrete.

Introducción

En los últimos años, debido al crecimiento urbano y el constante mejoramiento de infraestructura vial, han generado un incremento significativo en los desechos provenientes de Residuos de Construcción y Demolición. Siendo su disposición final inadecuada provocan daños ambientales significativos; sin embargo, también representan una fuente potencial de aprovechamiento a través de su reutilización en nuevos procesos constructivos.

Esta problemática a nivel mundial ha motivado a que distintos países implementen medidas para el tratamiento de estos residuos y promuevan su reutilización, fomentando así su incorporación como recurso aprovechable en la construcción.

Las actividades de demolición de veredas y otras estructuras de concreto en el distrito de La Victoria, perteneciente a la provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque, generan volúmenes de material considerables que, en muchos casos, son destinados a botaderos sin recibir un tratamiento técnico adecuado. Ante esta situación, surge la necesidad de evaluar la reutilización de concreto demolido proveniente de veredas, en su forma de AGCR para su incorporación en la producción de adoquines de concreto para uso peatonal.

Realidad problemática

Los Residuos de Construcción y Demolición, en adelante RCD, representan una problemática ambiental de alcance mundial. Según Acevedo y Figueroa (2023) entre el 35% y el 40% de los desechos sólidos que se producen en todo el mundo son RCD, y la mayoría de ellos acaba en botaderos ilegales o en lugares de disposición final, sin recibir el tratamiento adecuado ni ser aprovechados de manera eficiente.

En Perú, el manejo de residuos de demolición, no se encuentra en condiciones óptimas para su manejo adecuado. Existen zonas afectadas por la acumulación de estos residuos que no reciben tratamiento, lo que pone de manifiesto la escasa aplicación de las normativas existentes. Eso provoca que afecte significativamente la contaminación del medio ambiente en forma notable, tanto en segmentos urbanos como en áreas periféricas (Castillo et al., 2022)

En la ciudad de Chiclayo se encuentran 34 botaderos, entre los cuales se encuentra uno de los más grandes del Perú con 307 hectáreas, siendo así la ciudad de Chiclayo una de las zonas más afectadas del país (Municipalidad Provincial de Chiclayo, 2024).

El manejo de los residuos de construcción de la ciudad de Chiclayo, se encuentra en estado crítico. Esto se manifiesta, en la forma inadecuada en la que son dispuestos estos residuos tiene repercusiones en la calidad ambiental y la salud pública (Bezzolo y D' Angelo, 2020).

De acuerdo con la información presentada por Huangal (2025), en el distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo, existen puntos de disposición de residuos de demolición, los cuales son considerados en los proyectos ejecutados por la Municipalidad de la Victoria. Los principales puntos se localizan en la Panamericana Norte, frente al hostel Quinta Azul, y en la Prolongación de la Avenida Grau, en la vía hacia Monsefú, conforme se aprecia en la ilustración 1, 2, 3 y 4 del Anexo 2.

Por lo tanto, es necesario desarrollar esta investigación, que busca fomentar el reciclaje del concreto, en este caso proveniente de demoliciones de veredas en la Victoria, mediante su aprovechamiento para generar AGCR y empleándolo como recurso en la elaboración de un concreto nuevo para adoquines tipo I.

Formulación del problema de investigación

¿El empleo del agregado grueso de concreto reciclado, proveniente de la demolición de veredas en el distrito de la Victoria-Chiclayo-Lambayeque, cumplirá con las propiedades físicas y mecánicas requeridas para la elaboración de los adoquines de concreto tipo I, permitiendo el aprovechamiento del concreto, mediante su reciclaje?

Hipótesis o solución del problema

El empleo del agregado grueso de concreto reciclado, proveniente de la demolición de veredas en el distrito de la Victoria-Chiclayo-Lambayeque, cumple con las propiedades físicas y mecánicas requeridas para la elaboración de los adoquines de concreto tipo I, permitiendo el aprovechamiento del concreto, mediante su reciclaje.

Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines tipo I, empleando para su elaboración, agregado grueso de concreto reciclado, provenientes de la demolición de veredas en el distrito de la Victoria – Chiclayo.

Objetivos específicos

Caracterizar el agregado grueso de concreto reciclado, procedente de la demolición de veredas del distrito de la Victoria-Chiclayo.

Efectuar el diseño de mezcla reemplazando el agregado grueso convencional por agregado grueso de concreto reciclado, en porcentajes de 0%, 15%, 25% y 35% en la elaboración de adoquines tipo I.

Determinar la variación dimensional y absorción en los adoquines de concreto tipo I, elaborado con agregado grueso de concreto reciclado.

Obtener la resistencia a la compresión en los adoquines de concreto tipo I, elaborado con agregado grueso de concreto reciclado.

Calcular el porcentaje de abrasión en los adoquines de concreto tipo I, elaborado con agregado grueso de concreto reciclado.

Justificación de la investigación

La presente investigación permitió aprovechar los residuos de concreto provenientes de la demolición de veredas en el distrito de la Victoria-Chiclayo, utilizándolos como AGCR en la elaboración de adoquines de concreto tipo I. Esto contribuyó al reciclaje de RCD.

En el aspecto científico, la investigación hizo posible determinar las propiedades físicas del AGCR, obtenido de las veredas demolidas y evaluar su influencia en el comportamiento mecánico de los adoquines de concreto, especialmente en su resistencia a la compresión.

Las veredas demolidas constituyen una fuente potencial de AGCR, ya sea por deterioro estructural, renovación urbana o reemplazo de infraestructura existente. El aprovechamiento de estos residuos permite reutilizar materiales que normalmente serían dispuestos como desechos.

La investigación se basó en la elaboración de adoquines de concreto tipo I reemplazando parcialmente el AGC por AGCR en diferentes porcentajes (15%;25% y 35%). Posteriormente se evaluaron sus propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos de laboratorio.

En el ámbito metodológico, el estudio permitió aplicar procedimientos experimentales para la caracterización del AGCR y para la elaboración de adoquines mediante diseños de mezclas del concreto usando el ACI 211.1. Los resultados permitieron comparar el comportamiento de los adoquines fabricados con AGCR frente a los elaborados con AGC.

En el ámbito ambiental, esta propuesta reduce la extracción de agregados naturales utilizados en la elaboración de concreto convencional, disminuyendo el volumen de RCD que se depositan en botaderos. De esta manera contribuye con la conservación de recursos naturales y a la reducción del impacto ambiental.

En el contexto socioeconómico, el aprovechamiento de residuos de concreto provenientes de veredas demolidas puede fomentar el desarrollo de actividades relacionadas con el reciclaje de materiales de construcción, generando oportunidades económicas y promoviendo prácticas sostenibles en el sector construcción.

Finalmente, los resultados de esta investigación sirven como referencia técnica para el uso de AGCR en la elaboración de adoquines de concreto destinados a pavimentos de uso peatonal, contribuyendo a la gestión eficiente de RCD en el distrito de la Victoria-Chiclayo.

La organización de la presente investigación comprende cuatro capítulos y un apartado de anexos.

En el capítulo I, Diseño Teórico, se desarrollan los antecedentes internacionales, nacionales y regionales de la investigación, así como también las bases teóricas y la operacionalización de variables, estableciendo el sustento conceptual relacionado al uso de AGCR en adoquines tipo I.

En el capítulo II, Diseño Metodológico, comprende la metodología aplicada en la investigación, incluyendo el tipo investigación, el diseño de contrastación de hipótesis, la población, la muestra y el muestreo. También incluye las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, los equipos y materiales utilizados y los aspectos éticos considerados en el desarrollo del estudio.

En el capítulo III, Resultados, se presentan los hallazgos obtenidos en la investigación, considerando la cuantificación de volumen obtenido de AGCR, la caracterización de los agregados, el diseño de mezcla y dosificación de concreto para los diferentes porcentajes de sustitución de 0%, 15%, 25% y 35%.

Además, se exponen los resultados de la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto tipo I, tales como la variación dimensional, absorción, resistencia a la compresión y abrasión. Estas propiedades fueron analizadas en los periodos establecidos por la normativa vigente: 7,14 y 28 días.

En el capítulo IV, Discusión, se interpretan los resultados obtenidos durante el estudio, contrastándolos con los antecedentes considerados y verificando de esta forma el cumplimiento de los objetivos planteados y dando respuesta al problema de investigación.

I. Diseño Teórico

1.1 Antecedentes

1.1.1. Antecedentes Internacionales

En Colombia, Calvache (2024), de la Universidad Nacional de Colombia, en su trabajo de tesis de maestría titulado “Fabricación de adoquines a partir de la utilización de ‘desechos’ de losas de Transmilenio”, evaluó el uso de AGCR proveniente de las demoliciones de losas de Transmilenio, como sustituto parcial de los agregados en la elaboración de adoquines de concreto. Para la investigación, se emplearon porcentajes de sustitución en las proporciones del 0%, 30%, 50% y 100% en piezas con dimensiones de 10x10x20 cm y usaron como tamaño máximo del agregado de 3/4 de pulgada. La evaluación contempló, ensayos físicos, tales como los análisis granulométricos, ensayos de caracterización de los materiales y la absorción de agua de los especímenes de concreto, así como ensayos mecánicos enfocados a la resistencia a la compresión y ensayo de longitud de la huella máxima que equivale a normativa respecto al ensayo de abrasión de adoquines. Los resultados experimentales a 28 días de curado revelaron un comportamiento inversamente proporcional entre la resistencia a la compresión y la absorción de agua a medida que se incrementó el porcentaje de agregado reciclado (A-RCD-LT). En primer lugar, los resultados promedio de 5 especímenes de adoquines cortados a la mitad para realizar el ensayo respectivo de diferentes reemplazos, demostraron que la mezcla con un 30% de A-RCD-LT lograba un buen comportamiento de la resistencia a la compresión con 52.03 MPa, siguiendo las exigencias que impone la NTC colombiana para pavimentos articulados. Por su parte, las mezclas con el 50% y hasta el 100% de A-RCD-LT también alcanzaban buenos resultados siendo de valores de 48.37 MPa y 44.93 MPa respectivamente. Cabe destacar que todas las mezclas con agregado reciclado superaron al desempeño del adoquín patrón, el cual obtuvo 39.17 MPa. En

segundo lugar, el ensayo de absorción de agua a los 28 días, se observó que el porcentaje de absorción promedio de 4 adoquines por reemplazo de A-RCD-LT, incrementó de manera proporcional al nivel de sustitución. La mezcla patrón registró una absorción del 6.38%. Al incorporar agregado reciclado, este valor aumenta a 7.06% para el diseño con 30% de sustitución, a 7.45% para el 50%, y alcanzó un máximo de 7.99% a un 100%. Este incremento en la absorción se correlaciona con la mayor porosidad interna que suele aportar el agregado reciclado, siguiendo las normativas colombianas no cumple el porcentaje de absorción requerido el de 50% y 100% de reemplazo de A-RCD-LT. Finalmente, respecto al ensayo de la longitud de huella máximo (NTC 5147, 2002), todos los diferentes tipos de reemplazo A-RCD-LT, cumplieron con los parámetros de la norma NTC 5147, debido a que ningún espécimen de concreto alcanzó el límite máximo permisible de 23 mm.

En Bolivia, Mamani y Mamani (2022), de la Universidad Nacional de San Andrés, en su trabajo de tesis titulado “Estudio comparativo de un hormigón tradicional y otro con agregado grueso reciclado (RCD) para aplicación no estructural, en la fabricación de losetas para vías peatonales”, se determinaron las propiedades mecánicas de un concreto tradicional y el de las mezclas con sustitución de RCD de 50%, 75% y 100% de los residuos de la construcción de edificación, evaluando su viabilidad para el uso de losetas de uso peatonal de medidas de 10 x 10 x 20 cm con un tamaño máximo del agregado elegido de $\frac{3}{4}$ ”, para así contribuir a la mitigación al impacto ambiental que estos residuos de construcción generan. Para tal evaluación se evaluaron 240 losetas peatonales, las cuales se sometieron a ensayos de compresión, absorción y desgaste este último es un ensayo correlacionado a la abrasión de adoquines, como también se realizaron ensayos de caracterización de los agregados. Los resultados de las losetas practicadas cortándose a la mitad indicaron que a 28 días de curado la resistencia a la compresión disminuye a medida

que se incrementa el porcentaje de RCD con resultados de 0% de reemplazo que llegaron a 39.52 MPa, 50% de reemplazo de Agregado Grueso Reciclado (AGR) a 37.35 MPa, 75% de reemplazo de RCD llegaron a 36.70 MPa y a 100% de reemplazo de RCD llegaron a 36.05 MPa, siendo que todos estos llegaron a cumplir y sobrepasar el resultado requerido de resistencia permitido en la normativa vigente. Asimismo, se observó que a mayor cantidad de RCD, aumenta el porcentaje de absorción, llegando a tener como máximo valor un 9.56% con reemplazo de de 100%, luego le sigue con un 6.87% de reemplazo de AGR al 75%, siguiéndole de porcentaje de absorción de 6.18% con un porcentaje de reemplazo de AGR al 50% y siendo de 5.73% del adoquín patrón, observándose un comportamiento de que no cumpliría con la normativa vigente peruana si se reemplaza con AGR. Con respecto a los ensayos de desgaste se obtuvieron de 100% de reemplazo de AGR, 27 mm; del 75% de reemplazo de AGR, 27 mm; del 50% del reemplazo de AGR, 26.5 mm y de la loseta patrón 25 mm. Siendo que los valores de todos los reemplazo no cumplen con las normativas vigentes.

En Colombia, Becerra et al. (2022) , en su artículo de investigación titulada “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas en adoquines de concreto elaborados con residuos de construcción y demolición”, analizó la sustitución de AGC por Árido Grueso Reciclado en la elaboración de adoquines de concreto. El adoquín que utilizaron fue uno con medidas de 6x10x20 cm con una resistencia de diseño a la resistencia a la compresión de 3500 psi y su agregado grueso elegido fue de un tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ ". Los porcentajes de sustitución evaluados fueron de 0%, 15%, 30% y 45% siendo los resultados de absorción de 7%, 13.258%, 13.4% y 14.712% respectivamente. Estos valores, resultaron que el porcentaje de absorción de los adoquines sean valores elevados, pasándose los rangos de porcentaje de absorción que dictamina la norma colombiana. Y con respecto a su diseño de mezcla la sustitución de árido grueso reciclado hace que

implique un menor peso y un mayor volumen de agregados en mezcla.

En Brasil, da Silva et al. (2020), en su artículo de investigación titulado “Incorporation of recycled aggregates from construction and demolition waste in paver blocks”, analizaron la posibilidad de utilizar agregados reciclados provenientes de residuos de construcción y demolición (RCD) para fabricar bloques de concreto con medidas de 10 x 20 x 6 cm (ancho x largo x espesor). Para ello, prepararon diferentes mezclas en las que sustituyeron totalmente los agregados tradicionales por agregados reciclados a un 100% de reemplazo y a su vez se realizaron ensayos para ver las características de los agregados gruesos. Los resultados mostraron que al ejecutar bloques con arena natural y agregado grueso reciclado seco mostraron mayor tasa de absorción de 7%; sin embargo, al lavar el agregado grueso reciclado y usar arena natural, la tasa de absorción se redujo a un 6%, siendo valores altos que no cumplen con la normativa vigente de su país ya que acepta hasta un máximo de 5%. Con respecto a la resistencia a la compresión de los bloques de concreto, los agregados naturales secos y agregado grueso de reciclado a 28 días como máximo valor de resultado de 13.12 MPa a 14 días fue de 11.6 MPa y a 7 días con un 10.97 MPa, siendo que estos valores están por debajo del diseño de bloque.

1.1.2. Antecedentes Nacionales

En la ciudad de Cajamarca, Bances y Ruiz (2023), de la Universidad Privada Del Norte, en su tesis titulada “Resistencia a compresión en adoquines de uso peatonal con reemplazo de agregados por concreto reciclado de pavimento rígido al 5%, 10% y 15% - Cajamarca 2023”, la metodología de la investigación fue de tipo aplicada, de nivel experimental, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, pues se manipularon variables en condiciones controladas, tuvo como objetivo analizar, la variación de la resistencia a la compresión de adoquines peatonales al sustituir los agregados convencionales por RCD provenientes de pavimento rígido demolido, en proporciones del

0, 5, 10 y 15%, usando un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4". También realizaron los ensayos de tolerancia dimensional, porcentaje de absorción de los adoquines y la caracterización de los agregados. Para ello se utilizaron 72 muestras de adoquines, y de estas se observó que todos los reemplazos cumplen con la resistencia requerida promedio a 320 kg/cm^2 , pues la muestra patrón llegó a tener un resultado de 409.73 kg/cm^2 , y en un reemplazo de RCD al 5% tuvo 404.45 kg/cm^2 ; luego a 401.85 kg/cm^2 en reemplazo de RCD del 10% y llega a obtener 397.14 Kg/cm^2 en un reemplazo de de RCD en 15% observando que la resistencia decrece al aumentar el porcentaje de reciclado. Con respecto al ensayo de variación dimensional la muestra patrón tuvo una variación dimensional del (0.14 mm) 0.07% en el largo, del (0.16 mm) 0.16% en el ancho y de (0.86 mm) 1.44% en la altura; en con un reemplazo de RCD al 5% obtuvo, una variación dimensional del (0.11 mm) 0.06% en el largo, del (0.13 mm) 0.13% en el ancho y de (0.74 mm) 1.24% en la altura; y con reemplazo de RCD al 10% una variación dimensional del (0.31 mm) 0.16% en el largo, del (0.11 mm) 0.11% en el ancho y de (0.16 mm) 0.26% en la altura y y con reemplazo de RCD al 15% una variación dimensional del (0.28 mm) 0.14% en el largo, del (0.40 mm) 0.40% en el ancho y de (0.42 mm) 0.70% en la altura; siendo todos estos valores permitidos por la normativa peruana NTP 399. 611.

En la ciudad de Lima, Fernández (2021), de la Universidad San Martín de Porres, en su tesis titulada "Aplicación de concreto reciclado en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para el uso de tránsito peatonal", planteó como objetivo realizar un diseño de pavimento articulado de donde refiere que es viable técnica y económicamente la sustitución parcial de concreto reciclado en la fabricación de adoquines para tránsito peatonal. Para esta investigación se analizó porcentajes de sustitución de concreto reciclado de 5%, 10%, 15% y 20% y se elaboraron adoquines con dimensiones de 8 x 10 x 20 cm, usando como agregado grueso piedra de 3/8 de pulgada. Se evaluó su resistencia a

la compresión a 7 y 28 días, obteniéndose a 28 días valores de 290.6 kg/cm^2 a con un 20% de reemplazo de ; 292.955 kg/cm^2 con un 15% de reemplazo de concreto reciclado; y con un 10% de reemplazo resultó un valor de 294.815 kg/cm^2 y con un 5% de reemplazo de concreto reciclado 296.135 kg/cm^2 , el cual estos se mantiene dentro de los parámetros mínimos del diseño con cual se diseñó fue 290 kg/cm^2 .

En la ciudad de Lima, Maguiña (2021), de la Universidad César Vallejo, presentó en su proyecto de tesis para optar el título de ingeniero civil titulado: “Escombros de construcción y su influencia en el comportamiento físico – mecánicas en adoquines de tránsito ligero, Lima – 2021”, indica que el estudio del impacto del uso de RCD proveniente de los residuos de construcción en la elaboración de adoquines. Las mezclas que se formularon fueron con porcentajes de reemplazo del AGC por reciclado, siendo estas el 0%, 35%, 45% y 55%, con lo que se produjeron un total de 72 adoquines de concreto para tránsito ligero de medidas de $6 \times 10 \times 20 \text{ cm}$ con un diseño de mezcla de 420 kg/cm^2 y usando como tamaño máximo nominal para el diseño agregado grueso de $3/8$ ". Se realizaron ensayos para esta investigación como caracterización de los agregados, ensayos de absorción y de resistencia a la compresión de los adoquines. En los resultados obtenidos de 48 unidades para analizar la resistencia a la compresión a 7, 14, 21 y 28 días, teniendo en esta investigación que al incremento de AGCR incrementa la resistencia a la compresión. Siendo que a los diferentes días de curado tuvo como promedio patrón los valores de 362 kg/cm^2 , 412 kg/cm^2 , 432 kg/cm^2 y 465 kg/cm^2 . Así como también el adoquín con reemplazo de AGCR al 35% valores promedio de 3 adoquines por los diferentes días fueron 405 kg/cm^2 , 414 kg/cm^2 , 434 kg/cm^2 y 474 kg/cm^2 respectivamente. Además el adoquín con reemplazo de AGCR al 45% valores promedio de 3 adoquines por los diferentes días fueron 407 kg/cm^2 , 427 kg/cm^2 , 439 kg/cm^2 y 482 kg/cm^2 correspondientemente. Finalmente el óptimo de resistencia a la compresión de adoquines

fue el que tiene reemplazo de AGCR al 55% valores promedio de 3 adoquines por los diferentes días fueron 410 kg/cm², 431 kg/cm², 444 kg/cm² y 488 kg/cm² respectivamente. Muy de acuerdo a lo establecido en la norma técnica peruana NTP 399.611, pues sobrepasaron los valores de diseño establecido. Los ensayos a la absorción de adoquines a los 28 días se usaron 12 adoquines, siendo su valor mínimo al reemplazo de 0% de AGCR con un valor de 4.60%, siguiéndole en un reemplazo de 35% de AGR con un 5.51%, con un reemplazo de 45% de AGR con un 5.65% y finalizando con un reemplazo de 55% de AGCR con un 6.17%. Analizando estos valores según la normativa vigente peruana no cumpliría si se reemplaza a un 55% AGCR. Concluyéndose que influye positivamente la inclusión de AGCR.

En la ciudad de Lima, Inocente (2020), de la Universidad César Vallejo, presentó su proyecto de tesis para optar el título de ingeniero civil titulado: “Propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto con la adición de material reciclado de construcción, Los Olivos – 2020”, donde se analizó el impacto que ocasiona el uso del material reciclado de residuos de construcción y demolición en la elaboración de adoquines. Mediante los ensayos de caracterización de los agregados, resistencia a la compresión y absorción de los agregados. Se estableció el uso de un TMN del agregado grueso siendo de 3/8” y con un diseño de 320 kg/cm² establecido, teniendo en cuenta mezclas con porcentajes de sustitución del agregado convencional por reciclado del 20%, 40% y 60% en la mezcla. Y el adoquín con medidas de 4 y 6 x 10 x 20 cm, la cual la resistencia a la compresión se evaluaron a 7, 14 y 28 días; teniéndose que en reemplazo del 20% de RCD en promedio de 3 adoquines fue de 268.71 kg/cm², 306.32 kg/cm² y 368.24 kg/cm² respectivamente, también en reemplazo del 40% de RCD en promedio de 3 adoquines fue de 245.16 kg/cm², 282.76 kg/cm² y 344.69 kg/cm² respectivamente; finalmente en reemplazo del 60% de RCD en promedio de 3 adoquines fue de 154.54 kg/cm², 192.14 kg/cm² y 254.07

kg/cm² respectivamente constatándose que las mezclas con un 20% y 40% de material reciclado cumplen con las normas peruanas, a diferencia de aquella que presenta un 60% de reciclado, la que no cumple con las normas establecidas. Concluyéndose de los valores obtenidos de la investigación, que el aprovechamiento de residuos constituye una alternativa técnica posible y ambientalmente adecuada para los elementos de concreto para el tránsito peatonal.

1.1.3. Antecedentes Regionales

En el distrito de Pimentel, Carrasco y Delgado (2024), de la Universidad Señor de Sipán, en su tesis “Influencia del concreto reciclado en el desempeño fisicomecánico de adoquines de concreto para uso peatonal”, se elaboraron y evaluaron 120 muestras de adoquines diseñado a 320 kg/cm² usando como agregado grueso el confitillo, empleando el AGC por material de concreto reciclado grueso y fino, en porcentajes considerados por los autores de 0%, 20%, 30%, 40% y 50%, y de cada porcentaje se realizaron 24 muestras respectivamente. Se ejecutaron ensayos, como, tolerancia dimensional en estado endurecido, caracterización de los agregados, resistencia a la compresión y resistencia a la abrasión en los adoquines. Se determinó que la sustitución parcial de agregados, cumple con el rango permitido, siendo el porcentaje con mejor comportamiento de reemplazo del AGC por material de concreto reciclado es del 20% con respecto al ensayo de la resistencia a la compresión. Teniendo los resultados a 7 días de los diferentes reemplazos de 0%, 20%, 30%, 40% y 50% de RCD, fueron 27.42 MPa, 28.35 MPa, 27.53 MPa, 26.29 MPa y 25.88 MPa respectivamente, con respecto a 14 días salieron 32.28 MPa, 36.45 MPa, 34.43 MPa, 32.95 MPa, 31.83 MPa en el orden mencionado de los diferentes porcentajes, finalmente a 28 días se tuvieron los resultados de 34.50 MPa, 38.29 MPa, 36.61 MPa, 35.44 MPa y 33.99 MPa; efectuándose el análisis se obtiene que a 28 días todos cumplen según la normativa vigente peruana. Teniendo en cuenta los ensayos de absorción se

analizaron a 28 días los resultados de los diferentes reemplazos de 0%, 20%, 30%, 40% y 50% de RCD fueron 4.5%, 4.56%, 5.12%, 5.51% y 5.71% cumpliendo que todos son menores al 6% según la normativa. De acuerdo a los ensayos de abrasión los resultados de los diferentes reemplazos de 0%, 20%, 30%, 40% 50% de RCD, tuvieron valores de 0.16%, 0.100%, 0.09%, 0.07% y 0.14% respectivamente, siendo menor al volumen del adoquín que establece el investigador.

En el distrito de Pimentel, Agurto (2023), de la Universidad Señor de Sipán, en su tesis “Evaluación de las Propiedades Físico-Mecánicas de los Adoquines Empleando Agregado Reciclado y Agregado Natural, Lambayeque-2020”. Se fabricaron y analizaron 84 muestras de adoquines reemplazando el AGC por Agregado Reciclado (AR) a porcentajes de 0%, 35%, 50% y 65% usando como diseño de mezcla ACI 211.1 a 320 kg/cm² y de T.M.N del agregado grueso es de 3/8” y emplearon usar adoquines de medidas de 4x10 x20 cm. Se realizaron especímenes de concreto ensayos de resistencia a la compresión y abrasión de adoquines, como la caracterización de los agregados. Se obtuvieron resultados que a mayor proporción de AR utilizado disminuye su resistencia, , en los ensayos mecánicos como la resistencia a la compresión los adoquines patrones a 7,14 y 28 días dieron valores de 249.53 kg/cm², 310.17 kg/cm² y 369.93 kg/cm² respectivamente, a su vez con reemplazo de 35% de AR a cumplir las tres etapas de curado dando valores de 203.13 kg/cm², 276.97 kg/cm² y 345.79 kg/cm² respectivamente; también con reemplazo de 50% de AR a cumplir los días de curado dando valores de 187.1 kg/cm², 250.2kg/cm² y 329.37 kg/cm² respectivamente; finalmente con reemplazo de 65% de AGR a los días de curados respectivos dando los datos de 168.13 kg/cm², 230.9 kg/cm² y 287.51 kg/cm² respectivamente. Según la normativa no cumpliría a un 65% de reemplazo de AR. En cambio para el ensayo de abrasión también tuvo un buen resultado, ya que se obtuvo poco desgaste. Sin embargo, las muestra de adoquines de 65% de AR no lograron los

parametros mínimos que indica la normativa. Los resultados experimentales demostraron que el adoquín patrón obtuvo un desgaste promedio de 0.15%. Con la adición de 35% de material reciclado, el desgaste promedio fue de 0.17%, aumentando a 0.21% para la dosificación del 50%, y alcanzando un máximo de 0.29% en los adoquines con 65% de material reciclado. El estudio concluye que el incremento de AR reduce la resistencia al desgaste superficial manteniendo valores estables y aceptables.

En el distrito de José Leonardo Ortiz, Chapia (2022), de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, en su tesis titulada “Evaluación del concreto para adoquines de uso peatonal empleando agregados obtenidos de residuos de construcción y demolición en el distrito de José Leonardo Ortiz, departamento de Lambayeque”, se realizaron 180 muestras de adoquines tipo I con medidas 4 x 10 x 20 cm estableciendo dos tipos de grupos y reemplazando los AGC por RCD en 0%, 15%, 30%, 45% y 60% , el primer grupo reemplazó agregado fino como residuos de concreto y agregado grueso como residuos de concreto y ladrillo, y en el segundo grupo solo se sustituyó agregado grueso como residuos de concreto y ladrillo, teniendo en cuenta que de esta investigación se realizaron ensayos según la normativa para su adecuada evaluación. Como parte de la fase experimental de la investigación, se realizaron ensayos de resistencia a la abrasión, resistencia a la compresión, tolerancia dimensional del concreto, ensayos a la absorción del adoquín de concreto. Del segundo grupo se obtuvo que se realizaron 60 ensayos a adoquines de concreto para el ensayo de la resistencia a la compresión y tolerancia dimensional a 3, 7, 14 y 28 días; y de los demás ensayos se realizaron a 28 días usando en total unos 30 adoquines de concreto tipo I. Para el ensayo de tolerancia dimensional se tuvo que en todos los reemplazos de AGR, cumple con lo establecido en la normativa vigente. Con respecto a la Resistencia a la Compresión (RC) a en 0%, 15%, 30%, 45% y 60% corresponde a 366.75 kg/cm², 340.16 kg/cm², 331.38 kg/cm², 321.92 kg/cm² y 295 kg/cm² siendo que al

reemplazar al 60% ya no cumpliría con el requisito mínimo de 320 kg/cm², siendo el 15% es el porcentaje más óptimo de sustitución de AGCR en la elaboración de adoquines tipo I, siendo una opción viable tanto en términos de resistencia como de costo. En el caso de ensayar a la absorción dio como promedio a 3.60%, 4.19%, 5.16%, 6.19% y 6.24% a 0%. 15%, 30% 45% y 60% de reemplazo de AGR respectivamente, estando que no cumpliendo a 45% y 60% ya que sobrepasa el 6% establecido. Los datos obtenidos en los ensayos de la resistencia a la abrasión de los adoquines se tuvo que se tuvo un desgaste promedio de la muestra patrón a un 0.39%, 0.42% de la muestra de AGR a un 15%, 0.47% de la muestra de AGR a un 30%, 0.50% de la muestra de AGR a un 45% y 0.52% de la muestra de AGR a un 60%, siendo que a mayor porcentaje de reemplazo de AGR se incrementa el desgaste superficial del adoquín de concreto , no superando el 1% de desgaste.

Tabla 1

Resumen de la Procedencia, Método de trituración de RCD y Dimensiones de Adoquines, utilizados en los antecedentes

Investigadores	Usos del RCD	País de la investigación	Procedencia el RCD	Método de trituración	Dimensiones del adoquín
Calvache (2024)	Adoquines y Probetas	Colombia	Losas de Transmilenio	Trituración mecánica mediante martillo neumático (1"), luego le sigue su trituración manual a 3/4"	10 x 10 x 20 cm
Mamani y Mamani (2022)	Adoquines y Probetas	Bolivia	Demolición de edificaciones	Planta de Transformación de Escombros	10 x 10 x 20 cm
Becerra et.al (2022)	Adoquines	Colombia	Probetas rotas de un laboratorio de Tunja, Colombia	Trituración mecánica en una planta cercana a Tunja	6 x 10 x 20 cm
Da Silva (2022)	Adoquines	Brasil	No indica	No indica	6 x 10 x 20 cm
Bances y Ruiz (2023)	Adoquines	Perú	Concreto reciclado de la demolición de pavimento rígido $f'c=210\text{Kg/cm}^2$	Máquina chancadora de piedra, denominada "El Gavilán", luego se tamizó en un laboratorio de la UPN-Cajamarca para ser tamizado.	6 x 10 x 20 cm
Fernandez (2021)	Adoquines	Perú	Montículos de desmonte de agregados	En la chancadora que se encuentra ubicado en la misma cantera "Desaguadero".	8x 10 x 20 cm
Maguiña (2021)	Adoquines	Perú	Escombros provenientes de Lima Metropolitana	Máquina trituradora y luego tamizado	6 x 10 x 20 cm
Inocente (2020)	Adoquines	Perú	Procedente de probetas de concreto de columnas, vigas, placas y cimientos. Especímenes de adoquines patrón del laboratorio "LEMS W&C"	Las probetas fueron trituradas y el agregado seleccionado por Flesan del Peru S.A.C.	4 o 6 x 10 x 20 cm
Carrasco (2024)	Adoquines	Perú	RCD proveniente de columnas, vigas, cimentaciones entre otros.	Trituración manual	6x 10x20 cm
Agurto (2023)	Adoquines	Perú	RCD de concreto y ladrillo	Aparentemente con rotomartillo y luego en una máquina trituradora	4 x10 x 20 cm
Chapia (2022)	Adoquines	Perú		No indica	4 x 10 x 20 cm

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 1 permite contextualizar la presente investigación dentro del panorama de estudios que han empleado residuos de construcción y demolición (RCD) para la elaboración de adoquines de concreto, evidenciando que el uso del AGR en este tipo de elementos es una línea de investigación consolidada tanto a nivel internacional como nacional. Se puede observar que la totalidad de los antecedentes revisados orientaron el uso del RCD hacia la fabricación de adoquines y/o probetas, coincidiendo con el objetivo de la presente tesis; sin embargo, una diferencia sustancial radica en el origen del RCD, ya que antecedentes como Calvache (2024) empleó losas del sistema Transmilenio en Colombia, Mamani y Mamani (2022) utilizó demolición de edificaciones en Bolivia, Becerra et al. (2022) aprovechó probetas rotas de laboratorio en Colombia, mientras que investigaciones nacionales como Maguiña (2021) recurrió a escombros de Lima Metropolitana, Fernández (2021) a montículos de desmonte de agregados, Inocente (2020) a partículas chancadas de probetas de columnas, vigas, placas y cimientos, Bances y Ruiz (2023) a concreto reciclado de pavimento rígido con $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$, Agurto (2023) a demoliciones de edificaciones y Chapia (2022) a residuos de construcción y demolición asociados a concreto y ladrillo; en contraste, la presente investigación se distingue al emplear exclusivamente AGCR proveniente de la demolición de veredas del distrito de La Victoria – Chiclayo, lo que representa un origen más específico, homogéneo y de fácil acceso dentro del contexto urbano local, garantizando una trazabilidad clara del material reciclado. Respecto a las dimensiones del adoquín, los antecedentes emplearon formatos de 10x10x20 cm, 6x10x20 cm, 8x10x20 cm y 4x10x20 cm, dimensiones que corresponden al adoquín tipo I según sus respectivas normativas, siendo coherentes con el formato adoptado en la presente tesis; asimismo, en cuanto al método de triturado, se aprecia que la mayoría de investigaciones recurrió a procesos mecánicos mediante chancadoras o plantas de transformación de escombros.

1.2 Bases teóricas

Concreto

Para Francisco y Manzanarez (2025) “el concreto es un material compuesto constituido de pasta de cemento y agregados, el cual, según los materiales y proporciones empleados, presentan diferentes propiedades tanto en estado fresco como endurecido” (p. 78). A su vez, “es una mezcla de cemento portland, arena, agregado grueso y agua” National Ready Mixed Concrete Association (2020). Por otra parte, Pasquel (2020) lo describe como “un producto híbrido que tiene 5 insumos básicos: cemento, agua, arena, piedra y aditivos, que por su naturaleza es heterogéneo y variable, dependiendo esta variabilidad de la dispersión que aporta cada uno de sus componentes”(p. 2).

Adoquines de Concreto Tipo I

Desde la perspectiva de Aparicio (2022) es un bloque de concreto con forma de prisma rectangular cuya configuración facilita la instalación de manera continua y ordenada, siendo su uso para plazas, calles, etc. Según Huamani (2023), corresponde a un bloque rectangular con medidas de 20 cm x 10 cm x 4 cm, teniendo resistencia a la compresión de 320 kg/cm² siendo su uso para avenidas, patios, terrazas, aceras, instalaciones deportivos. A la vez que Vázquez (2020) resalta que los adoquines se pueden colocar en patrón de espina de pescado, en hileras trabadas, tejido de canasto, etc.

Componentes del concreto con sustitución de agregado grueso reciclado

Cemento

El cemento aporta durabilidad y resistencia a las estructuras y se compone esencialmente por cal, óxido de hierro, sílice y alúmina, este actúa como adhesivo y aglomerante aportando durabilidad y resistencia a las estructuras Arancibia et al. (2025). Asimismo, según Lavagna y Nisticò (2022), mencionan que el cemento es un material inorgánico, siendo capaz de fraguar y endurecerse debido a reacciones químicas de hidratación exotérmica, además los materiales que están compuestos de cementos se han usado hace muchos siglos, siendo el segundo recurso más consumido. El cemento Portland Tipo I según la investigación De La Cruz Vega et al. (2025), están reguladas bajo las normas NTP 334.002:2018, NTP 334.006:2019, NTP 334.004, NTP 334.051 y NTP 334.048, estas indican que la finura del cemento debe tener un mínimo de $260 \text{ m}^2/\text{kg}$ (NTP 334.002 / ASTM C204) para garantizar una correcta reacción química. En segundo lugar, el tiempo de fraguado debe respetar un mínimo de 45 minutos y un máximo de 375 minutos (NTP 334.006 / ASTM C191) para dar un tiempo adecuado de trabajo durante el vaciado. Como tercer requisito, la expansión en agua medida no debe superar el 0.80% (NTP 334.004 / ASTM C151) para evitar futuras fisuras en la estructura. En cuarto lugar, la fuerza compresiva o resistencia mecánica debe alcanzar un mínimo de 19 MPa a los 7 días de curado (NTP 334.51 / ASTM 109), quedando el valor a los 28 días como no especificado por tratarse de un cemento de uso general. Finalmente, el contenido de aire atrapado tiene un límite máximo de 12% (NTP 334.048 / ASTM C185) con el objetivo de proteger la densidad y la resistencia final del concreto.

Agregado fino y grueso convencional

El agregado fino y grueso convencional , según Chiliquinga et al. (2023) son un conjunto de partículas, que se elaboran en base a la necesidad de la construcción. El agregado fino según la normativa peruana NTP 400.012 indica “que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3 /8 pulg), y casi en su totalidad pasa el tamiz de 4,75 mm (No. 4), y es retenido en el tamiz 75 μ m (No. 200)”(Instituto Nacional de Calidad, 2021a, p. 6). Asimismo, en la misma normativa indica que su módulo de fineza normativa debe estar entre los valores 2.3 y 3.1. Las características del agregado grueso para garantizar un buen diseño de mezcla este debe tener una buena gradación ya que esta influye en la trabajabilidad, la cohesión y la resistencia de la mezcla Instituto Nacional de Calidad, (2021).

Agregado grueso de concreto reciclado

Según Cavalline et al. (2022) “son el producto resultante del tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD) y constituyen una alternativa al empleo de los agregados naturales” (p.1). También indica que "el agregado de concreto reciclado se produce retirando, triturando y procesando el concreto endurecido" (p. 1). A su vez, cabe considerar que es un “material granular que es derivado, separado y removido de una fuente de residuos sólidos y que es procesado para ser utilizado en la forma de materia primaria o producto” (Rodríguez Alayo, 2024, p. 1). La normativa peruana menciona en la NTP 400.037 AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos, que el agregado reciclado proviene de escombros obtenidos en demoliciones de construcciones Instituto Nacional de Calidad (2021).

Agua

El agua es importante para el proceso de hidratación y trabajabilidad, además es un recurso muy explotado en la construcción Arunvivek et al. (2025). Siendo el agua primordial en la

producción de materiales a base de cemento Katman et al. (2023). Así como también, en la construcción se usa el agua para diferentes actividades, unas de ellas son para “mezclado y curado no debe contener elementos ni sustancias que manchen la estructura” (Matallana Rodríguez, 2023, p. 177).

Propiedades Físicas del Adoquín tipo I

Variación dimensional

La tolerancia dimensional mencionada en la Normativa Peruana NTP 399.611 se menciona que la longitud y ancho del adoquín puede variar dimensionalmente entre $\pm 1,6$ mm y el espesor puede cambiar dimensionalmente su valor entre $\pm 3,2$ mm. (Instituto Nacional de Calidad (2021)

Revisar el tamaño exacto de los adoquines es clave en la construcción. Autores como Chavez (2020) y Chamaya et al. (2023) coinciden en que si los bloques no miden lo mismo el espacio o separación que queda entre ellos al colocarlos no serán las mismas, lo que terminará afectando la buena alineación de los pisos. Por esta razón Mallma y Ticllacuri (2024) señalan que este control es muy importante para elegir las mejores piezas para los ensayos de laboratorio.

Absorción

En primer lugar, la absorción se define como “la medida de la impermeabilidad de una unidad de albañilería, la cual no debe mayor al 22%, puesto a que, si se supera este porcentaje, se podrá asumir que la unidad de albañilería es porosa” (Huamani y Solis, 2020, p. 30). En segundo lugar, la determinación de la absorción se realiza “con el fin de controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla.”(Grupo Cementos Chihuahua, 2020, p. 1). Según Ovalle (2021) los adoquines se sumergen por completo en agua, asegurando que el líquido quede al menos una pulgada por encima de su cara superior. El objetivo de esto es lograr que el

agua entre en todos los huecos o poros internos del bloque, permitiendo medir con precisión cuánta agua es capaz de absorber y retener la pieza tras dejarla reposar un minuto al aire libre. Siendo la absorción máximos en los adoquines se mencionan en la Normativa Peruana NTP 399.611, establece los límites máximos permitidos de absorción de agua (expresados en porcentaje) para diferentes tipos de adoquines, clasificándolos en Tipo I y II, y Tipo III. Se basa en el criterio en el promedio de 3 unidades y el límite admitido para una unidad individual. De este modo, en los adoquines de Tipo III son más exigentes o restrictivos, ya que solo permiten una absorción máxima promedio del 5% y 7% individual, mientras que los de Tipo I y II son ligeramente más permisivos, aceptando hasta un 6% en promedio y 7,5% de forma individual.

Propiedades Mecánicas del Adoquín tipo I

Resistencia a la compresión

Según Ingeniería y Consultoría Bernadú, (2023), se trata de una propiedad mecánica clave que evalúa qué tanta fuerza puede resistir el material cuando se le aplican cargas en sentido contrario a su longitud. Este valor cambia según factores clave: la hidratación del cemento, el tamaño y la clase de los agregados, el número de días de curado, las porciones usadas en la mezcla y las condiciones en las que se mantenga húmedo el concreto, según lo dicho por Hernández y Manzanarez (2025). Dicho de otro modo es “la medida más común del desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras” (National Ready Mixed Concrete Association, 2020, p. 1). En otra opinión de National Ready Mixed Concrete Association (2020), “se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga”(p.1). El procedimiento del ensayo de la resistencia a la compresión de los adoquines bajo la normativa peruana se rige en la Norma Técnica Peruana NTP 399.611, indica lo siguiente: En el Tipo I (Peatonal), se emplean espesores de 40 y 60 mm con una resistencia mínima

promedio de 320 kg/cm^2 (31 MPa). Para el Tipo II (Vehicular ligero), la exigencia mecánica se ajusta según el espesor del bloque: los de 60 mm requieren un mínimo de 420 kg/cm^2 (41 MPa), mientras que para espesores de 80 y 100 mm el requerimiento disminuye a 380 y 360 kg/cm^2 respectivamente. Por último, el Tipo III (Vehicular pesado) restringe el diseño a espesores de 80 mm o más y demanda un concreto de alta resistencia con un valor mínimo promedio de 561 kg/cm^2 (55 MPa), garantizando que ninguna unidad individual caiga por debajo de los 510 kg/cm^2 para evitar fallas estructurales en el pavimento.

Resistencia a la abrasión

Esta propiedad mide qué tanto puede aguantar la cara expuesta del adoquín frente al desgaste provocado por el roce, el frotamiento y la fricción constante del tránsito Bernilla (2024). Para determinar este comportamiento Huamani y Solis (2020) señalan que se utiliza una prueba llamada ensayo de disco ancho, la cual consiste en raspar la superficie del bloque bajo condiciones controladas. La importancia de evaluar este factor radica en conocer la capacidad real del adoquín para tolerar estos efectos cotidianos, los cuales suelen presentarse a través de diferentes fenómenos como el corte superficial del material (Mallma y Ticllacuri, 2024, p. 35).

La normativa utilizada para medir la resistencia a la abrasión de los adoquines son distintas una es la NTP 399.625, NTP 399.624 y la ASTM C 944. La primera normativa indica que el espécimen de concreto no pierda más de 15 cm^3 de volumen por cada 50 cm^2 de área expuesta, y que el desgaste en su superficie no supere los 3 milímetros de espesor. En la segunda normativa indica que el promedio de la huella o ranura de desgaste generada por el disco en la cara vista del adoquín debe ser menor o igual a 23 milímetros. Finalmente, la última normativa indica que cuantifica el daño superficial mediante la pérdida de masa.

Características de los agregados

Granulometría

Este concepto se refiere al análisis de los agregados para conocer el tamaño de las partículas que los componen. En el caso del agregado grueso, esta prueba permite medir su tamaño máximo nominal, siendo dato clave ya que este valor influye directamente la resistencia (Escobar et al., 2023, p. 3). Básicamente, el procedimiento consiste en separar agregado fino y agregado grueso en diferentes grupos según sus dimensiones. Mallma y Ticllacuri (2024). Para lograr esta separación Ovalle (2021) explica que en el laboratorio se pasa el material a través de una serie de mallas o tamices metálicos ordenados de mayor a menor, lo que ayuda a ver cómo están distribuidos los tamaños dentro de una misma muestra.

Contenido de Humedad

En opinión de Lara (2020) señala que el contenido de humedad no es más que la comparación entre la cantidad de agua que tiene una muestra en su estado natural frente al peso de esa misma muestra después de haber sido secada por completo en un horno a una temperatura de entre 105 °C y 110 °C. Hacer esta medición es muy importante cuando se trabaja con materiales reutilizados; por ejemplo Palma, (2023) menciona que los agregados reciclados suelen absorber y retener mucha más agua que las arenas o piedras debido a las características de la mezcla de concreto de la que provenían originalmente. La normativa que se usa para el contenido de humedad en el agregado fino se basa en la norma técnica peruana NTP 339.127 y para agregado grueso la NTP 339.185.

Peso específico

“Es la relación del peso respecto a un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Este cálculo se usa para el diseño de mezcla y para el control, de calidad de los agregados” (Palma, 2023, p. 39). También se define como “la relación

directamente proporcional al peso del material e inversamente proporcional al peso de un volumen igual del agua desplazada. Este valor es de gran importancia en las mezclas de concreto, por utilizarse en la dosificación de la mezcla” (Mego y Valle, 2020, p. 17).

Además, “es la relación comprendida entre el peso de un material cualquiera y su volumen” (Celis y Gonzáles, 2023, p. 28).

Absorción

Según Cépeda (2023) indica que es un “incremento en masa del agregado debido a la penetración de agua en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, sin incluir el agua adherida en la superficie de las partículas” (p. 2). A su vez, es la propiedad que “relaciona la cantidad de agua contenida en los poros del agregado, sin contar con la situada superficialmente en las partículas de este” (Ovalle, 2021, p. 15).

Además, se debe conocer que “la absorción del agregado de concreto reciclado difiere significativamente de la del agregado natural, debido a la alta porosidad de la pasta adherida” (Cavalline et al., 2022, p. 22). En margen normativo esta absorción está en base a las normas NTP 400.022 AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo, para el agregado fino y en el caso de la NTP 400.021 es la norma titulada AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo. El objetivo de este ensayo es determinar el porcentaje de absorción mediante el cálculo del cambio en la masa del agregado, el cual se produce por el agua retenida en los poros internos de sus partículas. Esta medición se realiza comparando la muestra en condición saturada con superficie seca frente a su estado completamente seco, luego de que el material ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para alcanzar su máximo potencial de absorción. (Instituto Nacional de Calidad, 2024).

Peso unitario suelto y compactado

Según Ovalle (2021) , el peso unitario se define como la relación que existe entre el peso de una cantidad de agregado seco y el espacio o volumen total del recipiente que lo contiene, tomando en cuenta también los espacios vacíos que quedan entre sus granos. Esta medición se divide en dos tipos según cómo se acomode el material. Por un lado, el peso unitario suelto se calcula llenando el recipiente con el agregado seco de forma natural, dejando caer el material de manera libre sin aplicar ninguna fuerza para acomodarlo. En este caso, el cálculo incluye tanto los huecos que absorben agua dentro de cada piedra como el aire atrapado entre las partículas. Por otro lado, el peso unitario compactado se utiliza para saber cómo cambia el volumen cuando las partículas se apilan fuertemente. Este escenario simula lo que le pasa al material en la vida real, donde los granos de arena y piedra terminan asentándose y reacomodándose debido al peso del tránsito constante o con el paso del tiempo. Para llevar a cabo estas pruebas en el laboratorio, se siguen los pasos y especificaciones técnicas que se encuentran detallados en la norma peruana NTP 400.017, la cual sirve precisamente para calcular la masa por unidad de volumen y medir la cantidad de espacios vacíos presentes en los agregados.

Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla tiene como objetivo determinar las cantidades de sus componentes, de cómo y dónde se vaya a utilizar el concreto y hallar su resistencia a la compresión y su trabajabilidad, teniendo en cuenta los requisitos de durabilidad Alghamdi (2022). Como también es importante saber que los métodos de diseño de mezcla se basan en “ciertas suposiciones y utiliza tablas o curvas empíricas. Por lo tanto, para ciertos requisitos de resistencia, durabilidad y trabajabilidad, cada método sugiere cantidades diferentes de cada ingrediente. Es importante saber qué método diseñó la mezcla debido a estas diferencias” (Alghamdi, 2023, p. 2).

El diseño de mezclas de concreto consiste en determinar las proporciones óptimas de cemento, agua, agregados y aditivos para alcanzar las propiedades de resistencia, durabilidad y trabajabilidad especificadas en un proyecto Torre (2002). Según Torre (2002), lo clasifica en cinco enfoques metodológicos principales:

Tabla 2

Clasificación y Tipos de Diseño de Mezclas

Método de diseño	Base de diseño	Descripción breve y aplicabilidad
Comité ACI 211	Empírico / Tablas de laboratorio	Determina los componentes en función del tamaño máximo nominal, asentamiento deseado y resistencia promedio. Emplea tablas estandarizadas de agua, aire y peso del agregado grueso.
Curvas Teóricas (Fuller, Bolomey, Faury)	Analítico / Gráfico matemático	Asume que la distribución ideal de los agregados sigue una parábola matemática óptima para conseguir la máxima densidad y menores vacíos.
Curvas Empíricas (Husos DIN, Británicos)	Estadístico / Husos granulométricos	Ajusta la combinación de agregados a rangos o "husos" establecidos estadísticamente por normas internacionales para garantizar la trabajabilidad.
Módulo de Fineza (MF)	Combinación matemática de agregados	Calcula las proporciones de arena y piedra basándose en el MF óptimo de la combinación para un factor de cemento dado.
Agregado Global	Ensayos por husos de mallas	Considera el porcentaje de incidencia de cada agregado para que la mezcla final encaje dentro de los límites de las normas técnicas.

Nota. Adaptado de Dosificación del concreto: Teorías y sistemas en el diseño de mezclas de concreto, por A. Torre Carrillo, 2002, Laboratorio de Ensayo de Materiales – FIC – UNI.

Diseño de mezcla ACI 211.1

El método de diseño de mezcla del American Concrete Institute de su norma ACI 211.1 consiste en seguir una secuencia para determinar las proporciones de los materiales básicos que componen el concreto, tanto en masa como en volumen absoluto, con el fin de obtener la dosificación por metro cúbico de concreto con las propiedades requeridas. Este procedimiento contempla la selección del asentamiento, la selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso, la determinación del contenido de aire y de agua de mezcla,

la selección de la relación agua-cemento, el cálculo del contenido de cemento, la estimación del contenido de agregado grueso y fino, así como los ajustes correspondientes por humedad de los agregados y las correcciones finales a partir de mezclas de prueba Matallana (2023). A continuación, se presenta la tabla 3 correspondiente al método ACI 211.1:

Tabla 3

Procedimiento ACI 211.1

Paso	Descripción del Proceso	Criterios y Parámetros de Selección
1	Elección del asentamiento (slump)	Se determina según el tipo de estructura (columnas, vigas, pavimentos, cimentaciones) basándose en la trabajabilidad requerida.
2	Selección del tamaño máximo nominal del agregado (TMN)	Depende de las dimensiones de la estructura, espaciamiento del refuerzo y espesor de losas. A mayor tamaño, menor demanda de agua.
3	Estimación del agua de mezclado y contenido de aire	Se determina mediante tablas estándar usando el asentamiento y el TMN.
4	Selección de la relación agua/cemento (a/c)	Se elige de acuerdo al $f'c$ requerido a los 28 días, según los requisitos de durabilidad (exposición a sulfatos, congelamiento o ambientes corrosivos).
5	Cálculo del contenido de cemento	Se obtiene dividiendo el peso de agua de mezclado entre la relación a/c seleccionada: $\text{Cemento} = \text{Agua} / (a/c)$.
6	Estimación del contenido de agregado grueso	Se calcula multiplicando el volumen seco del agregado grueso por unidad de volumen de concreto por su peso unitario suelto seco y compactado.
7	Estimación del contenido de agregado fino	Se calcula restando el volumen total de 1 m^3 a la suma de los volúmenes absolutos de agua, cemento, aire y agregado grueso.
8	Ajuste por humedad de los agregados	Se corrigen los pesos de diseño debido a la humedad superficial de los agregados. El agua libre se resta del agua de mezclado calculada, y se incrementa el peso húmedo de los agregados.
9	Mezcla de prueba y ajustes finales	Se realiza la verificación de los parámetros considerados en el diseño.

Nota. Adaptado de Práctica Estándar para Dosificar Concreto Normal, Pesado y Masivo (ACI 211.1-91), por el American Concrete Institute.

1.3 Operacionalización o categorización de variables

A continuación, se procederá a realizar la operacionalización de variables de la presente investigación:

Tabla 4
Operacionalización de las variables

Tipo de variable	Denominación de la variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Variable Dependiente	Propiedades Físicas y Mecánicas de Adoquines de Concreto Tipo I.	Definición Conceptual: “Las propiedades físicas son aquellas que pueden medirse sin alterar la composición o identidad de un cuerpo”(Pablo, 2022, p.14). “Las propiedades mecánicas describen el comportamiento de un material ante fuerzas aplicadas, refiriéndose a su capacidad para resistir acciones de carga” (Pablo, 2022, p.14).	Definición Operacional: Se inicia con el diseño de mezcla, luego se determina las propiedades físicas y mecánicas, mediante los ensayos de Variación Dimensional, Absorción, Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Abrasión.	Diseño de mezcla	Cemento Agregado fino convencional Agregado grueso convencional Agregado grueso de concreto reciclado Agua	Fichas para el registro del diseño de mezcla	De razón
				Propiedades Físicas	Variación Dimensional Absorción	Fichas para el registro de los ensayos de laboratorio	De razón
				Propiedades Mecánicas	Resistencia a la Compresión Resistencia a la Abrasión Granulometría		
Variable Independiente	Agregado Grueso de Concreto Reciclado.	Definición Conceptual: “El agregado de concreto reciclado se produce retirando, triturando y procesando el concreto endurecido”. (Cavalline et al., 2022, p. 1).	Definición Operacional: Es el material obtenido del triturado de veredas de concreto, empleado como reemplazo parcial del agregado grueso en la fabricación de adoquines de concreto tipo I. Se determinará la caracterización del agregado grueso de concreto reciclado, en distintos porcentajes de sustitución; además su cuantificación en la fuente.	Caracterización del agregado grueso de concreto reciclado en porcentajes de sustitución de 15%, 25% y 35%.	Contenido de Humedad Peso Específico Absorción Peso Unitario Suelto y Compactado Volumen de residuos de concreto demolido seleccionado.	Fichas para el registro de los ensayos de laboratorio	De razón
				Cuantificación de concreto reciclado en la fuente		Ficha de registro de volumen de residuos de concreto recolectados, según procedencia	De razón
					Volumen de agregado de concreto reciclado	Ficha de registro de volumen de concreto reciclado triturado	De razón

Nota. Esta tabla de operacionalización fue de elaboración propia.

II. Diseño Metodológico

2.1 Tipo de investigación

El tipo de de investigación es Tipo Aplicada, ya que “están enmarcados en la solución de un problema específico basados en los resultados de la investigación básica” (Castro et al., 2023). En este contexto, el presente estudio busca resolver una problemática ambiental mediante el uso aplicativo del diseño ACI 211.1. De este modo, la investigación aplica estos conocimientos existentes para evaluar directamente las propiedades físico-mecánicas de adoquines de concreto Tipo I, analizando el comportamiento del concreto al incorporar de forma parcial AGCR provenientes de la demolición de veredas.

Diseño de investigación

La metodología para demostrar la hipótesis se considera experimental, dado que “utiliza el experimento como método o técnica de investigación” (Gavino et al., 2021). En este sentido, el estudio adopta un diseño experimental debido a que se manipula intencionalmente una variable independiente, que es el porcentaje de reemplazo de AGC por AGCR, con el objetivo de analizar y medir sus efectos directos sobre la variable dependiente, correspondiente a las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto Tipo I. Este procedimiento se lleva a cabo en condiciones controladas de laboratorio, evaluando el comportamiento de los especímenes a través de ensayos estandarizados para establecer relaciones de causa y efecto según las sustituciones de AGCR (0%, 15%, 25% y 35%).

Variables

Variable independiente: agregado grueso de concreto reciclado.

Variable dependiente: propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I.

Enfoque de investigación

Se empleará el enfoque cuantitativo, el cual “se define como un proceso sistemático de recolección, análisis e interpretación de datos numéricos para responder preguntas de investigación específicas y validar hipótesis” (Bonifaz, 2024, p. 24). En este estudio, dicho enfoque se materializa mediante la recolección de datos de las propiedades físico y mecánicas obtenidas directamente en los ensayos de laboratorio. Esto se logra a través de la medición estandarizada de la resistencia a la compresión, tolerancias dimensionales, abrasión y porcentaje de absorción de los adoquines Tipo I. Todos los valores numéricos resultantes son procesados y evaluados mediante herramientas estadísticas en hojas de cálculo, lo que permite analizar con precisión matemática el comportamiento de la mezcla ante los diferentes porcentajes de reemplazo de AGCR.

2.2 Diseño de contrastación de hipótesis

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental, ya que “se utiliza cuando el investigador quiere establecer el posible efecto de una causa que se manipula” (Raymúndez, 2022, p. 71). Asimismo, Ramos (2021) señalan que “se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente” (p. 1). Es decir, se manipula intencionalmente la variable independiente y se observa su efecto sobre la variable dependiente.

En la presente investigación se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines tipo I, como la resistencia a la compresión, para obtener un $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, una variación dimensional, absorción y abrasión de acuerdo con lo establecido en la normativa NTP 399.611. Para su elaboración, se empleará AGCR proveniente de la demolición de veredas en el distrito de La Victoria - Chiclayo, con porcentajes de sustitución del 0%, 15%, 25% y 35% respecto al AGCR. En este contexto, se manipula

nuestra variable independiente que son los AGCR y analiza la variable dependiente que son las propiedades físicas y mecánicas del adoquín tipo I.

Se utilizará el diseño de posprueba únicamente y grupo de control, el cual “incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable independiente alcanza sólo dos niveles: presencia y ausencia” Arreguín et al.(2023). Sin embargo, también puede “extenderse para incluir más de dos grupos (tener varios niveles o modalidades de manipulación de la variable independiente) ampliarse para considerar más de dos grupos, es decir, incluir varios niveles de manipulación de la variable independiente. Hernández y Mendoza (2018), como se citó en (Huangal, 2025, p. 72). De este modo, la investigación se desarrollará con un grupo de control y 3 grupos experimentales, lo que permitió evaluar de manera objetiva el efecto de diferentes porcentajes de sustitución sobre las propiedades físicas y mecánicas del adoquín tipo I. Esta estructura experimental, permitió identificar el porcentaje óptimo de reemplazo y fortalece la validez de los resultados obtenidos.

A continuación, en la Tabla 2, 3, 4 y 5, se presentará el grupo control y los 3 grupos que reciben tratamiento experimental, para los ensayos: Resistencia a la Compresión, Abrasión, Absorción y Variación Dimensional.

Diseño con posprueba únicamente y grupo de control, incluyendo 3 grupos para la Resistencia a la Compresión

Tabla 5*Resistencia a la Compresión*

Grupo	Tratamiento Experimental	Posprueba
GCA	-	R1
GEA-1	S1	R2
GEA-2	S2	R3
GEA-3	S3	R4

Nota. Este diseño se aplicará a siete, catorce y veintiocho días de curado.

Lo especificado en la Tabla 4, representa:

GCA: Grupo de control de adoquines de concreto tipo I, elaborados con 100% AGC.

GEA: Grupo experimental de adoquines de concreto tipo I, elaboradas con diferentes porcentajes de reemplazo de AGCR por AGC.

S1: Sustitución de 15% de AGCR por AGC en el diseño de mezcla, para alcanzar un $f'c=320$ kg/cm².

S2: Sustitución de 25% de AGCR por AGC en el diseño de mezcla, para alcanzar un $f'c=320$ kg/cm².

S3: Sustitución de 35% de AGCR por AGC en el diseño de mezcla, para alcanzar un $f'c=320$ kg/cm².

R1, R2, R3, R4: Variables destinadas a la determinación de la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto tipo I

Contraste de Hipótesis

Según Sánchez (2024), refiere que:

La comprobación de la veracidad o falsedad de la hipótesis se contrarresta con los resultados empíricos obtenidos de las muestras.

Si los resultados de la muestra están dentro del margen de error esperado y coinciden con lo que se predice cuando la hipótesis es verdadera, entonces se considera que la hipótesis es válida. Pero, si los resultados no coinciden, se rechaza esa hipótesis y se plantea una nueva que pueda explicar mejor los datos obtenidos.

En la mayoría de los casos un contraste consiste en elegir entre dos hipótesis contrarias:

Hipótesis Nula y Alternativa

Hipótesis nula: Es la hipótesis conservadora, ya que se mantendrá mientras que los datos de las muestras no reflejen claramente su falsedad. Se representa como H_0 .

Hipótesis alternativa: Es la negación de la hipótesis nula y generalmente representa la afirmación que se pretende probar. Se representa como H_1 .

Teniendo en consideración las definiciones anteriores, proponemos lo siguiente:

H_0 : El uso de AGCR no cumple con la resistencia requerida de 320 kg/cm² para la elaboración de adoquines de concreto tipo I.

H_1 : El uso de AGCR sí cumple con la resistencia requerida de 320 kg/cm² para la elaboración de adoquines de concreto tipo I.

Prueba de Contraste de Hipótesis

Dado que, en nuestro estudio, se compara 3 grupos experimentales se debe seleccionar una prueba denominada análisis de varianza o ANOVA. Y esta a su vez está relacionada con la prueba Tukey.

Prueba Anova

ANOVA de un factor (también llamada ANOVA unifactorial o one-way ANOVA en inglés) es una técnica estadística que señala si la variable independiente y la variable dependiente, están vinculadas en base a si las medias de la variable dependiente son distintas en las categorías o grupos de la variable independiente (Cardenas, 2015, como se citó en Tipanquiza, 2023)

Las hipótesis contrastadas en un ANOVA de un factor son:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_1 : \mu_j \neq \mu_j = 1, 2, \dots, k$$

El ANOVA detecta la presencia o ausencia de un efecto global de la variable independiente sobre la variable dependiente. Cuando se descarta la hipótesis nula ($p \leq 0,05$), informa al investigador que existe al menos una comparación estadísticamente significativa, pero no le informa qué par de medias es significativa. (Juarros, et al., 2024, p. 85).

Prueba Post Hoc

Se deben utilizar pruebas post-hoc (también llamadas análisis a posteriori o pruebas de análisis de comparación múltiple) para determinar qué niveles de las medias de las variables independientes difieren significativamente de otros niveles (Kim, 2015; McHugh, 2011; Meyers et al., 2016, como se citó en (Juarros et al., 2024).

Es importante tener en cuenta que la Prueba de Tukey asume que los datos se distribuyen normalmente y que las varianzas son homogéneas.

En este caso particular, usaremos:

La Prueba de Tukey, también conocida como el procedimiento de Comparaciones Múltiples de Tukey, es una prueba post hoc utilizada en el análisis de varianza (ANOVA) para realizar comparaciones entre todos los pares posibles de grupos de tratamiento. Esta prueba ayuda a identificar qué pares de grupos difieren significativamente entre sí, proporcionando una comparación detallada y precisa.

2.3 Población, muestra y muestreo

Población

La población estuvo constituida por adoquines de concreto tipo I, que fueron elaborados con AGCR, obtenido de la demolición de veredas en el distrito de La Victoria-Chiclayo. Asimismo, presentaran un $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$.

Muestra

Estuvo conformada por un total de 72 muestras de adoquines de concreto tipo I con dimensiones de 20 cm x 10 cm x 6 cm elaborados en laboratorio, con proporciones de 0%, 15%, 25% y 35% de AGCR, estas muestras estuvieron divididas en cuatro grupos, siendo el primer grupo de la muestra del adoquín patrón y los tres grupos restantes de los porcentajes de sustituciones de agregado antes mencionado. Estos especímenes fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión, abrasión, absorción y variación dimensional. Además, se ha tenido en cuenta lo mencionado por la NTP 399.611 (Unidades de Albañilería), por esto se consideró 3 muestras por cada porcentaje de sustitución de AGC, y así poder determinar un valor promedio.

Tabla 6*Cantidad de muestras por cada porcentaje de sustitución de AGCR*

Ensayos	Días	Adoquín Patrón	Reciclado 15%	Reciclado 25%	Reciclado 35%
Compresión	7	3	3	3	3
	14	3	3	3	3
	28	3	3	3	3
Abrasión	28	3	3	3	3
Absorción	28	3	3	3	3
Variación Dimensional	28	3	3	3	3
		18	18	18	18
Total de muestras					72

*Nota. Se evaluaron tres especímenes de concreto por cada tipo ensayo y nivel de reemplazo.****Muestreo***

En esta investigación se utilizó el muestreo aleatorio simple para seleccionar las unidades de estudio, así cada adoquín “debe tener la misma probabilidad de ser seleccionado en la muestra” (Ramírez et al., 2024, p. 14). Además, este método “se utiliza cuando se necesita una muestra no sesgada y es más efectivo cuando se maneja una población relativamente homogénea” (Vizcaíno et al., 2023, p. 9750).

Para la elección de este método fue importante que se cumplan criterios para garantizar los resultados, tales como la independencia de las unidades de muestreo (la elección de una unidad no afecta la probabilidad de elegir otra), la población debe ser homogénea con respecto a las características de estudio y que las condiciones se mantengan estables para todas las unidades (Ramírez et al., 2024, p. 14).

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información/datos***Técnicas***

Los resultados fueron obtenidos a través de ensayos de laboratorio, siguiendo procedimientos estandarizados según normas técnicas vigentes. Estas técnicas permitieron evaluar las propiedades del AGCR, del AGC y del agregado fino, obteniendo los

parámetros necesarios para el diseño y la elaboración de adoquines de concreto. Asimismo, se determinó sus propiedades: absorción, abrasión, variación dimensional y resistencia a la compresión.

Obtención de los materiales

Agregado fino

El agregado fino utilizado se obtuvo de la Cantera Arena Bonita, situada en el distrito de Mórrope – Lambayeque, como se verifica en el Anexo 11. El material fue extraído y transportado al laboratorio para su almacenamiento y posterior realización de los ensayos físicos y granulométricos, esto con la finalidad de determinar sus propiedades y verificar su comportamiento en el diseño de mezcla de concreto para adoquines de concreto tipo I.

Agregado grueso convencional

El AGC empleado se obtuvo de la Cantera Tres Tomas, localizado en Mesones Muro – Ferreñafe, como se verifica en el Anexo 1, seleccionándose piedra chancada de 3/8". El material fue igualmente transportado al laboratorio para la realización de los ensayos para su caracterización y posterior verificación de comportamiento en el diseño de mezcla de concreto para adoquines de concreto tipo I.

Agregado grueso de concreto reciclado

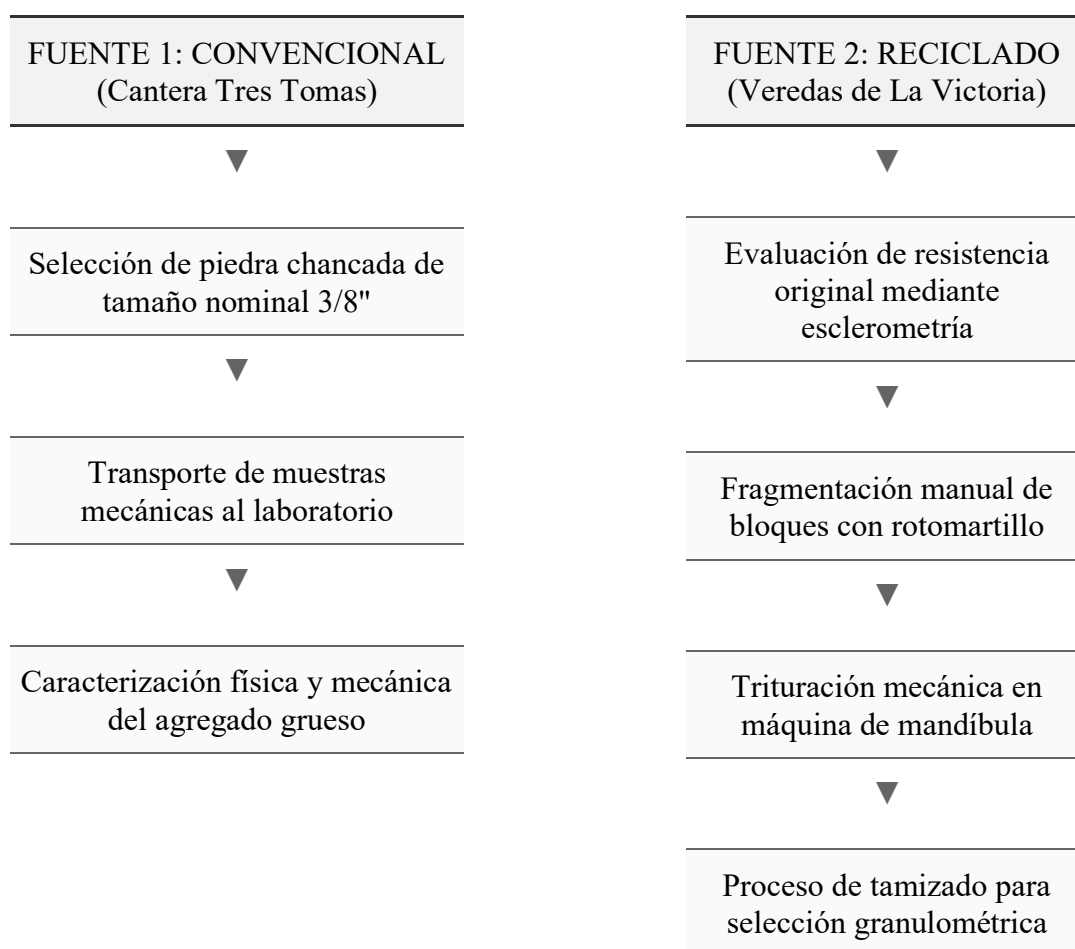
Para la obtención del AGCR, se recolectaron bloques de concreto procedentes de las veredas demolidas en la Victoria- Chiclayo. Previo a su trituración, las estructuras fueron evaluadas mediante ensayos de esclerometría con el fin de determinar el rango del f'_c original del concreto a reciclar. Posteriormente, los bloques fueron fragmentados manualmente con el uso de un rotomartillo para reducir sus dimensiones a un tamaño manejable, facilitando así su ingreso a una máquina trituradora de mandíbula. Después de ello, el material recolectado fue transportado al laboratorio, donde se realizó una trituración

primaria mediante una trituradora mecánica pequeña, obteniendo piedra chancada de 1", 3/4", 1/2", 3/8", además de arena y desperdicio. Posteriormente, se realizó los ensayos correspondientes para evaluar sus propiedades y su comportamiento cuando se reemplaza parcialmente por AGCR.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo de cómo se obtuvo el AGCR y AGC para luego proceder con el moldeo de los adoquines de concreto tipo I.

Figura 1

Proceso de obtención del agregado grueso convencional y reciclado



Nota. Elaboración propia basada en la metodología de procesamiento y caracterización de los materiales ensayados.

Cemento Utilizado

Se utilizó cemento Portland Tipo I de la marca Cemex para la elaboración de adoquines tipo I, debido a que es ampliamente empleado para fabricación de concreto de uso general. Además de cumplir con la NTP 334.009 de Requisitos de Cementos Portland.

Ensayos de Laboratorio para Agregados

Ensayo de Granulometría de Agregado Grueso

Se tuvo como referencia la Norma Técnica Peruana con código 400.012, empleando tamices de 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8" y N.º 4, siguiendo las especificaciones de la NTP 400.037. Con la finalidad de realizar clasificación granulométrica, la muestra se procesó a través de un juego de tamices ordenados de forma decreciente respecto al diámetro de sus aberturas.

A continuación, se determinó la masa de las fracciones retenidas en cada tamiz, determinando los porcentajes retenidos parciales, retenidos acumulados y porcentajes que pasan. Con estos resultados se elaboró la tabla de análisis granulométrico y curva granulométrica correspondiente, para así identificar el tamaño máximo, tamaño máximo nominal y el huso granulométrico del agregado grueso ensayado.

Ensayo de Granulometría de Agregado fino

Para la granulometría del agregado fino también se tomó en cuenta la NTP 400.012, siguiendo las especificaciones de la NTP 400.037, utilizando los tamices desde el N.º 04 hasta el N.º 200. De igual forma se colocó la muestra en la serie de tamices ordenados de mayor a menor para su tamizado.

Posteriormente, se efectuó el pesado del material retenido en cada tamiz, determinándose los porcentajes retenidos parciales, retenidos acumulados y porcentajes que pasan. Con estos resultados se hizo la tabla granulométrica, curva granulométrica y determinación del módulo de fineza del material.

Ensayo de Peso Volumétrico

El ensayo de peso volumétrico suelto y compactado del agregado fino y grueso se realizó de acuerdo a la NTP 400.017, el cual tiene como finalidad determinar el peso por unidad de volumen de los agregados en estado suelto y compactado para posteriormente utilizar estos datos en el diseño de mezcla.

Para el procedimiento se utilizó un recipiente metálico con volumen conocido, el cual fue llenado con el material correspondiente. En el caso del peso volumétrico suelto, el agregado se colocó libre de compactación; mientras que, para el peso volumétrico compactado, el material fue colocado en tres capas de igual volumen, aplicándose 25 golpes con una varilla metálica en cada capa, conforme lo indica la norma.

Finalmente se efectuó el pesado del recipiente con el material, determinándose el peso volumétrico de cada agregado mediante la relación entre el peso y volumen.

Ensayo de Peso Específico y Absorción

Estos ensayos están regulados según la norma NTP 400.021 que consiste en registrar tres pesos específicos de una misma muestra de piedra: primero se pesa saturada con la superficie seca (tras dejarla 24 horas en agua y secar solo su exterior con un paño), luego se pesa completamente sumergida bajo el agua dentro de una canastilla, y finalmente se pesa totalmente seca tras meterla al horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un día; con estos tres datos se calcula matemáticamente la densidad del material y su porcentaje de absorción de agua. Respecto al cálculo se usan los tres pesos (A saturado, B sumergido y D seco): la absorción se halla restando el peso saturado menos el peso seco para saber cuánta agua entró en la piedra, y eso se divide entre el peso seco; mientras que la densidad se calcula dividiendo el peso seco entre el volumen de la piedra, el cual se descubre restando el peso saturado menos el peso sumergido en agua.

Ensayo de Contenido de Humedad

El ensayo de contenido de humedad de agregado grueso se rigió bajo la norma NTP 339.185 y fino se realizó de acuerdo con la NTP 339.127, estas normas tuvieron como finalidad determinar la cantidad de agua contenida en los agregados, lo cual es necesario para la elaboración del diseño de mezcla y control de la relación agua cemento.

En lo que respecta procedimiento, se seleccionó una muestra representativa de material y se registró su peso húmedo inicial en su estado natural del agregado. Posterior a esto, la muestra se introdujo en el horno a una temperatura aproximada de 110 ± 5 °C hasta alcanzar el peso constante y registrar el peso seco del material.

Finalmente, el contenido de humedad se calculó mediante la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco e la muestra, expresando el resultado en porcentaje respecto al peso seco del agregado.

Método de Diseño de Mezcla

La dosificación de las mezclas de concreto se desarrolló en conformidad por lo estipulado por el ACI 211.1. Para llevar a cabo este proceso se seleccionó 320 kg/cm², siendo esta la exigida para la elaboración de adoquines de concreto peatonales.

Además, se emplearon los valores obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados a los agregados con el propósito de determinar las características y propiedades físicas. Estos parámetros brindan la información necesaria que fue utilizada en el desarrollo del diseño de mezcla y la adecuada dosificación de los materiales.

Para evaluar el comportamiento del concreto y el efecto de la sustitución de AGCR, se plantearon cuatro casos de estudio, variando el porcentaje de reemplazo de AGC por AGCR, según se detalla:

Caso 1: Diseño de mezcla, considerando cemento tipo I; agregado fino; 100 % de AGC; agua.

Caso 2: Diseño de mezcla, considerando cemento tipo I; agregado fino; 85 % de AGC y 15 % de AGCR; agua.

Caso 3: Diseño de mezcla, considerando cemento tipo I; agregado fino; 75 % de AGC y 25 % de AGCR; agua.

Caso 4: Diseño de mezcla, considerando cemento tipo I; agregado fino; 65 % de AGC y 35 % de AGCR; agua.

Proceso de Diseño de Mezcla mediante el método ACI 211.1

Primero se determina la resistencia promedio requerida para el diseño de concreto f'_{cr} considerando la resistencia de diseño f'_c . Para ello se emplearon los criterios establecidos en el método ACI 211.1, utilizando la Tabla 7.

Tabla 7

Estimación de la Resistencia promedio de diseño a la compresión (f'_{cr})

Resistencia especificada a la compresión Kg/cm²	Resistencia promedio requerida a la compresión Kg/cm²
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 84$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = f'_c + 98$

Nota. Tabla brindada por el Comité ACI 211.1

Posterior a ello, se selecciona el asentamiento o slump adecuado para la elaboración de adoquines de concreto, tomando en cuenta el tipo de elemento a realizar. Esta selección se hizo mediante los parámetros brindados por la Tabla 8.

Tabla 8*Valores de revenimiento (slump) en función al tipo de estructura*

Tipo de estructura	Slump Máximo (pulgadas)	Slump Mínimo (pulgadas)
Paredes y zapatas de cimentación reforzadas	3"	1"
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	3"	1"
Vigas y paredes reforzadas	4"	1"
Columnas de edificios	4"	2"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Nota. Tabla brindada por el Comité ACI 211.1

Seguido, se procede a determinar la relación agua/cemento para alcanzar la resistencia requerida del concreto, utilizando la tabla 9, en la que se consideró los valores indicados para concretos sin aire incorporado.

Tabla 9*Correspondencia del factor agua/cemento (a/c) en función al f'_{cr}*

f'_{cr} (28 días) kg/cm²	Relación agua cemento de diseño por peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
420	0.41	---
450	0.38	---

Nota: Tabla brindada por el Comité ACI 211.1

Teniendo en cuenta el asentamiento seleccionado, el tamaño máximo nominal del agregado grueso y la incorporación de aire, se calcula la cantidad de litros de agua por metro cúbico para la mezcla, según lo indica la Tabla 10.

Tabla 10

Volumen de agua de diseño en función al slump, tipo de concreto y tamaño del agregado grueso

Asentamiento	Tipo de Concreto	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	Sin aire incorporado	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	Sin aire incorporado	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	Sin aire incorporado	243	228	216	202	190	178	160	-
1" a 2"	Con aire incorporado	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	Con aire incorporado	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	Con aire incorporado	216	205	197	184	174	166	154	-

Nota. Tabla brindada por el Comité ACI 211.1

De acuerdo de la relación a/c seleccionada y la cantidad de agua previamente establecida, se halla la cantidad de cemento para la dosificación.

Luego, se determinó el porcentaje de aire atrapado en función con el TMN del agregado grueso, indicado en la tabla 11.

Tabla 11

Estimación del porcentaje de aire atrapado en función al TMN

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Nota. Tabla brindada por el Comité ACI 211.1

Posteriormente, se calcula el volumen de agregado grueso según la tabla 12, la cual relaciona el tamaño máximo nominal del agregado y el módulo de fineza del agregado fino; el volumen calculado fue transformado a peso utilizando el peso unitario seco compactado del agregado grueso.

Tabla 12

Coeficientes volumétricos de diseño para el agregado grueso en función del TMN y el módulo de fineza de la arena

Unidad de volumen de concreto para diferentes Módulos de Fineza del Agregado				
Tamaño Máximo del Agregado Grueso	Fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Tabla brindada por el Comité ACI 211.1

Se procede a calcular el volumen total del concreto y así determinar la cantidad de agregado fino por metro cúbico necesario para completar el diseño.

Después de obtener las proporciones iniciales de los materiales, se realiza las correcciones por contenido de humedad y absorción de los agregados, debido a que las propiedades modifican el agua efectiva. Estos ajustes permiten determinar la cantidad real de los materiales.

Finalmente, se obtuvieron las proporciones definitivas de diseño de mezcla en peso y volumen para la elaboración de los adoquines de concreto. Cabe resaltar que se realizaron cuatro diseños correspondientes a la mezcla patrón y las sustituciones de agregado grueso en las proporciones de 15%, 25% y 35%. Estas hojas de cálculo se presentan en el Anexo 9 de la presente investigación.

Ensayos de Laboratorio para Adoquines

Ensayo de resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto se realizó conforme a la NTP 399.611. Para ello, los especímenes fueron previamente curados hasta la edad en la que fueron evaluados.

Cada adoquín fue colocado en la máquina de compresión de laboratorio, aplicándose una carga continua y gradual hasta producir su ruptura. Se procedió a registrar la carga máxima soportada por cada unidad para finalmente determinar la resistencia a la compresión mediante la relación entre la carga máxima aplicada y el área de apoyo del adoquín. Los resultados obtenidos permitieron evaluar el cumplimiento de los requisitos establecidos por la norma. En este caso, se evaluaron tres especímenes y se obtuvo un valor promedio de resistencia que debería alcanzar los 320 kg/cm² para adoquines de uso peatonal, tal como lo indica la Tabla 13.

Tabla 13

Parámetros normativos de espesores mínimos y resistencia a la compresión para adoquines de concreto

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I	40	31 (320)	28 (290)
(Peatonal)	60	31 (320)	28 (290)
	60	41 (420)	37 (380)
II	80	37 (380)	33 (340)
(Vehicular ligero)	100	35 (360)	32 (325)
III			
(Vehicular pesado, patios	≥ 80	55 (561)	50 (510)
industriales o de contenedores)			

Nota. Tabla brindada por la NTP 399.611

Ensayo de resistencia a la abrasión

En este ensayo cada espécimen de adoquín fue sometido al ensayo de resistencia a la abrasión siguiendo especificados en la norma ASTM C944. El procedimiento experimental se llevó a cabo utilizando una máquina de rodillo giratorio equipada con cortadores de alta resistencia, aplicando una carga constante sobre la superficie del adoquín durante un periodo estandarizado de 2 minutos. Finalizado el ciclo de ensayo, se cuantificó la pérdida de masa de cada muestra mediante el pesaje antes y después del proceso de desgaste. Estos valores experimentales permitieron determinar el índice de desgaste de los adoquines elaborados con AGCR.

Ensayo de absorción

El ensayo de absorción se llevó a cabo para determinar cuanta agua puede retener el adoquín dentro de sus poros. Para ello, los adoquines seleccionados estuvieron sumergidos en agua durante 28 días, hasta que esté completamente saturado y registrar su peso correspondiente. Posterior a ello, se secaron los adoquines en horno a una temperatura aproximada de 110 ± 5 °C hasta obtener un peso constante y registrarlo. La relación porcentual entre el incremento de masa por absorción de agua y la masa seca del adoquín permitió evaluar si cumple con los requisitos de la NTP 399.611 como se indica en la tabla 14.

Tabla 14

Parámetros normativos y límites máximos de absorción de agua por categoría de adoquín (NTP 399.611).

Tipos de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Nota. Tabla brindada por la NTP 399.611

Ensayo de variación dimensional

Este ensayo se realizó para verificar la uniformidad y regularidad de las dimensiones del adoquín. Se procedió a realizar este ensayo a los adoquines seleccionados utilizando un calibrador Vernier, se tomaron las lecturas de las tres dimensiones principales como el largo, ancho y espesor. Las mediciones de cada espécimen fueron comparadas con las dimensiones de diseño especificadas y verificando que se cumplan las tolerancias máximas permisibles por la normativa, tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15*Límites de Variación dimensional en adoquines de concreto*

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1.6	± 1.6	± 3.2

Nota. Tabla brindada por la NTP 399.611***Instrumentos***

Los instrumentos utilizados fueron aquellos necesarios para registrar y analizar los resultados obtenidos de los ensayos, tales como:

- Fichas técnicas de ensayo, para el registro sistemático de los datos.
- Hojas de cálculo (Excel), para el procesamiento y tabulación de datos.
- Software especializado para estadística como el SPS.

2.5 Equipos y materiales***Equipo de obtención de AGCR***

- Chancadora o trituradora.

Equipos de laboratorio

- Tamices de gradación para granulometría de agregados.
- Bandejas metálicas.
- Balanza electrónica de precisión.
- Horno de secado.
- Molde cilíndrico.
- Varilla de compactación.
- Cámaras de curado.
- Tanque de inmersión.

- Cinta métrica metálica y calibrador Vernier.
- Prensa hidráulica para ensayo de resistencia a la compresión.
- Rodillo Giratorio

Materiales utilizados

Los principales materiales empleados en la elaboración de los adoquines fueron:

- Cemento Portland tipo I.
- Agregado fino (Cantera Arena Bonita).
- AGC (Cantera Tres Tomas).
- AGCR proveniente de concreto de veredas demolidas del distrito de la Victoria - Chiclayo.
- Agua potable, para la mezcla.

2.6 Aspectos éticos de la investigación

En esta investigación se desarrolló bajo principios éticos, garantizando la no manipulación de datos. Para la obtención de AGCR proveniente de la demolición de veredas del distrito de La Victoria -Chiclayo, se solicitó el permiso correspondiente a las autoridades e ingenieros responsables del proyecto. Asimismo, el manejo y procesamiento de los materiales se llevaron a cabo de manera responsable y segura.

Los resultados obtenidos se registraron y de forma verídica, sin manipulación alguna. Además, la información presentada será de uso académico y científico, evidenciando también la autoría de las fuentes consultadas mediante la citación.

Igualmente, la investigación promueve un impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente, dado que se fomenta la reutilización de material proveniente de demolición.

III. Resultados

3.1 Procedencia y volumen del concreto demolido

Se obtuvo AGCR proveniente de residuos generados durante la ejecución del proyecto denominado “Mejoramiento del Servicio de Control y Gestión del Tránsito Urbano en el distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque” – CUI N.º 2577738.

En la siguiente tabla 16, presenta el volumen total de concreto demolido estimado en la partida de metrados del proyecto antes mencionado.

Tabla 16

Volumen de demolición de concreto obtenido de veredas

Codificación de veredas	Ubicación	Área de concreto demolido (m²)	Volumen de concreto demolido (m³)
V-2	Ca. Manuel Seoane	125.13	12.513
V-3	Ca. Antenor Orrego	106.07	10.607
V-4	Ca. Antenor Orrego	184.13	18.413
V-5	Ca. Antenor Orrego	145.29	14.529
V-6	Ca. Antenor Orrego	227.73	22.773
V-7	Ca. Antenor Orrego	131.62	13.162
V-8	Ca. Antenor Orrego	151.97	15.197
V-9	Ca. Antenor Orrego	161.90	16.190
V-10	Ca. Antenor Orrego	128.69	12.869
V-11	Ca. Antenor Orrego	174.48	17.448
V-12	Ca. Antenor Orrego	166.27	16.627
V-13	Ca. Antenor Orrego	177.08	17.708
V-14	Ca. Antenor Orrego	143.83	14.383
V-15	Ca. Antenor Orrego	164.38	16.438
V-16	Ca. Antenor Orrego	257.50	25.750

Nota: Se han considerado únicamente las veredas demolidas, sin rampas, sardineles y martillos.

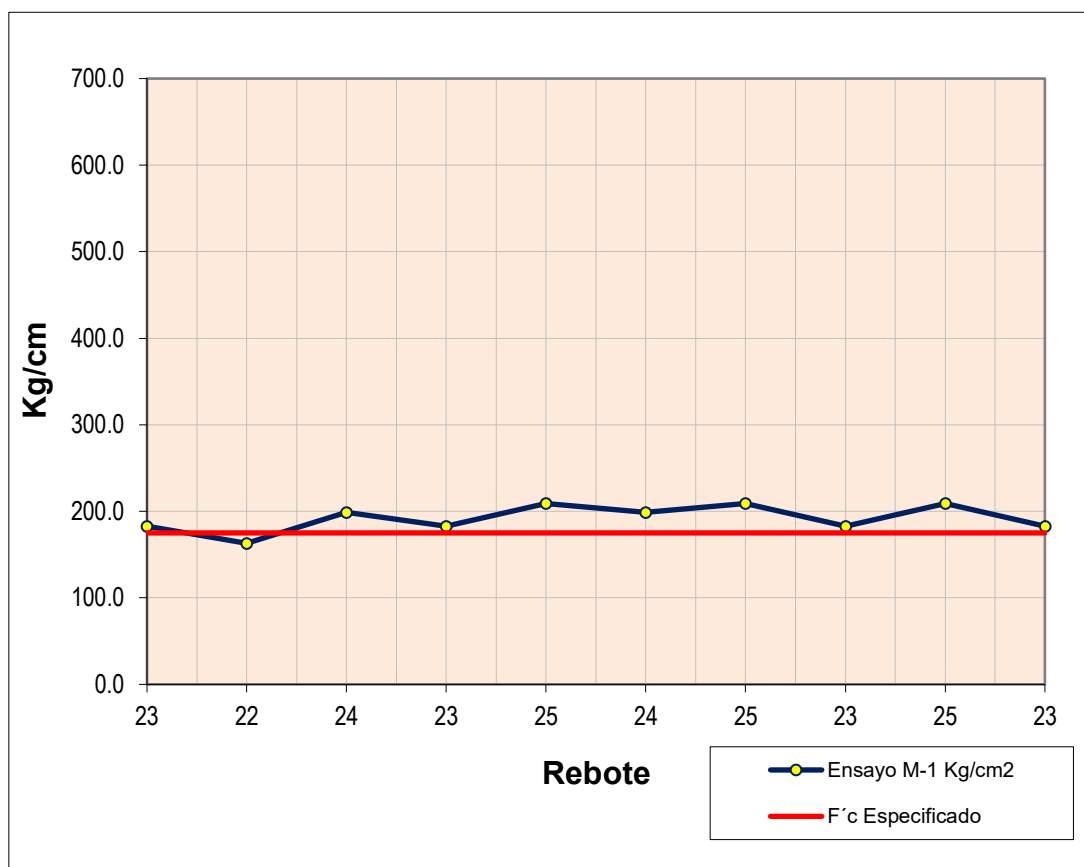
De acuerdo con la Tabla 16, el total de concreto demolido de veredas en La Victoria- Chiclayo fue de 244.61 m^3 , generando un volumen aproximado de 0.11 m^3 de residuos de concreto por cada m^2 de área demolida. Por lo cual, este material constituye la fuente necesaria para la obtención de AGCR. Además, del volumen disponible se seleccionó 15 m^3 para los fines de esta investigación, por lo que este material fue destinado al proceso de trituración.

4.1.1. Determinación del f'_c de las veredas mediante el ensayo de la esclerometría

El ensayo de esclerometría se realizó usando un esclerómetro, directamente sobre los bloques que se recuperaron al demoler las veredas. Se eligieron 3 muestras de bloques asegurando que no se muevan ni vibren al recibir el golpe del aparato, cumpliendo así con lo exigido por la norma NTP 339.181. Hay que tomar en cuenta que, como estas veredas eran antiguas, el paso del tiempo hace que su capa externa se vuelva más dura debido a la carbonatación. Por eso, según el reporte ACI 228.1R, el esclerómetro suele marcar una resistencia un poco mayor de la que realmente tiene el concreto por dentro. En resumen, este ensayo sirvió como referencia para conocer cómo se encontraba el concreto previo a demoler. Para ellos se detallan los resultados en la figura 2, 3 y 4 correspondiente a la muestra 1, 2 y 3 elegidas, a continuación:

Figura 2

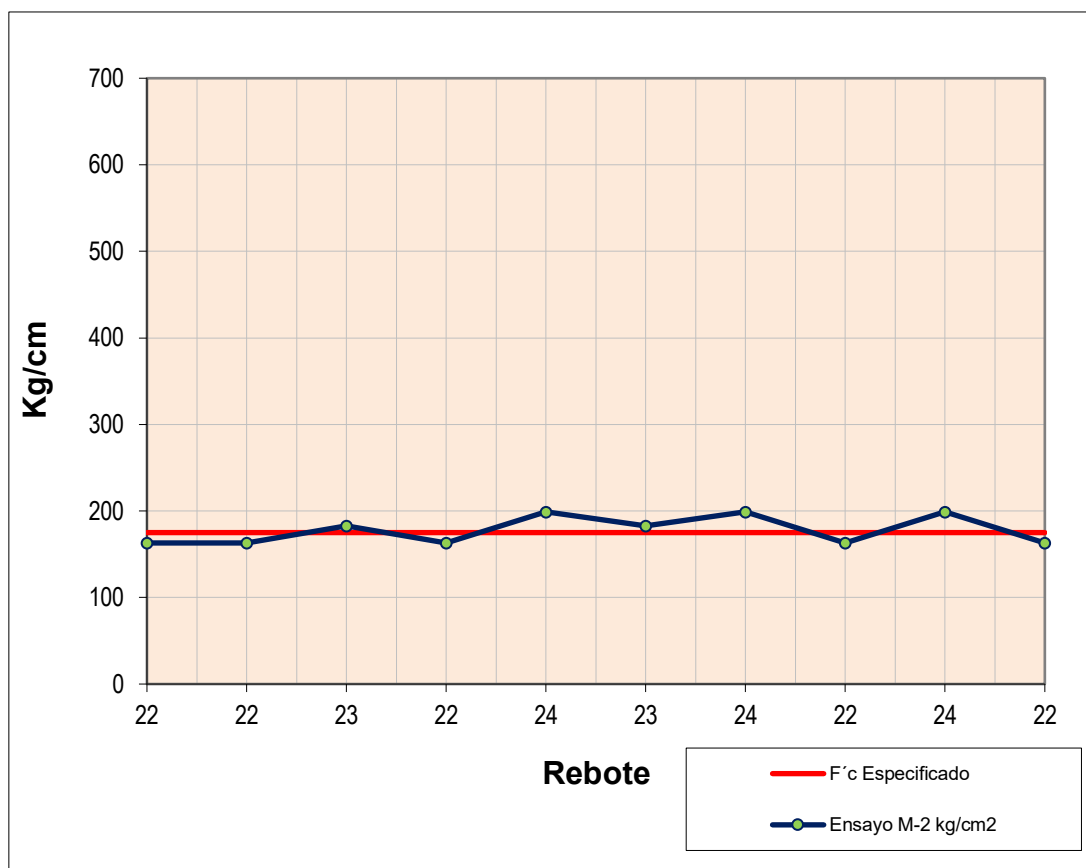
Resultado de la Muestra 1 evaluada para esclerometría



La Figura 2 detalla los resultados de las 10 lecturas de rebote tomadas con el esclerómetro en la Muestra 1, utilizando como referencia una línea roja que representa la resistencia estimada de 175 kg/cm² para el concreto original de las veredas. Se observa que casi la totalidad de los impactos (línea azul) se mantuvieron de forma constante por encima de este valor base, logrando picos máximos de 209 kg/cm² y un valor mínimo de 163 kg/cm²

Figura 3

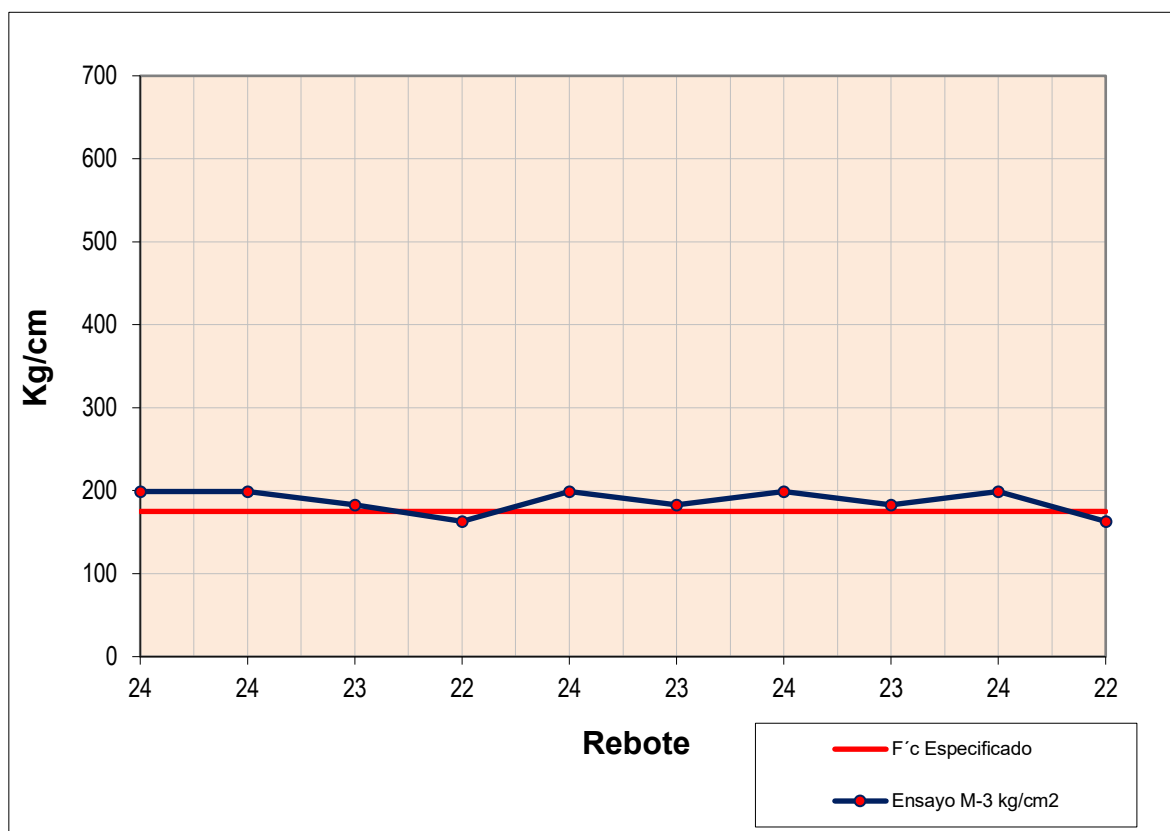
Resultado de la Muestra 2 evaluada para esclerometría



La Figura 3 detalla los resultados de las 10 lecturas de rebote tomadas con el esclerómetro en la Muestra 2, utilizando como referencia una línea roja que representa la resistencia estimada de 175 kg/cm² para el concreto original de las veredas. Se observa que casi la totalidad de los impactos (línea azul) se mantuvieron de forma constante por encima de este valor base, logrando picos máximos de 199 kg/cm² y un valor mínimo de 163 kg/cm².

Figura 4

Resultado de la Muestra 3 evaluada para esclerometría



La Figura 4 detalla los resultados de las 10 lecturas de rebote tomadas con el esclerómetro en la Muestra 3, utilizando como referencia una línea roja que representa la resistencia estimada de 175 kg/cm² para el concreto original de las veredas. Se observa que casi la totalidad de los impactos (línea azul) se mantuvieron de forma constante por encima de este valor base, logrando picos máximos de 199 kg/cm² y un valor mínimo de 163 kg/cm².

3.2 Volumen de agregado grueso de concreto reciclado obtenido

Teniendo un volumen inicial de 15 m³ de concreto demolido de veredas, este fue sometido al proceso de trituración mecánica con la finalidad de obtener AGCR para la elaboración de adoquines de concreto tipo I. Este proceso fue realizado en la trituradora de la empresa “Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C”.

En la Tabla 17, se visualiza el volumen de agregado obtenido a partir de la metodología señalada anteriormente y como se aprecia, el mayor porcentaje correspondiente al agregado grueso obtenido es de piedra chancada de 3/4", seguida de la piedra de 1/2". Así mismo se observa que durante la trituración se genera arena y desperdicio con un porcentaje que representa el 23.3% del total del material.

Tabla 17

Volumen del material obtenido a través de la trituración de bloques de concreto procedente de veredas de la Victoria-Chiclayo

Materia prima	Volumen (m³)	Producto	Volumen obtenido (m³)	Rendimiento (%)
Concreto demolido de veredas	15	Piedra chancada 1/2"	3.0	20.0
		Piedra chancada 3/4"	4.5	30.0
		Piedra de 1"	1.5	10.0
		Piedra chancada 3/8"	2.5	16.7
		Arena y Desperdicio	3.5	23.3

Nota: El concreto se obtuvo de la demolición de veredas en el distrito de la Victoria-Chiclayo

Del material obtenido, la fracción que se ha seleccionado es la que corresponde a la piedra chancada de 3/8", considerando la dimensión de los adoquines de 20 x 10 x 6 cm y teniendo en cuenta que se busca una adecuada compactación y distribución de los materiales teniendo un espesor reducido.

3.3 Caracterización de los agregados

Caracterización del agregado grueso

En la Tabla 18, se especifican los valores granulométricos acumulados correspondientes a las partículas pasantes del agregado grueso. Se plantearon cuatro dosificaciones: el primero de agregado grueso 100% convencional y los siguientes con las sustituciones: 15%; 25% y 35% de AGCR. El AGC procede de la cantera Tres Tomas (Ferreñafe), mientras que el reciclado proviene de demoliciones de veredas en el distrito de La Victoria (Chiclayo). La caracterización granulométrica con diferentes porcentajes de AGCR permitió verificar su distribución de tamaños antes de su incorporación en las diferentes dosificaciones evaluadas.

Tabla 18

Análisis granulométrico de los diferentes casos con porcentajes de sustitución de AGC por AGCR

Nº Tamiz	Abertura (mm)	100% Agregado grueso convencional	85% Agregado Grueso Convencional +15% Agregado Grueso reciclado	75% Agregado Grueso Convencional +25% Agregado Grueso reciclado	65% Agregado Grueso Convencional +65% Agregado Grueso reciclado	Límites de porcentajes pasantes según el Huso 57/ ASTM C33
1 1/2"	38.1	100	100.0	100.0	100.0	100
1"	25.4	97.1	96.0	94.5	92.9	90-100
3/4"	19	72.6	70.7	68.0	65.2	
1/2"	12.7	37.3	37.7	38.3	38.9	25-60
3/8"	9.52	22.3	22.5	22.7	22.9	
Nº4	4.75	1.2	1.98	3.3	4.27	0-10
Nº8	2.38	0.0	0.00	0.0	0.00	0-5
T.Máximo del Agregado Grueso	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
T.Máximo Nominal del Agregado Grueso	1"	1"	1"	1"	1"	1"

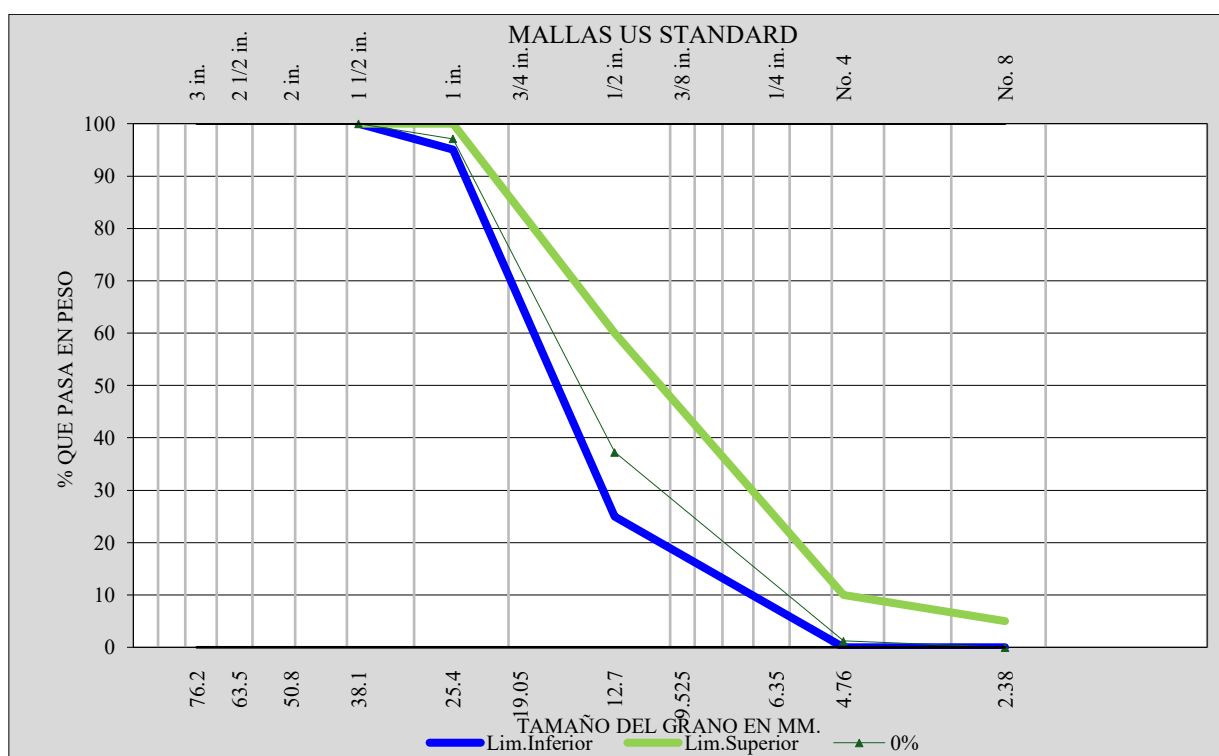
Nota. Análisis comparativo de granulometría entre el AGC y mezclas con distintos porcentajes de sustitución de AGC por AGCR.

Para todos los casos evaluados, el Tamaño Máximo del agregado es de 1 1/2" y el Tamaño Máximo Nominal es de 1", según se establece en la tabla 18.

Seguidamente, se presenta la curva granulométrica del agregado grueso al 0% de reemplazo de AGCR, verificando que se encuentre dentro del huso granulométrico 57.

Figura 5

Curva granulométrica del 0% de sustitución de AGC por AGCR



Nota. Se muestra las curvas granulométricas para el agregado grueso en su primer caso, con reemplazo de 0%, de AGCR proveniente de la demolición de veredas de la Victoria en Chiclayo.

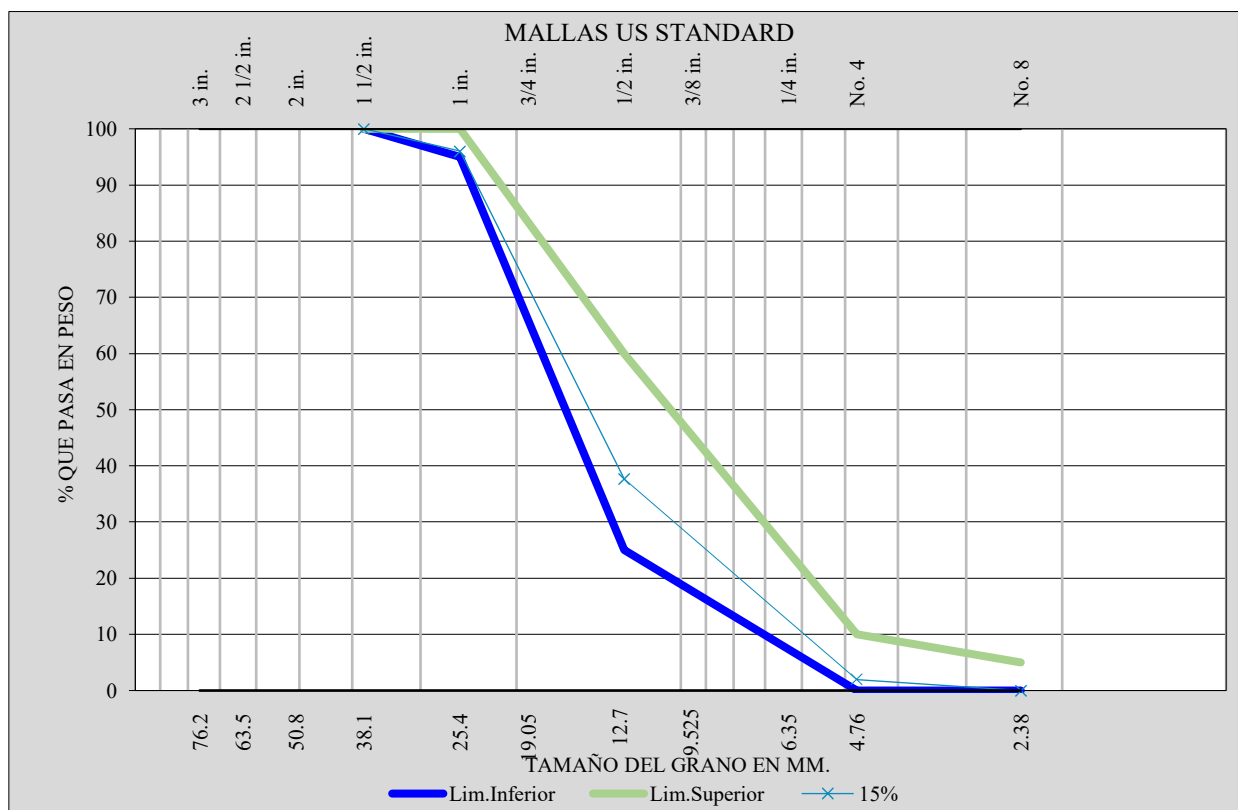
La figura 5 presenta la curva granulométrica del agregado grueso con 0% porcentaje de AGCR, comparada con los límites del Huso 57 de la Norma Técnica Peruana 400.037 (ASTM C33). La curva se ubica dentro de la banda granulométrica, evidenciando el cumplimiento normativo. Se observa que el tamaño predominante se concentra entre los tamices de 1" y 1/2", y un bajo contenido de finos.

Continuando con la investigación, se presenta la curva granulométrica del agregado grueso al 15% de reemplazo de AGCR, verificando que se encuentre dentro del huso

granulométrico 57.

Figura 6

Curva granulométrica del 15% de sustitución de AGC por AGCR



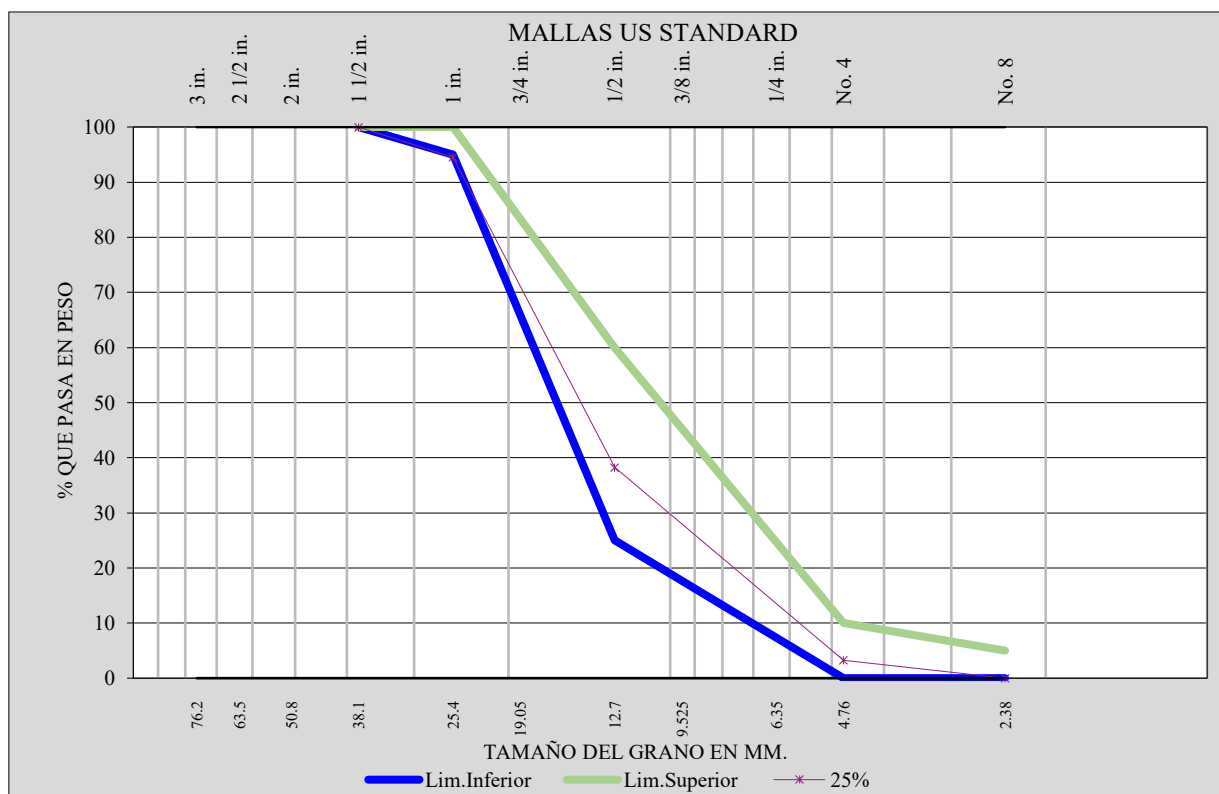
Nota. Se muestra las curvas granulométricas para el agregado grueso en su primer caso, con reemplazo de 15%, de AGCR proveniente de la demolición de veredas de la Victoria en Chiclayo.

La figura 6 presenta la curva granulométrica del agregado grueso con reemplazo de AGCR al 15%, comparada con los límites del Huso 57 de la Norma Técnica Peruana 400.037 (ASTM C33). La curva se ubica dentro de la banda granulométrica, evidenciando el cumplimiento normativo, aunque mostrando una tendencia cercana al límite inferior en el tamiz de 1". Se observa que el tamaño predominante se concentra entre los tamices de 1" y 1/2", y un bajo contenido de finos.

En la siguiente sección, se presenta la curva granulométrica del agregado grueso al 25% de reemplazo de AGCR, verificando que se encuentre dentro del huso granulométrico 57.

Figura 7

Curva granulométrica al 25% de sustitución de AGC por AGCR



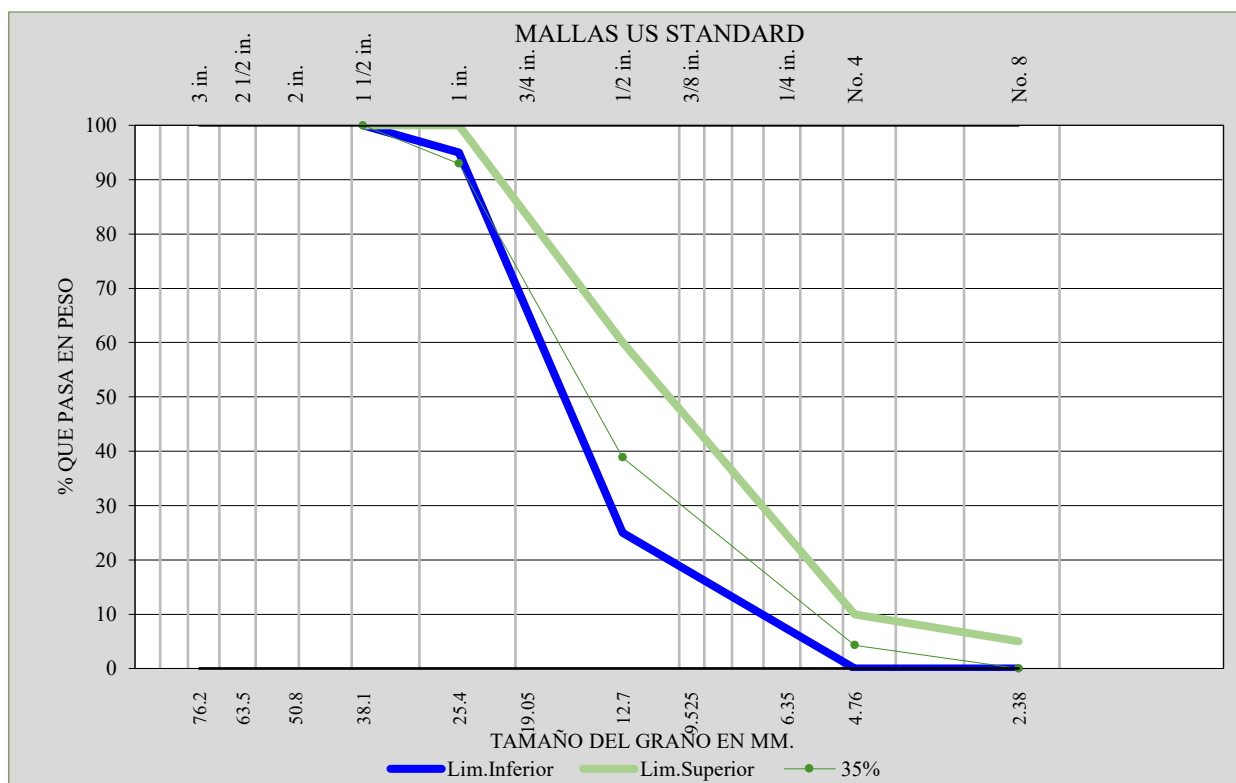
Nota. Se muestra las curvas granulométricas para el agregado grueso en su primer caso, con reemplazo de 25%, de AGCR proveniente de la demolición de veredas de la Victoria en Chiclayo.

La figura 7 presenta la curva granulométrica del agregado grueso con reemplazo de AGCR al 25%, comparada con los límites del Huso 57 de la Norma Técnica Peruana 400.037 (ASTM C33). La curva se ubica dentro de la banda granulométrica, evidenciando el cumplimiento normativo, aunque mostrando una tendencia cercana al límite inferior entre los tamices de 1 1/2" a 1". Se observa que el tamaño predominante se concentra entre los tamices de 1" y 1/2", y un bajo contenido de finos al llegar al tamiz No.4.

A continuación, se presenta la curva granulométrica del agregado grueso al 35% de reemplazo de AGCR, verificando que se encuentre dentro del huso granulométrico 57.

Figura 8

Curva granulométrica al 35% de sustitución de AGC por AGCR



Nota. Se muestra las curvas granulométricas para el agregado grueso en su primer caso, con reemplazo de 35%, de AGCR proveniente de la demolición de veredas de la Victoria en Chiclayo.

La figura 8 presenta la curva granulométrica del agregado grueso con reemplazo de AGCR al 35%, comparada con los límites del Huso 57 de la Norma Técnica Peruana 400.037 (ASTM C33). La curva se ubica dentro de la banda granulométrica, evidenciando el cumplimiento normativo, aunque mostrando una ligera desviación del límite inferior entre los tamices de 1 1/2" a 1". No obstante, a partir de la malla 3/4" el material se encuentra dentro del Huso 57. Se observa que el tamaño predominante se concentra entre los tamices de 3/4" y 1/2", y un bajo contenido de finos al llegar al tamiz No.4.

Se presenta el resumen de las propiedades físicas del agregado grueso con los diferentes reemplazos de AGCR de 0%, 15%, 25% y 35% decreciente conforme aumenta la proporción de material reciclado en la mezcla.

Tabla 19*Resumen de los Datos Obtenidos de los Ensayos del Agregado Grueso*

Porcentajes de reemplazo de agregado grueso reciclado	Contenido de Humedad	% de absorción	Peso Unitario Compactado Seco (kg/m³)	Peso Unitario Suelto Seco (kg/m³)	Peso Específico (g/cm³)
0%	0.35	1.1	1519	1424	2.600
15%	0.39	1.81	1502	1415	2.498
25%	0.4	2.05	1471	1406	2.365
35%	0.43	2.23	1447	1395	2.256

Nota. En la presente tabla se exponen los parámetros de caracterización física del AGCR en sus distintas dosificaciones, detallando el comportamiento de la humedad, absorción, pesos unitarios secos (tanto en estado suelto como compactado) y el peso específico.

En la Tabla 19, los resultados revelan que conforme aumenta el reemplazo de AGCR, el contenido de humedad sube de 0.35 a 0.43 y el porcentaje de absorción aumenta de 1.1 a 2.23. En cambio, las demás propiedades bajan: el peso unitario compactado seco disminuye de 1519 a 1447, el peso unitario suelto seco cae de 1424 a 1395, y el peso específico se reduce de 2.600 a 2.256.

Caracterización del agregado fino

La caracterización del agregado fino consistió en evaluar sus propiedades físicas y su distribución de tamaños mediante el ensayo de tamizado. Esto permitió verificar si la arena es apta para elaborar concreto, asegurando que cumpla con los límites granulométricos exigidos por la normativa. Los resultados obtenidos para la muestra en estudio se detallan a continuación:

Tabla 20

Porcentaje de Pasantes obtenidos del Ensayo de Granulometría del Agregado Fino

N° Tamiz	Porcentaje acumulado pasante (%)	Límites NTP 400.037 / ASTM C33
1/2"	100	
3/8"	100	100
N°4	96.9	95-100
N°8	83.4	80-100
N°16	70	50-85
N°30	43.1	25-60
N°50	22.1	10-30
N°100	8	2-10
N°200		0-5
Platillo	0	
Módulo de fineza	2.77	

Nota. El Agregado Fino proviene de la cantera Arena Bonita

De acuerdo a la tabla 20, se presentan los datos de los porcentajes acumulados pasantes, que se obtuvieron del ensayo de granulometría del agregado fino, el cual procedió de la cantera Arena Bonita. Al comparar estos porcentajes con los rangos admisibles por la Norma Técnica Peruana 400.037, se observa que, en el tamiz N° 4, el porcentaje pasante (96.9%) cumple con el valor mínimo requerido (95%). Asimismo, en los demás tamices evaluados, los valores se mantienen dentro de los rangos permisibles.

Además, el módulo de fineza calculado es 2.77, el cual se encuentra dentro del rango especificado por la norma mencionada anteriormente, entre 2.3 y 3.1, indicando que el agregado presenta una granulometría adecuada para su uso en concreto.

Tabla 21

Contenido de Humedad, Porcentaje de Absorción, Peso Unitario Compactado Seco, Peso Unitario Suelto Seco, Peso Específico del Agregado Fino

Contenido de Humedad (%)	% de absorción	Peso Unitario Compactado Seco (kg/m³)	Peso Unitario Suelto Seco (kg/m³)	Peso Específico (g/cm³)
1.96	1.22	1738	1583	2.681

Nota. Valores de diferentes ensayos para el agregado fino obtenidos en el laboratorio de suelos.

Se muestra en la tabla 21 los resultados obtenidos para los ensayos realizados al agregado fino para contenido de humedad, porcentaje de absorción, peso unitario compactado seco, peso unitario suelto seco y peso específico del agregado fino.

3.4 Diseño de mezcla de los adoquines de concreto tipo I

Se muestra la tabla 22, la cual presenta las cuatro dosificaciones de la mezcla de concreto, proporcionado la cantidad de los materiales de las mezclas de concreto respectivas. El objetivo de estas dosificaciones es alcanzar una resistencia a la compresión de $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, correspondiente a adoquines Tipo I. Para este análisis, se consideró una mezcla patrón y que el AGC se sustituyó por AGCR, en cuatro proporciones de 0%, 15%, 25% y 35%, el TMN del agregado grueso de 3/8" y asentamiento de 3".

Tabla 22

Dosificación para los 4 casos de sustitución

Porcentaje de AGCR	Tamaño Máx. Nominal	Relación a/c	Asentamiento (Slump)	Proporción en volumen (Cem / A. Fino / A. Grueso / Agua)
0 % (Patrón)	3/8"	0.421	3"	1 / 1.48 / 1.38 / 17.88
15 %	3/8"	0.430	3"	1 / 1.40 / 1.37 / 18.27
25 %	3/8"	0.433	3"	1 / 1.36 / 1.35 / 18.39
35 %	3/8"	0.435	3"	1 / 1.31 / 1.34 / 18.47

Nota. La dosificación en volumen del adoquín tipo I en diferentes reemplazos.

A partir de los datos de la Tabla 22 se evidencia que la incorporación de AGCR modifica la proporcionalidad volumétrica del diseño de mezcla. Se observa una tendencia decreciente en las proporciones tanto del agregado fino (que desciende de 1.48 a 1.31) como del agregado grueso (de 1.38 a 1.34) en la medida en que se eleva la proporción de sustitución. Mientras que, la relación a/c se mantuvo entre 0.42 y 0.43, un asentamiento de 3" y un factor de agua de 17.88 hasta 18.47.

3.5 Variación dimensional de los adoquines de concreto tipo I

Según se observa la Tabla 23, los datos obtenidos en el ensayo de variación dimensional para los adoquines de concreto Tipo I a los 28 días de curado. Este análisis evalúa el impacto que genera el reemplazo del AGCR en las tres dimensiones en las unidades, en comparación con la muestra patrón (0% de reemplazo).

Tabla 23

Resultados del ensayo de variación dimensional del adoquín

Descripción del Adoquín (Reemplazo)	Variación Longitud Promedio (mm)	Variación Ancho Promedio (mm)	Variación Altura/Espesor Promedio (mm)
Adoquín Patrón (0% AGCR)	0.17	0.16	0.28
Adoquín + 15% AGCR	0.78	0.72	1.41
Adoquín + 25% AGCR	1.22	1.16	2.03
Adoquín + 35% AGCR	1.34	1.27	2.04

Nota. Los valores representan el promedio aritmético obtenido a partir de tres muestras individuales por cada categoría ensayada.

Como muestra la Tabla 23, la variación en las tres medidas del adoquín aumenta conforme es mayor el porcentaje de reemplazo de AGCR. En la longitud, la variación promedio sube de 0.17 mm en el adoquín patrón a 1.34 mm en la muestra con 35% de AGCR. En el ancho, los valores suben de 0.16 mm a 1.27 mm. Finalmente, la variación en la altura/espesor promedio pasa de un mínimo de 0.28 mm en la muestra al 0% hasta un máximo de 2.04 mm en el nivel de sustitución del 35%. Cumpliendo todos los valores promedios de variación dimensional en las tres dimensiones, según la normativa NTP

399.611.

3.6 Absorción de los adoquines de concreto tipo I

A continuación, en la Tabla 24, se presenta los valores obtenidos en los ensayos de absorción de agua realizados a adoquines de concreto con la incorporación de diferentes porcentajes de AGCR. Los datos reflejan el comportamiento promedio de tres muestras (M-01, M-02 y M-03) evaluadas por cada tipo de mezcla bajo las mismas condiciones de laboratorio.

Tabla 24

Resumen de Porcentaje de Absorción Promedio según el Tipo de Mezcla con AGCR

Descripción de la Mezcla	M-01 (%)	M-02 (%)	M-03 (%)	Absorción Promedio (%)
Adoquín + 0% AGCR (Patrón)	4.56	4.53	4.54	4.54
Adoquín + 15% AGCR	4.69	4.68	4.66	4.68
Adoquín + 25% AGCR	5.22	5.21	5.24	5.22
Adoquín + 35% AGCR	5.26	5.29	5.30	5.29

Nota. Absorciones para cada caso de sustitución de AGCR

Conforme a la tabla 24, se visualiza que el incremento del AGCR genera un aumento en la absorción de agua desde un 4.54% (patrón) hasta un 5.29% (35% AGR). Según se aprecia en la Tabla 24, todas las mezclas evaluadas cumplen los requisitos exigidos por la NTP 399.611 para adoquines de concreto Tipo I de uso peatonal. Se resalta que el promedio más crítico (5.29%) no supera el límite máximo permitido del 6% para el promedio de tres unidades, y ninguna de las muestras individuales consignadas en los ensayos sobrepasa el umbral restrictivo del 7.5%.

3.7 Resistencia a la compresión de los adoquines tipo I

Para el ensayo de resistencia a la compresión de los adoquines Tipo I, se evaluaron un total de 36 adoquines a las edades de 7, 14 y 28 días de curado. Las evaluaciones incluyeron a la muestra al 0% de reemplazo y a las muestras con reemplazo de agregado

grueso por AGCR en porcentajes de 15%, 25% y 35%, utilizando 3 muestras por cada día de rotura.

Tabla 25

Tabla resumen que muestra las diferentes resistencias a la compresión (f'_c) de adoquines de concreto Tipo I a 0%, 15%, 25% y 35% de reemplazo de AGC por AGCR

Tipo de Adoquín	Días	Carga de Resistencia a la Compresión
Patrón	7 días	330.90 kg / cm ²
Patrón	7 días	286.32 kg / cm ²
Patrón	7 días	304.80 kg / cm ²
Patrón	14 días	388.36 kg / cm ²
Patrón	14 días	397.56 kg / cm ²
Patrón	14 días	376.86 kg / cm ²
Patrón	28 días	485.96 kg / cm ²
Patrón	28 días	454.24 kg / cm ²
Patrón	28 días	468.36 kg / cm ²
15% de AGCR	7 días	290.89 kg/cm ²
15% de AGCR	7 días	283.27 kg/cm ²
15% de AGCR	7 días	280.63 kg/cm ²
15% de AGCR	14 días	368.25 kg/cm ²
15% de AGCR	14 días	351.08 kg/cm ²
15% de AGCR	14 días	373.93 kg/cm ²
15% de AGCR	28 días	411.03 kg/cm ²
15% de AGCR	28 días	458.14 kg/cm ²
15% de AGCR	28 días	448.40 kg/cm ²
25% de AGCR	7 días	266.15 kg/cm ²
25% de AGCR	7 días	285.72 kg/cm ²
25% de AGCR	7 días	265.48 kg/cm ²
25% de AGCR	14 días	323.85 kg/cm ²
25% de AGCR	14 días	366.87 kg/cm ²
25% de AGCR	14 días	349.71 kg/cm ²
25% de AGCR	28 días	391.72 kg/cm ²
25% de AGCR	28 días	428.23 kg/cm ²
25% de AGCR	28 días	443.02 kg/cm ²
35% de AGCR	7 días	246.08 kg/cm ²
35% de AGCR	7 días	234.20 kg/cm ²
35% de AGCR	7 días	249.98 kg/cm ²
35% de AGCR	14 días	317.49 kg/cm ²
35% de AGCR	14 días	309.63 kg/cm ²
35% de AGCR	14 días	321.36 kg/cm ²
35% de AGCR	28 días	380.08 kg/cm ²
35% de AGCR	28 días	395.62 kg/cm ²
35% de AGCR	28 días	377.05 kg/cm ²

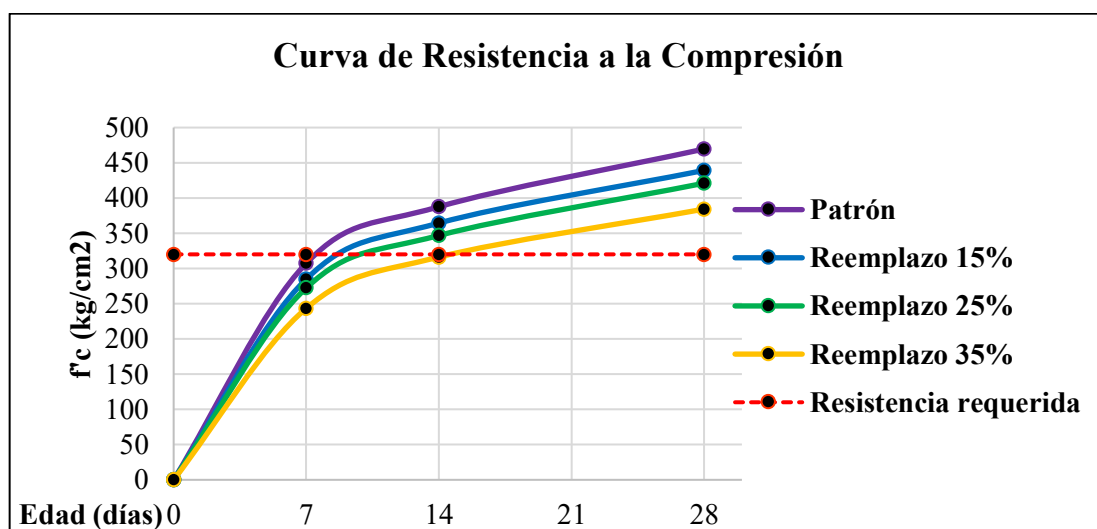
Nota. Los valores de la columna promedio representan la media aritmética obtenida a partir de tres muestras individuales ensayadas para cada edad y porcentaje de reemplazo.

Según se aprecia en la Tabla 25 el reemplazo por AGCR reduce el f'_c en todas las edades de ensayo. A los 7 días, las muestras individuales del adoquín patrón varían entre 286.32 y 330.90 kg/cm^2 , mientras que con el 35% de AGCR bajan a valores entre 234.20 y 249.98 kg/cm^2 . Siendo que al cumplir los 14 días, los resultados individuales van de 376.86 a 397.56 kg/cm^2 en el patrón, y disminuyen a rangos de 309.63 a 321.36 kg/cm^2 en el nivel del 35%. A los 28 días de curado, las resistencias individuales del grupo patrón se ubican entre 454.24 y 485.96 kg/cm^2 , y con el 35% de reemplazo se reducen a valores entre 380.08 y 395.62 kg/cm^2 . A pesar de esta baja, todas las mezclas y cada una de sus muestras individuales evaluadas a los 28 días superan el requisito mínimo de 320 kg/cm^2 exigido por la NTP 399.611 para adoquines de concreto tipo I, demostrando que ninguna unidad se ubica por debajo del umbral establecido por la norma.

De la Figura 9 presentada, se brindan las curvas de resistencias a la compresión por cada uno de los porcentajes de reemplazo evaluados en comparación con lo exigido por la normativa:

Figura 9

Curvas de Resistencia a la Compresión a diferentes reemplazos de AGC por AGCR



Nota. La resistencia a la compresión se evaluó en los periodos que indica la normativa.

En la Figura 9, se observa la evolución de las curvas de f'_c a los diferentes días de

curado para los diferentes porcentajes de reemplazo de AGCR. Se muestra que todas las mezclas evaluadas lograron superar el $f'c$ de 320 kg/cm^2 al cumplir los 28 días de curado. Asimismo, se evidencia que, a mayor porcentaje de reemplazo de AGCR, la curva de resistencia tiende a ubicarse por debajo de la muestra patrón, registrando la dosificación del 35% el comportamiento más bajo durante todo el periodo de evaluación.

Se presenta, a continuación, la Tabla 25, presenta la resistencia promedio a la compresión de adoquines de concreto tipo I en reemplazo parcial del AGC por AGCR en 15%, 25% y 35%; analizada a los 7,14 y 28 días de curado.

Tabla 26

$f'c$ promedio a los 7,14 y 28 días en los diferentes reemplazos de AGC por AGCR.

Porcentaje de reemplazo en el diseño de la mezcla	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
0 % de AGCR	307.34	387.59	469.52
15 % de AGCR	284.93	364.42	439.19
25 % de AGCR	272.45	346.81	420.99
35% de AGCR	243.42	316.16	384.25

Nota. La resistencia a la compresión se evaluó en los periodos que indica la normativa.

El análisis de la Tabla 26 demuestra que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de AGCR, disminuye la resistencia a la compresión, comportamiento que se aprecia en las tres edades de curado (7, 14 y 28 días). A los 7 días de curado, la mezcla patrón inicia con 307.34 kg/cm^2 y desciende hasta 243.42 kg/cm^2 en la dosificación con 35% de reemplazo. Esta misma tendencia a la baja se mantiene a los 14 días, donde los valores disminuyen de 387.59 kg/cm^2 a 316.16 kg/cm^2 . Finalmente, a los 28 días, la resistencia promedio del diseño patrón alcanza los 469.52 kg/cm^2 , mientras que los niveles de sustitución de 15%, 25% y 35% registran valores de 439.19 kg/cm^2 , 420.99 kg/cm^2 y 384.25 kg/cm^2 , respectivamente. A los 28 días, la mezcla patrón (0%) registra el valor óptimo con 469.52 kg/cm^2 .

3.8 Resistencia a la abrasión o desgaste de los adoquines de concreto tipo I

Este ensayo determina la capacidad de la superficie del adoquín para resistir el desgaste causado por el tránsito peatonal. Siguiendo las exigencias de la norma peruana NTP 399.611, se evaluó un mínimo de tres especímenes por cada porcentaje de reemplazo a los 28 días de curado. La prueba se realizó mediante el método del cortador giratorio bajo la normativa ASTM C944, midiendo la pérdida de masa (en gramos) provocada por el desgaste mecánico. Los resultados obtenidos para las mezclas con 0%, 15%, 25% y 35% de AGCR se presentan en el siguiente gráfico y tabla:

Tabla 27

Datos obtenidos del ensayo Resistencia a la abrasión de adoquines bajo la normativa ASTM C944

Porcentaje de Reemplazo	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de Masa (g)	Pérdida de Masa (%)	Pérdida Promedio (%)
0% (Patrón)	2985.4	2983.95	1.45	0.05%	0.05%
	2992.1	2990.62	1.48	0.05%	
	2978.6	2977.09	1.51	0.05%	
15% de AGCR	2920.5	2918.4	2.1	0.07%	0.07%
	2935.2	2933.05	2.15	0.07%	
	2912.8	2910.6	2.2	0.08%	
25% de AGCR	2865.3	2862.45	2.85	0.10%	0.10%
	2872.4	2869.48	2.92	0.10%	
	2858.9	2855.94	2.96	0.10%	
35% de AGCR	2818.6	2815	3.6	0.13%	0.13%
	2824.2	2820.52	3.68	0.13%	
	2810.5	2806.86	3.64	0.13%	

Nota. El porcentaje de pérdida de masa se calculó mediante la relación (Pérdida de Masa / Masa Inicial) x 100 para cada espécimen.

Se verifica en la Tabla 27, que el aumento en el porcentaje de reemplazo de AGCR genera un incremento en el desgaste por abrasión de los adoquines. La pérdida promedio de masa crece desde un 0.050% en la muestra patrón (0% de reemplazo) hasta alcanzar un máximo de 0.129% en la dosificación con 35% de AGCR. Este mismo comportamiento al alza se refleja en las muestras individuales, donde la pérdida de masa en gramos sube de un

rango de 1.45 g - 1.51 g en el grupo patrón, a valores situados entre 3.60 g y 3.68 g para el nivel de sustitución más alto. A pesar del incremento en el desgaste provocado por el AGCR, todas demuestran una alta resistencia al desgaste, manteniendo pérdidas porcentuales mínimas en todos sus componentes.

3.9 Análisis estadístico de los resultados

Resistencia a la Compresión

Se constata en la tabla 28, la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, aplicada a los datos obtenidos del ensayo de la resistencia a la compresión en los adoquines de concreto tipo I, en los cuatro porcentajes de sustitución de AGC por AGCR siendo ensayados a los 7, 14 y 28 días. En todos los casos, los valores de significancia son mayores que 0.05, lo cual indica que la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto presenta una distribución normal, al margen del porcentaje de sustitución de AGCR o la edad de curado.

Tabla 28

Prueba de Shapiro Wilk aplicado a los valores de f'_c de los adoquines de concreto tipo I

Resistencia a la compresión de adoquines de concreto		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
f'_c a 7 días	Adoquín de concreto tipo I con 0% de AGCR	0.990	3	0.812
	Adoquín de concreto tipo I con 15% de AGCR	0.927	3	0.478
	Adoquín de concreto tipo I con 25% de AGCR	0.775	3	0.056
	Adoquín de concreto tipo I con 35% de AGCR	0.921	3	0.457
f'_c a 14 días	Adoquín de concreto tipo I con 0% de AGCR	0.996	3	0.878
	Adoquín de concreto tipo I con 15% de AGCR	0.922	3	0.460
	Adoquín de concreto tipo I con 25% de AGCR	0.987	3	0.778
	Adoquín de concreto tipo I con 35% de AGCR	0.968	3	0.658
f'_c a 28 días	Adoquín de concreto tipo I con 0% de AGCR	0.996	3	0.879
	Adoquín de concreto tipo I con 15% de AGCR	0.897	3	0.376
	Adoquín elaborado con 25% de AGCR	0.944	3	0.542
	Adoquín elaborado con 35% de AGCR	0.869	3	0.292

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

La tabla 29 brinda los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas, prueba de Levene, que se basó en la media de los datos obtenidos para el $f'c$ de los adoquines de concreto elaborados con 0%, 15%, 25% y 35% de sustitución de AGC por AGCR y ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días. Los datos obtenidos de esta prueba muestran que la significancia en todos los casos es mayor a 0.05; en consecuencia, se asume que no es factible descartar la hipótesis nula de la igualdad de varianzas, a su vez indica que, para los tres casos, existe homogeneidad de varianzas entre los grupos.

Tabla 29

Resultados del $f'c$ de los adoquines de concreto tipo I correspondientes a la Prueba de Levene basado en la media

Resistencia a la compresión de adoquines de concreto	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
$f'c$ a 7 días	1.925	3	8	0.204
$f'c$ a 14 días	1.020	3	8	0.433
$f'c$ a 28 días	1.374	3	8	0.319

Nota. Resultados del software IBM SPSS Statistics

En la tabla 30 se muestran los resultados de la prueba ANOVA de un factor para el análisis de varianza, con el propósito de analizar si existen diferencias significativas entre los grupos conformados por los valores de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto, elaborados con 0%, 15%, 25% y 35% de sustitución de AGCR por AGC. Anteriormente se ejecutaron las pruebas de distribución normal y homogeneidad de varianzas para verificar su cumplimiento y aplicación de esta prueba.

Tabla 30

Prueba ANOVA de un factor para los valores de resistencia a la compresión de adoquines de concreto

Resistencia a la compresión de adoquines de concreto		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la compresión a 7 días	Entre grupos	6395.144	3	2131.715	11.684	0.003
	Dentro de grupos	1459.614	8	182.452		
	Total	7854.758	11			
Resistencia a la compresión a 14 días	Entre grupos	7434.459	3	2478.153	12.384	0.002
	Dentro de grupos	1600.883	8	200.110		
	Total	9035.341	11			
Resistencia a la compresión a 28 días	Entre grupos	11434.135	3	3811.378	9.143	0.006
	Dentro de grupos	3334.987	8	416.873		
	Total	14769.122	11			

Nota. Resultados del software IBM SPSS Statistics

La tabla 30 muestra los valores de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto tipo I a las diferentes edades y tienen una significancia menor a 0.05, con lo cual se concluye que entre los grupos hay diferencias estadísticamente significativas.

En la Tabla 31, se muestran los resultados obtenidos por la prueba de Tukey para los valores de la resistencia a la compresión de los adoquines a los 7 días.

Tabla 31

Resultados de la Prueba de Tukey para los valores de $f'c$ de adoquines de concreto tipo I a los 7 días

Resistencia a la compresión de adoquines de concreto a los 7 días		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Adoquín con 0% de AGCR	Adoquín con 15% de AGCR	22.41000	11.02880	0.253	-12.9081	57.7281
	Adoquín con 25% de AGCR	34.89000	11.02880	0.053	-0.4281	70.2081
	Adoquín con 35% de AGCR	63.92000*	11.02880	0.002	28.6019	99.2381
Adoquín con 15% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-22.41000	11.02880	0.253	-57.7281	12.9081
	Adoquín con 25% de AGCR	12.48000	11.02880	0.682	-22.8381	47.7981
	Adoquín con 35% de AGCR	41.51000*	11.02880	0.023	6.1919	76.8281
Adoquín con 25% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-34.89000	11.02880	0.053	-70.2081	0.4281
	Adoquín con 15% de AGCR	-12.48000	11.02880	0.682	-47.7981	22.8381
	Adoquín con 35% de AGCR	29.03000	11.02880	0.112	-6.2881	64.3481
Adoquín con 35% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-63.92000*	11.02880	0.002	-99.2381	-28.6019
	Adoquín con 15% de AGCR	-41.51000*	11.02880	0.023	-76.8281	-6.1919
	Adoquín con 25% de AGCR	-29.03000	11.02880	0.112	-64.3481	6.2881

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

Los valores de Tabla 31, se comparan las diferencias significativas entre los valores de $f'c$ de los adoquines de concreto tipo I que fueron hechos con 0% y 35% de sustitución de AGCR por AGC a los 7 días. Evidenciándose una significancia de 0.002, la cual es menor a 0.05 y además se puede notar la diferencia de medias en 63.920; lo cual nos indica que los adoquines con 35% de AGCR resultaron con menor valor de $f'c$.

También se evidencia que entre los valores de resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I elaborados con 15% y 35% de sustitución de AGCR por AGC, existe una significancia de 0.023, la cual es menor a 0.05 y además notándose que existe una diferencia de medias de 41.510; lo cual nos muestra la disminución del $f'c$ del

adoquín cuando se elaboraron con una sustitución de 35% de AGCR.

La Tabla 32, presenta lo obtenido en la prueba de Tukey para los valores de $f'c$ para los adoquines de concreto tipo I a 14 días.

Tabla 32

Prueba de Tukey para los valores de $f'c$ de adoquines de concreto a los 14 días

Resistencia a la compresión de adoquines de concreto a los 14 días		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Adoquín con 0% de AGCR	Adoquín con 15% de AGCR	23.17333	11.55019	0.262	-13.8144	60.1611
	Adoquín con 25% de AGCR	40.78333*	11.55019	0.032	3.7956	77.7711
	Adoquín con 35% de AGCR	68.10000*	11.55019	0.002	31.1122	105.0878
Adoquín con 15% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-23.17333	11.55019	0.262	-60.1611	13.8144
	Adoquín con 25% de AGCR	17.61000	11.55019	0.467	-19.3778	54.5978
	Adoquín con 35% de AGCR	44.92667*	11.55019	0.019	7.9389	81.9144
Adoquín con 25% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-40.78333*	11.55019	0.032	-77.7711	-3.7956
	Adoquín con 15% de AGCR	-17.61000	11.55019	0.467	-54.5978	19.3778
	Adoquín con 35% de AGCR	27.31667	11.55019	0.162	-9.6711	64.3044
Adoquín con 35% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-68.10000*	11.55019	0.002	-105.0878	-31.1122
	Adoquín con 15% de AGCR	-44.92667*	11.55019	0.019	-81.9144	-7.9389
	Adoquín con 25% de AGCR	-27.31667	11.55019	0.162	-64.3044	9.6711

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

La Tabla 32, se comparan las diferencias significativas entre los valores de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto tipo I con sustituciones de 0% y 35% de AGC por AGCR a los 14 días. Evidenciándose una significancia de 0.002, la cual es menor a 0.05 y además se puede notar la diferencia de medias en 68.100; lo cual nos indica que los adoquines con 35% de AGCR resultaron con menor valor de $f'c$.

Además, entre los $f'c$ de los adoquines de concreto tipo I a 15% y 35% de sustitución de AGC por AGCR, existe una significancia de 0.019, la cual es menor a 0.05 y

notándose que existe una diferencia de medias de 44.927; se evidencia la disminución de la resistencia a la compresión del adoquín cuando se elaboraron con una sustitución de 35% de AGCR. Se presentan los valores obtenidos de la prueba de Tukey para la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto tipo I a 28 días de curado en la Tabla 33.

Tabla 33

Prueba de Tukey para los valores de f'_c de adoquines de concreto a los 28 días

Resistencia a la compresión de adoquines de concreto a los 28 días		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Adoquín con 0% de AGCR	Adoquín con 15% de AGCR	30.33000	16.67080	0.332	-23.0558	83.7158
	Adoquín con 25% de AGCR	48.53000	16.67080	0.075	-4.8558	101.9158
	Adoquín con 35% de AGCR	85.27000*	16.67080	0.004	31.8842	138.6558
Adoquín con 15% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-30.33000	16.67080	0.332	-83.7158	23.0558
	Adoquín con 25% de AGCR	18.20000	16.67080	0.704	-35.1858	71.5858
	Adoquín con 35% de AGCR	54.94000*	16.67080	0.044	1.5542	108.3258
Adoquín con 25% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-48.53000	16.67080	0.075	-101.9158	4.8558
	Adoquín con 15% de AGCR	-18.20000	16.67080	0.704	-71.5858	35.1858
	Adoquín con 35% de AGCR	36.74000	16.67080	0.202	-16.6458	90.1258
Adoquín con 35% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	-85.27000*	16.67080	0.004	-138.6558	-31.8842
	Adoquín con 15% de AGCR	-54.94000*	16.67080	0.044	-108.3258	-1.5542
	Adoquín con 25% de AGCR	-36.74000	16.67080	0.202	-90.1258	16.6458

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

Según los datos presentado en la Tabla 33, se comparan las diferencias significativas entre los valores de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto que fueron elaborados con 0% y 35% de sustitución de AGC por AGCR a los 28 días. Evidenciándose una significancia de 0.004, la cual es menor a 0.05 y además se puede notar la diferencia de medias en 85.270; lo cual nos indica que los adoquines con 35% de AGCR resultaron con menor valor de f'_c .

Por otra parte, entre los valores de $f'c$ de concreto tipo I a 15% y 35% de sustitución de AGC por AGCR existe una significancia de 0.044, la cual es menor a 0.05 y además notándose que existe una diferencia de medias de 54.940; lo cual nos muestra la disminución del $f'c$ del adoquín de concreto tipo I cuando se elaboraron con una sustitución de 35% de AGCR.

Resistencia a la abrasión

Los datos obtenidos de la tabla 34 con respecto a la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, la cual fue aplicada a los valores de abrasión de los adoquines de concreto, con los porcentajes de 0%, 15%, 25% y 35% de sustitución de AGC por AGCR y ensayados a los 28 días. En todos los casos, los valores de significancia obtenidos por esta prueba son mayores que 0.05, lo cual indica que siguen una distribución normal, al margen del porcentaje de sustitución de AGCR.

Tabla 34

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk aplicado a los valores de abrasión de los adoquines de concreto

Resistencia a la abrasión de adoquines de concreto		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la abrasión del adoquín a los 28 días	Adoquín con 0% de AGCR	1.000	3	1.000
	Adoquín con 15% de AGCR	1.000	3	1.000
	Adoquín con 25% de AGCR	0.976	3	0.702
	Adoquín con 35% de AGCR	1.000	3	1.000

Nota. Valores dados del software IBM SPSS Statistics

Los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas presentados en la tabla 34, se basó en la media de los datos obtenidos para la abrasión de los adoquines de concreto tipo I elaborados con distintos porcentajes de sustitución de AGC por AGCR y ensayados a los 28 días. Los resultados de esta prueba muestran que la significancia para la abrasión a los 28 días es mayor a 0.05 para los diferentes porcentajes de sustitución; por lo

tanto, indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de la igualdad de varianzas, a su vez indica que, para los tres casos, existe homogeneidad de varianzas entre los grupos.

Tabla 35

Prueba de homogeneidad de varianza, a los valores obtenidos de abrasión de adoquines de concreto basado en la media

Resistencia a la abrasión de adoquines de concreto	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
	0.376	3	8	0.773
Resistencia a la abrasión del adoquín a los 28 días	0.226	3	8	0.876
	0.226	3	6.494	0.875
	0.366	3	8	0.780

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

Según la tabla 36, se realizó la prueba ANOVA de un factor para el análisis de varianza, con la finalidad de analizar si existen diferencias significativas entre los grupos compuestos por los valores de abrasión de los adoquines de concreto tipo I, entre los grupos de sustitución de AGC por AGCR que son 0%, 15%, 25% y 35%. Anteriormente se ejecutaron las pruebas de distribución normal y homogeneidad de varianzas para corroborar su conformidad y empleo de esta prueba.

Tabla 36

Prueba ANOVA de un factor para los valores de abrasión de adoquines de concreto

Resistencia a la abrasión del adoquín a los 28 días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7.868	3	2.623	1295.062	<0.001
Dentro de grupos	0.016	8	0.002		
Total	7.884	11			

Nota. Datos brindados por el software IBM SPSS Statistics

En la Tabla 36 se puede ver que los resultados de abrasión en los adoquines a los 28 días tienen un valor de significancia menor a 0.05. Este dato confirma que hay diferencias reales y demostrables entre los grupos evaluados. Este comportamiento

demuestra que, al incrementar la cantidad de AGCR en reemplazo del AGC, la pérdida de masa por el desgaste aumenta de forma notoria.

Al revisar la Tabla 37, se pueden apreciar las comparaciones de la prueba de Tukey respecto a la pérdida por abrasión a los 28 días de edad.

Tabla 37

Prueba de Tukey para los valores de abrasión de adoquines de concreto a veintiocho días

Abrasión de adoquines de concreto a los 28 días		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Adoquín con 0% de AGCR	Adoquín con 15% de AGCR	-.67000*	0.03674	<0.001	-0.7877	-0.5523
	Adoquín con 25% de AGCR	-1.43000*	0.03674	<0.001	-1.5477	-1.3123
	Adoquín con 35% de AGCR	-2.16000*	0.03674	<0.001	-2.2777	-2.0423
Adoquín con 15% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	.67000*	0.03674	<0.001	0.5523	0.7877
	Adoquín con 25% de AGCR	-.76000*	0.03674	<0.001	-0.8777	-0.6423
	Adoquín con 35% de AGCR	-1.49000*	0.03674	<0.001	-1.6077	-1.3723
Adoquín con 25% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	1.43000*	0.03674	<0.001	1.3123	1.5477
	Adoquín con 15% de AGCR	.76000*	0.03674	<0.001	0.6423	0.8777
	Adoquín con 35% de AGCR	-.73000*	0.03674	<0.001	-0.8477	-0.6123
Adoquín con 35% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	2.16000*	0.03674	<0.001	2.0423	2.2777
	Adoquín con 15% de AGCR	1.49000*	0.03674	<0.001	1.3723	1.6077
	Adoquín con 25% de AGCR	.73000*	0.03674	<0.001	0.6123	0.8477

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

Según los resultados consolidados en la Tabla 37, la comparación entre el grupo patrón (0%) y la mezcla con 35% de sustitución muestra un cambio notorio a los 28 días. Dado que la significancia obtenida es menor a 0.001 y la diferencia de medias es de 2.160, se concluye que la adición del 35% de AGCR provocó un incremento en la pérdida de masa de los bloques de concreto ante el ensayo de abrasión.

Por otra parte, se puede notar que entre los valores de abrasión de adoquines de concreto elaborados con 15% y 35% de sustitución de AGC por AGCR, existe una significancia menor a 0.001, la cual es menor a 0.05 y además notándose que existe una diferencia de medias de 1.490; lo cual nos muestra que el adoquín con sustitución de 35% de AGCR pierde más masa por desgaste.

Asimismo, se aprecia que los adoquines de concreto elaborados con 25% y 35% de sustitución de AGCR presentan una significancia estadística menor a 0.001 (< 0.05), evidenciando diferencias significativas entre sus valores de abrasión. Además, la diferencia de medias obtenida fue de 0.730, indicando que los adoquines con 35% de sustitución de AGCR presentan una mayor pérdida de masa debido al desgaste.

Absorción

Los datos de absorción de los adoquines a los 28 días fueron sometidos a la prueba de Shapiro-Wilk para verificar su comportamiento, tal como se detalla en la Tabla 38. Al obtener valores de significancia mayores a 0.05 en todas las mezclas (0%, 15%, 25% y 35% de sustitución), se demuestra que los resultados siguen una distribución normal de manera independiente al contenido de AGCR empleado.

Tabla 38

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk aplicado a los valores de absorción de los adoquines de concreto

Absorción de los adoquines de concreto		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Absorción de los adoquines a 28 días	Adoquín con 0% de AGCR	0.964	3	0.637
	Adoquín con 15% de AGCR	0.964	3	0.637
	Adoquín con 25% de AGCR	0.964	3	0.637
	Adoquín con 35% de AGCR	0.923	3	0.463

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

La Tabla 39 muestra los resultados de la prueba de Levene, utilizada para evaluar la homogeneidad de varianzas basada en la media de los datos de absorción a los 28 días. En todas las dosificaciones (0%, 15%, 25% y 35% de AGCR), el valor de significancia superó el límite de 0.05. Al no existir evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, se confirma que las varianzas entre los grupos son homogéneas.

Tabla 39

Prueba de homogeneidad de varianza, a los valores obtenidos de la absorción de adoquines de concreto basado en la media

Absorción de adoquines de concreto	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
	0.276	3	8	0.841
Absorción de los adoquines a 28 días	0.063	3	8	0.978
	0.063	3	6.737	0.978
	0.254	3	8	0.857

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

Una vez ejecutadas las pruebas de distribución normal y homogeneidad de varianzas para corroborar su conformidad y utilización de esta prueba. Seguidamente se realizó la prueba ANOVA de un factor para el análisis de varianza, y se evaluó las diferencias significativas entre los grupos conformados por los valores de absorción de los adoquines de concreto tipo I, elaborados con 0%, 15%, 25% y 35% de sustitución de AGC por AGCR tal como se muestra en la tabla 40.

Tabla 40

Prueba ANOVA de un factor para los valores de absorción de adoquines de concreto

Absorción de los adoquines a 28 días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.274	3	0.425	1498.471	<0.001
Dentro de grupos	0.002	8	0.000		
Total	1.276	11			

Nota. Resultados del software IBM SPSS Statistics

La Tabla 40 también muestra que el valor de significancia para la absorción a los 28 días es menor a 0.05. Esto demuestra que sí hay diferencias reales entre los grupos. En concreto, los resultados indican que cuando se aumenta el porcentaje de AGCR, también aumenta la absorción de agua en los adoquines de concreto tipo I.

En la siguiente Tabla 41, se muestran los datos resultantes de la prueba de Tukey para los valores de absorción de los adoquines de concreto tipo I a los 28 días.

Tabla 41

Prueba de Tukey para los valores de absorción de adoquines de concreto a los 28 días

Absorción de adoquines de concreto a los 28 días		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Adoquín con 0% de AGCR	Adoquín con 15% de AGCR	-.13333*	0.01374	<0.001	-0.1773	-0.0893
	Adoquín con 25% de AGCR	-.68000*	0.01374	<0.001	-0.7240	-0.6360
	Adoquín con 35% de AGCR	-.74000*	0.01374	<0.001	-0.7840	-0.6960
Adoquín con 15% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	.13333*	0.01374	<0.001	0.0893	0.1773
	Adoquín con 25% de AGCR	-.54667*	0.01374	<0.001	-0.5907	-0.5027
	Adoquín con 35% de AGCR	-.60667*	0.01374	<0.001	-0.6507	-0.5627
Adoquín con 25% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	.68000*	0.01374	<0.001	0.6360	0.7240
	Adoquín con 15% de AGCR	.54667*	0.01374	<0.001	0.5027	0.5907
	Adoquín con 35% de AGCR	-.06000*	0.01374	0.010	-0.1040	-0.0160
Adoquín con 35% de AGCR	Adoquín con 0% de AGCR	.74000*	0.01374	<0.001	0.6960	0.7840
	Adoquín con 15% de AGCR	.60667*	0.01374	<0.001	0.5627	0.6507
	Adoquín con 25% de AGCR	.06000*	0.01374	0.010	0.0160	0.1040

Nota. Valores obtenidos del software IBM SPSS Statistics

Tal como muestra la Tabla 41, realizan la comparación de las diferencias significativas entre los valores de absorción de los adoquines de concreto tipo I que fueron elaborados con 0% y 35% de sustitución de AGC por AGCR a los 28 días. Evidenciándose una significancia menor a 0.001, la cual es menor a 0.05 y además se puede evidenciar la diferencia de medias en 0.740; lo cual nos indica que los adoquines con 35% de AGCR obtuvieron mayor porcentaje de absorción.

Además, entre los valores de absorción de adoquines de concreto tipo I elaborados con 15% y 35% de reemplazo de AGC por AGCR, existe una significancia menor a 0.001, la cual es menor a 0.05 y además notándose que existe una diferencia de medias de 0.607; lo cual nos muestra que el adoquín con sustitución de 35% de AGCR tiene mayor porcentaje de absorción.

De la misma forma, se observa que los adoquines de concreto tipo I con 25% y 35% de sustitución de AGCR presentan una significancia estadística de 0.010 (< 0.05), indicando que hay diferencias significativas entre sus valores de absorción. Además, la diferencia de medias obtenida fue de 0.060, indicando que los adoquines con 35% de sustitución de AGCR presentan una mayor absorción.

IV. Discusión

Respecto a la caracterización del AGCR, este se obtuvo a partir del concreto proveniente de la demolición de veredas del distrito de La Victoria, Chiclayo, el cual fue sometido a trituración mecánica y posterior clasificación por tamaños para su aprovechamiento como material reciclado. Como resultado de este proceso, a partir de 15 m³ de concreto demolido se obtuvo principalmente piedra chancada de 3/4", con un rendimiento del 30%, seguida de la piedra chancada de 1/2" con un volumen de 3 m³, equivalente al 20% del material procesado. Asimismo, se obtuvo 1.5 m³ de piedra de 1" y 2.5 m³ de piedra de 3/8". Este último volumen resultó suficiente para la elaboración de los 72 adoquines propuestos, evidenciando el potencial de aprovechamiento del material recuperado. Los tamaños de agregado obtenidos coinciden con los reportados por Becerra et al. (2022), quien también obtuvo partículas de 1", 3/4", 1/2", 3/8" y material fino a partir de la trituración de concreto reciclado.

Previamente a la trituración, los bloques de concreto recolectados fueron evaluados mediante el ensayo de esclerometría, registrándose resistencias a la compresión entre 163 kg/cm² y 209 kg/cm². Estos resultados permitieron verificar las condiciones mecánicas del concreto de origen y respaldar su utilización como materia prima para la obtención de AGCR.

Por otro lado, el análisis granulométrico de los cuatro casos evaluados (0%, 15%, 25% y 35% de sustitución de AGCR) se mantuvo dentro de los límites establecidos por el Huso 57 de la NTP 400.037 y ASTM C33. En todos los casos se obtuvo un Tamaño Máximo de 1 1/2" y un Tamaño Máximo Nominal de 1", evidenciando que la incorporación progresiva de AGCR no alteró significativamente la distribución granulométrica, manteniendo una gradación adecuada para su utilización. Adicionalmente, considerando el espesor de 6 cm de los adoquines, se seleccionó el agregado de 3/8" para

el diseño de mezcla, debido a que este tamaño favorece una adecuada distribución y compactación de partículas dentro del elemento.

Asimismo, los resultados evidenciaron que el incremento del porcentaje de AGCR produjo variaciones progresivas en las propiedades físicas del agregado. El contenido de humedad aumentó de 0.35% en el grupo patrón a 0.43% en la mezcla con 35% de sustitución, mientras que la absorción se incrementó de 1.105 a 2.23%. por su parte, presentaron una disminución el peso unitario compactado seco de 1519 kg/m^3 a 1447 kg/m^3 , el peso unitario suelto seco de 1424 kg/m^3 a 1395 kg/m^3 y el peso específico de 2.600 g/cm^3 a 2.256 g/cm^3 . Esta tendencia se debe a la presencia del mortero adherido a las partículas del AGCR, el cual presenta mayor porosidad que el agregado convencional, aumentando la absorción y retención de agua, además de reducir la densidad del material.

A diferencia de los antecedentes revisados, los cuales caracterizaron el AGC y el AGCR de manera independiente, la presente investigación evaluó el comportamiento del AGCR para cada caso propuesto de sustitución, permitiendo determinar de forma más representativa la influencia del material reciclado sobre las propiedades físicas del agregado empleado en la fabricación de adoquines de concreto.

El diseño de mezcla para la elaboración de adoquines tipo I consideró la sustitución del AGC por AGCR en proporciones de 0%, 15%, 25% y 35%, manteniéndose en todos los casos un tamaño máximo nominal de 3/8", lo que permitió conservar la trabajabilidad del concreto. El diseño se realizó mediante la metodología ACI 211.1 para una resistencia de 320 kg/cm^2 , obteniéndose en la mezcla patrón una relación agua/cemento de 0.421, un asentamiento de 3" y una proporción en volumen de 1:1.48:1.38:17.88.

En la dosificación de concreto patrón, los resultados son similares a los obtenidos por Chapia (2022), Agurto (2023) y Carrasco y Delgado (2024), quienes también usaron la metodología ACI 211.1 y reportaron relaciones a/c de 0.426, 0.43 y 0.405 respectivamente;

siendo estos valores cercanos al 0.421 obtenido en este estudio. Asimismo, las dosificaciones en volumen obtenidas por estos autores presentan similitud, pero no igualdad, debido a las características de los agregados utilizados, así como los ajustes por humedad y absorción que se realizan durante el diseño, lo cual cambia la cantidad de agua efectiva en mezcla y las proporciones de los agregados en función de la variación de densidades y pesos unitarios.

Adicionalmente, en los resultados se evidenció un incremento de la relación a/c conforme aumentó el porcentaje de sustitución de AGCR, pasando de 0.421 para 0%, hasta 0.435 para 35%, lo cual responde a la mayor demanda de agua debido a la absorción del material reciclado, manteniéndose el asentamiento en 3", lo que indica una trabajabilidad que puede ser controlada. De manera similar, en las proporciones en volumen se observó una reducción de las proporciones de agregado fino y agregado grueso, pasando de 1.48 a 1.31 en el agregado fino y de 1.38 a 1.34 en el agregado grueso conforme aumentaba la sustitución de AGCR. Respecto al agua se evidenció un incremento, de 17.88 litros en la mezcla patrón a 18.27, 18.39 y 18.47 en los porcentajes de 15%, 25% y 35%. Este comportamiento evidencia la necesidad de ajuste en la dosificación para mantener la trabajabilidad del concreto frente a la incorporación del AGCR.

En el adoquín patrón (0% de reemplazo), los resultados mostraron variaciones de: 0.17 mm en el largo, 0.16 mm en el ancho y 0.28 mm en el espesor. A medida que se aumentó el porcentaje de AGCR, las variaciones también fueron aumentando. Con el 15% de reemplazo se obtuvo 0.78 mm, 0.72 mm y 1.41 mm; en cambio con el 25% de reemplazo se obtuvo 1.22 mm, 1.16 mm y 2.03 mm y con el 35% se alcanzó 1.34 mm, 1.27 mm y 2.04 mm, siendo el espesor la dimensión más afectada en todos los casos. Sin embargo, todos estos valores se mantuvieron por debajo del límite máximo permitido que establece la NTP 399.611, lo que indica que los adoquines fabricados cumplen con los

requisitos normativos de variación dimensional, independientemente del porcentaje de reemplazo utilizado.

Al comparar con otros autores, se observa que Chapia (2022), usando también 15% de reemplazo con AGCR y la misma resistencia de diseño (320 kg/cm^2) pero con dimensiones de sus adoquines de $4 \times 10 \times 20 \text{ cm}$, obtuvo variaciones cercanas de: 0.64 mm en el largo, 0.87 mm en el ancho y 0.98 mm en el espesor. Los resultados en el largo y ancho son similares de la presente investigación, sin embargo, la variación en el espesor es diferente. Por otro lado, Bances y Ruiz (2023), con el mismo diseño de resistencia de 320 kg/cm^2 e iguales dimensiones de adoquín y 15% de reemplazo, pero utilizando agregado grueso y fino reciclado, obtuvieron variaciones menores (0.30 mm, 0.11 mm y 0.15 mm), probablemente porque utilizaron tanto agregado fino como grueso reciclado, lo que puede influir en la homogeneidad de la mezcla. Un aspecto importante a destacar es que el espesor fue consistentemente la dimensión con mayor variación en todos los porcentajes.

Los resultados de absorción de la presente investigación mostraron un incremento progresivo conforme aumentó el porcentaje de reemplazo del promedio de 3 unidades a 28 días: 4.54% en el patrón (0%), 4.68% al 15% y 5.22% al 35%. Este comportamiento era esperado, ya que el AGCR proviene de concreto demolido y presenta una mayor cantidad de mortero adherido en su superficie, lo que le da una textura más porosa y mayor capacidad de absorber agua en comparación con el agregado convencional. A pesar de este incremento, todos los valores de absorción se mantuvieron por debajo del límite máximo del 6%, según la NTP 399.611 para adoquines tipo I.

Comparando con los demás autores, se observa que en el diseño patrón es comparable y cercano con Carrasco y Delgado (2024), ya que obtuvo un porcentaje de absorción de 4.54% siendo próximo al resultado de esta investigación. Por otro lado, Bances y Ruiz, (2023), con 15% de reemplazo, reportaron 4.47%, valor muy similar al -

con 15% de reemplazo, pero con un diseño de resistencia menor (246.07 kg/cm^2), obtuvieron una absorción de 13.26%, valor que supera ampliamente la norma; esto probablemente se debe al menor diseño de resistencia y a diferencias en el proceso de fabricación. Para el 35% de reemplazo, Maguiña (2021), con un diseño de 420 kg/cm^2 , obtuvo 5.51%, valor ligeramente superior al 5.22% de la presente tesis. La diferencia puede explicarse porque un mayor diseño de resistencia implica más cemento en la mezcla, lo que puede reducir la porosidad del adoquín y por ende su absorción. En general, los resultados muestran que el uso de AGCR en porcentajes de hasta 35% produce adoquines con niveles de absorción aceptables, siempre que se mantenga un adecuado diseño de mezcla y un proceso de fabricación controlado.

En la presente investigación se evaluó la resistencia a la compresión de adoquines tipo I con diseño de mezcla de 320 kg/cm^2 y dimensiones de $6 \times 10 \times 20 \text{ cm}$, reemplazando el agregado grueso convencional por AGCR en porcentajes de 0%, 15%, 25% y 35%, ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado. La muestra patrón alcanzó a los 28 días una resistencia de 469.52 kg/cm^2 , superando el mínimo de 320 kg/cm^2 exigido por la norma NTP 399.611 para adoquines tipo I; este resultado es cercano al obtenido por Maguiña (2021), quien con las mismas dimensiones de adoquín ($6 \times 10 \times 20 \text{ cm}$) registró 465 kg/cm^2 en su muestra patrón y con el 15% de reemplazo de AGCR se obtuvo 439.19 kg/cm^2 a los 28 días, resultado que sigue superando la norma y que es similar en tendencia al reportado por Bances y Ruiz (2023), quienes con el mismo diseño de mezcla (320 kg/cm^2), iguales dimensiones ($6 \times 10 \times 20 \text{ cm}$) y tipo peatonal obtuvieron 397.14 kg/cm^2 al mismo porcentaje de reemplazo, confirmando que ambos estudios cumplen la norma con el 15% de AGCR. Con el 35% de reemplazo se alcanzó 384.25 kg/cm^2 , valor que continúa por encima del mínimo normativo; Agurto (2023), con el mismo diseño de mezcla (320 kg/cm^2) y el mismo porcentaje de reemplazo (35%), obtuvo 345.79 kg/cm^2 , cumpliendo igualmente la

norma, siendo ambos resultados comparables en el sentido de que en los dos casos el adoquín es viable técnicamente a ese porcentaje. En todos los porcentajes evaluados (0%, 15%, 25% y 35%) los adoquines superaron la resistencia mínima normativa, y se observó de manera consistente que a mayor porcentaje de sustitución de AGCR, menor es la resistencia obtenida, tendencia que coincide con lo reportado en los estudios mencionados.

En la presente investigación se calculó el porcentaje de abrasión de los adoquines tipo I con diseño de mezcla de 320 kg/cm² y dimensiones de 6x10x20 cm, con porcentajes de reemplazo de AGCR de 0%, 15%, 25% y 35%. Los valores de abrasión obtenidos fueron 0.05% para la muestra patrón, 0.07% con el 15% de AGCR, 0.10% con el 25% y 0.13% con el 35%, observándose que, a mayor porcentaje de reemplazo, mayor es el desgaste por abrasión, lo cual es coherente con la mayor porosidad y menor dureza superficial que presenta el agregado reciclado respecto al agregado convencional. Es importante señalar que el ensayo fue realizado como dato técnico complementario que permite evaluar el comportamiento del adoquín frente al desgaste superficial. Comparando con Chapia (2022), quien con el mismo diseño de mezcla (320 kg/cm²) y mismo tipo de AGCR obtuvo 0.39% en su muestra patrón y 0.42% con el 15% de reemplazo, se aprecia que ambos estudios siguen la misma tendencia de aumento en el desgaste conforme se incrementa el AGCR, siendo los valores obtenidos en la presente investigación menores en ambos porcentajes, diferencia que puede atribuirse al mayor espesor del adoquín empleado (6 cm frente a 4 cm de Chapia), lo que genera una superficie más compacta y resistente al desgaste. Con el 35% de reemplazo, Agurto (2023), con el mismo diseño de mezcla (320 kg/cm²) y mismo tipo de AGCR, registró 0.17% de abrasión al mismo porcentaje, valor cercano al 0.13% obtenido en esta investigación, confirmando que ambos estudios presentan resultados similares en ese porcentaje y siguen la misma tendencia de incremento del desgaste con el aumento del AGCR; la pequeña diferencia entre ambos

puede explicarse nuevamente por el espesor del adoquín, siendo 4 cm el utilizado por Agurto frente a los 6 cm del presente estudio.

Conclusiones

Se obtuvo un volumen utilizable de AGCR, a partir del proceso de trituración de 15 m^3 de concreto proveniente de la demolición de veredas del distrito de la Victoria, Chiclayo, conformado por 5 m^3 de piedra chancada de $3/4"$, 3 m^3 de $1/2"$, 1.5 m^3 de $1"$ y 2.5 m^3 de $3/8"$, evidenciándose un rendimiento adecuado del material reciclado y su potencial aprovechamiento. Se caracterizaron las propiedades físicas del AGCR en los porcentajes de sustitución evaluados (0%, 15%, 25% y 35%), determinándose que el Tamaño Máximo Nominal se mantuvo en $1"$ y el Tamaño Máximo en $1\frac{1}{2}"$ en todos los casos, cumpliendo con el Huso 57 de la NTP 400.037 y la ASTM C33. Asimismo, se evidenció que el incremento del porcentaje de sustitución de AGCR genera un aumento en la absorción y el contenido de humedad, así como una disminución del peso unitario y el peso específico del material, debido al mortero adherido en las partículas del agregado reciclado.

Se dosificó la mezcla para adoquines de concreto tipo I (cemento/ agregado fino/ agregado grueso/agua) para alcanzar una resistencia de diseño de 320 kg/cm^2 , mediante la metodología ACI 211.1, incorporando AGCR en porcentajes de 0%, 15%, 25% y 35%. La relación a/c incrementa ligeramente conforme aumenta el porcentaje de sustitución, debido a la mayor absorción del material reciclado. Asimismo, se evidenció una variación en las dosificaciones, con reducción de las proporciones de agregado fino y agregado grueso y un incremento del contenido de agua a medida que aumenta el porcentaje de AGCR, reflejando los ajustes necesarios para mantener la trabajabilidad y alcanzar la resistencia requerida.

Se determinó que la variación dimensional y la absorción de los adoquines tipo I aumentaron de forma se incrementaba el porcentaje de reemplazo de AGCR. En cuanto a la variación dimensional, el adoquín patrón (0%) presentó los valores más bajos en las tres

dimensiones (0.17 mm, 0.16 mm y 0.28 mm), mientras que con el 35% de reemplazo se obtuvieron los valores más altos (1.34 mm, 1.27 mm y 2.04 mm), siendo el espesor la dimensión más afectada en todos los casos. Respecto a la absorción, esta fue de 4.54% en el patrón y aumentó progresivamente hasta el 35% de reemplazo, que tuvo valor de 5.22%. Sin embargo, todos los valores de variación dimensional se mantuvieron por debajo del límite de ± 1.6 mm para el largo y ancho, en el caso del espesor a ± 3.2 mm, y los de absorción por debajo del 6%, ambos establecidos por la NTP 399.611. Por lo tanto, los adoquines elaborados con 0%, 15%, 25% y 35% de AGCR cumplen con los requisitos físicos de la norma peruana y son aptos para su uso.

Se obtuvo que la resistencia a la compresión de los adoquines tipo I disminuye conforme aumenta el porcentaje de reemplazo de AGCR, registrándose 469.52 kg/cm² (0%), 439.19 kg/cm² (15%), 420.99 kg/cm² (25%) y 384.25 kg/cm² (35%) a los 28 días de curado, con reducciones del 6.5%, 10.3% y 18.2% respecto a la muestra patrón respectivamente; sin embargo, en todos los casos los valores obtenidos superaron el mínimo de 320 kg/cm² exigido por la norma NTP 399.611, lo que demuestra que el uso de AGCR hasta un 35% de reemplazo es técnicamente viable para la elaboración de adoquines tipo I de uso peatonal.

Se determinó que el porcentaje de abrasión de los adoquines tipo I aumenta progresivamente conforme se incrementa el porcentaje de reemplazo de AGCR, registrándose valores de 0.05% (0%), 0.07% (15%), 0.10% (25%) y 0.13% (35%), lo que indica que el AGCR genera una ligera reducción en la resistencia al desgaste superficial del adoquín. Todos los adoquines elaborados son técnicamente aceptables, y los valores obtenidos demuestran que el uso de AGCR hasta un 35% no genera un desgaste superficial significativo que comprometa el desempeño del adoquín en condiciones de uso peatonal.

Recomendaciones

Se propone que futuras investigaciones amplíen la caracterización del AGCR considerando su procedencia de distintas fuentes de demolición, a fin de analizar cómo el origen del material influye en sus propiedades físicas y mecánicas.

Considerar otros métodos de dosificación además del ACI 211.1, con el propósito de contrastar resultados y validar la consistencia del comportamiento del concreto con Agregado Grueso de Concreto Reciclado.

Para adoquines tipo I destinados a tránsito peatonal, no usar más del 35% de AGCR, ya que a partir de ese porcentaje la absorción comienzan a incrementarse de manera más notoria. Además, para la variación dimensional, se sugiere verificar su comportamiento a los 3, 6 y 12 meses, para comprobar que no sufra grandes cambios.

Se demostró que la resistencia a la compresión cumplió lo esperado hasta un 35% de AGCR por AGC; por ello, se recomienda realizar un análisis de costos de producción, con el fin de cuantificar el beneficio económico que representa su aprovechamiento.

Habiéndose realizado el ensayo de abrasión al adoquín tipo I, elaborado con sustitución de Agregado Grueso de Concreto Reciclado, debe verificarse el desgaste respectivo en su superficie.

Referencias

- Acevedo Agudelo, H., & Figueroa Álvarez, J. (2023). Prácticas de circularidad en la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición en el sector de la construcción: Una revisión bibliográfica de las estrategias y los elementos clave en su implementación. *Informes de la Construcción*, 75(569), 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/ic.92607>
- Agurto Medina, C. J. (2023). *Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánicas De Los Adoquines Empleando Agregado Reciclado Y Agregado Natural, Lambayeque-2020* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11822>
- Alghamdi, S. J. (2022). Classifying High Strength Concrete Mix Design Methods Using Decision Trees. *Materials*, 15(5), 1950. <https://doi.org/10.3390/ma15051950>
- Alghamdi, S. J. (2023). Determining the mix design method for normal strength concrete using machine learning. *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture*, 14(2), 95-104. <https://doi.org/10.1007/s43995-023-00022-4>
- Aparicio Alva, D. J. (2022). *Adición de policloruro de vinilo (PVC) en adoquines de concreto para uso peatonal, huancayo-2021* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de los Andes]. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/5165/T037_72232432_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arancibia, J. A., Ferreira, D. S., Olivieri, A. C., Pereira, F. M. V., Pereira-Filho, E. R., & Romero, E. (2025). Cement classification and characterization using Non-Invasive techniques. *Talanta*, 284, 127212. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2024.127212>
- Arreguín, M., Hernández, A., & Paguay, M. (2023). *Fundamentos matemáticos de diseño experimental para ingeniería I Parte* (I edición).
- Arunvivek, G. K., Kumar, P., Narayanan, K., Olaiya, B. C., Ramalingam, M., &

Sahu, A. (2025). Impact of magnetic water treatment on the properties of high-performance concrete. *Scientific Reports*, 15(1), 44175. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-27874-1>

Bances, D. Y., & Ruiz, E. (2023). *"Resistencia a compresión en adoquines de uso peatonal con reemplazo de agregados por concreto reciclado de pavimento rígido al 5, 10 y 15% cajamarca 2023"* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/38875>

Becerra-Duitama, J. A., Echeverría-Avella, J. A., & Galvis-Echeverría, P. A. (2022). Evaluation of physical mechanical properties in concrete pavers made with construction and demolition waste. *Revista Politécnica*, 18(36), 9-16. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v18n36a1>

Bernilla, J. (2024). *Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/7458>

Bezzolo Sokolich, J. J., & D' Angelo Ramos, G. F. (2020). *Plan de manejo ambiental para la ciudad de Chiclayo: Manejo de residuos de construcción producidos en la ciudad de Chiclayo, su tratamiento reciclaje y eliminación a través de una escombrera* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2177>

Bonifaz Villar, C. de J. (2024). *La Investigación Cuantitativa*. Asturias Corporación Universitaria. https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/investigacion_cuantitativa/unidad1_pdf1.pdf

Calvache Hernandez, D. A. (2024). *Fabricación de adoquines provenientes de "desechos" de losas de Transmilenio* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de

Colombia].

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/87392/1113687052.2024.pdf?sequence=2>

Carrasco Tavera, C. J., & Delgado Soto, D. F. (2024). *Influencia del concreto reciclado en el desempeño físico-mecánico de adoquines de concreto para uso peatonal* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].

<https://hdl.handle.net/20.500.12802/13452>

Castillo Santamaría, B., Cueva Rodríguez, O. B., Cueva Rodríguez, M., & Rodríguez Rodríguez, D. W. (2022, diciembre 15). Gestión de residuos de construcción y demolición frente al cambio climático. *Polo del Conocimiento*, 7(12), 846-868.

<https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>

Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174.

<https://doi.org/10.14483/22487638.19171>

Cavalline, T., Snyder, M. B., & Taylor, P. (2022). *Use of Recycled Concrete Aggregate in Concrete Paving Mixtures: Tech Brief* (p. 15). Federal Highway Administration (FHWA). chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/<https://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/pubs/hif22020.pdf>

Celis, R., & Gonzáles, R. (2023). *Diseño de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con escombros de pavimento rígido, región San Martín* [Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/0100ed80-c6a3-43c2-babd-f3079ada1318/content>

Cépeda Turcios. (2023). *Universidad Centroamericana*. 14.

Chamaya Ramos, R. S., Cruz Montalvo, M. A., Elera Lozano, L. J., Puelles Campos, Á. D., Santos Reyes, J. G., & Tapia Guevara, Y. S. (2023). *Ensayos de la Albañilería, Ladrillos King Kong 18 huecos (Norma E070)* (p. 31). Universidad Señor de Sipán. <https://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2673&ni=la-importancia-del-agua-en-las-construcciones-sustentables>

Chapia Fernandez, C. M. (2022). *Evaluación del concreto para adoquines de uso peatonal empleando agregados obtenidos de residuos de construcción y demolición en el distrito de José Leonardo Ortiz, departamento de Lambayeque, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5745>

Chavez Huaman, R. W. (2020). *Ensayo de la variación dimensional de las unidades de albañilería, según NTP 399.613 y 339.604*. Universidad Católica los Ángeles Chimbote. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-los-angeles-de-chimbote/concreto-armado-i/chavez-huaman-racnael-ensayo-de-variacion-de-dimensiones-unid-albanileria/14084798>

Chiliquinga-Lago, B., Parrales-Espinales, V. J., & Guerra-Mera, J. C. (2023). *Composición de mezclas de agregados gruesos y finos en la resistencia a la compresión y porosidad del hormigón*. 8(11). <https://doi.org/10.23857/pc.v8i11.6227>

da Silva Ferreira, R. L., Durante, M. D. P., Fernandes Amorim, Ê., & Maia Pederneiras, C. (2020). Incorporation of recycled aggregates from construction and demolition waste in paver blocks. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 13(4), e13405. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952020000400005>

De La Cruz Vega, S. A., Lavado Enriquez, J. M., Mendoza Flores, C. M., Huaman Baldeon, D. L., & Vega Neyra, C. S. (2025). Comparative evaluation of Portland cements type I: Technical implications for the construction industry. *Athenea*, 43-53.

<https://doi.org/10.47460/athenea.v6i20.95>

Escobar-Hurtado, J. S., Guerra-Mera, J. C., & Eguez-Álava, H. (2023). Tamaño máximo del agregado Y su influencia en la porosidad de un hormigón elaborado con fibra de vidrio. *Revista Científica*, 6.

<https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/122/182>

Fernández Salazar, J. (2021). *Aplicación de concreto reciclado en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para el uso de tránsito peatonal* [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres].

<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/9317>

Francisco Hernández, E., & Manzanarez-Alvarado, J. (2025). Resistencia a la compresión del concreto: Una revisión - Caso Nicaragua. *Revista Tecnología en Marcha*, 38(2). <https://doi.org/10.18845/tm.v38i2.7149>

Gavino Díaz, G., Ordoñez Sánchez, J. L., Real Cotto, J. J., Romero Úrrea, H., & Saldarriego, G. (2021). *Metodología de la Investigación*.

https://acvenisproh.com/libros/index.php/Libros_categoria_Academico/article/view/22/29

Grupo Cementos Chihuahua. (2020). *Ficha Técnica- Agregados Pétreos*.

<https://www.gcc.com/wp-content/uploads/2020/08/FT-0620-AGREGADOS-P%C3%89TREOS.pdf>

Hernández, E. F., & Manzanarez-Alvarado, J. (2025). Resistencia a la compresión del concreto: Una revisión - Caso Nicaragua. *Revista Tecnología en Marcha*, 38(1).

<https://doi.org/10.18845/tm.v38i2.7149>

Huamani, B. (2023). *Desempeño mecánico de adoquines de concreto para tránsito ligero incorporando residuos de soldadura como sustituto parcial del agregado* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/12044>

Huamani Mollo, M. A., & Solis Guerra, S. (2020). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de arcilla maciza adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, Arequipa 2020*. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/gestion/items/a759e298-19fb-4903-abf4-b49b3e5bed4b>

Huangal Castañeda, N. E. (2025). *Evaluación de la resistencia del concreto, utilizando como agregado, concreto reciclado producto de la demolición, en el distrito La Victoria Chiclayo* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/14264>

Ingeniería y Consultoría Bernadú. (2023). *RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN*. <https://incober.es/blog/resistencia-a-la-compresion-del-hormigon/>

Inocente Carhuana, R. A. (2020). *Propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto con la adición de material reciclado de construcción, Los Olivos-2020* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67187>

Instituto Nacional de Calidad. (2021a). *Agregados. Agregados para concreto. Especificaciones* (NTP 400.037).

Instituto Nacional de Calidad. (2021b). *Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos* (NTP 399.611).

Instituto Nacional de Calidad. (2024). *AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo* (NTP 400.022).

Juarros-Basterretxea, J., García-Cueto, E., Gema, A., Montes-Álvarez, P., Menéndez-Aller, Á., & Postigo, Á. (2024). Post-hoc tests in one-way ANOVA: The case for normal distribution. *Methodology*, 20(2), 84-99. <https://doi.org/10.5964/meth.11721>

- Katman, H. Y. B., Latif, A., Muda, Z. C., Shafigh, P., & Yousuf, S. (2023). Alternatives for Fresh Water in Cement-Based Materials: A Review. *Water*, 15(15), 2828. <https://doi.org/10.3390/w15152828>
- Lara, M. (2020). *Departamento de control de calidad para bloques, prefabricados y concreto (duracreto s.a. De c.v.)*. <https://repositorio.unitec.edu/server/api/core/bitstreams/ca0efbfa-fadc-48d6-88db-f5cc0a4ac734/content>
- Lavagna, L., & Nisticò, R. (2022). An Insight into the Chemistry of Cement—A Review. *Applied Sciences*, 13(1), 203. <https://doi.org/10.3390/app13010203>
- Maguiña Padilla, D. S. (2021). *Escombros de construcción y su influencia en el comportamiento físico – mecánicas en adoquines de tránsito ligero, Lima – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85459>
- Mallma Guzmán, R., & Tiellacuri Ancasi, A. M. (2024). *Repercusión de la reutilización de concreto reciclado en las propiedades físico-mecánicas del adoquín tipo I para tránsito ligero en el distrito de Lircay – Angaraes—Huancavelica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavélica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/79cec58e-a393-419f-9315-5c93ca48ca06>
- Mamani Loza, R. W., & Mamani Prado, J. N. (2022). *Estudio comparativo entre un hormigón tradicional y otro con agregado grueso reciclado (RCD) para aplicación no estructural en la fabricación de losetas para vías peatonales* [Proyecto de grado]. Universidad Mayor de San Andrés.
- Matallana Rodríguez, R. (2023). *El concreto- fundamentos y nuevas tecnologías*. Constructora Conconcreto. <https://conconcreto.com/wp-content/uploads/2023/02/EL-CONCRETO-Fundamentos-y-nuevas-tecnologias..pdf>
- Mego, J., & Valle, S. (2020). *Análisis comparativo de la resistencia del concreto*

elaborado con cemento mochica y cemento portland tipo I, de uso masivo en la construcción de edificaciones, en el distrito de tarapoto, provincia Y región san martin – 2019 [Universidad Científica del Perú].

<http://repositorio.ucp.edu.pe:8080/server/api/core/bitstreams/344896a2-ee89-4204-8fdf-cad9569bd253/content>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013)* [Resolución Directoral N° 22-2013-MTC/14]. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)

Municipalidad Provincial de Chiclayo. (2024). *Informe multianual de inversiones en asociaciones público privadas y proyectos en activos IMIAPP 2024–2026* [Informe Institucional]. Municipalidad Provincial de Chiclayo. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/app/IMIAPP_MPC_2024_MChiclayo.pdf

National Ready Mixed Concrete Association. (2020). *CIP 30: Adiciones al cemento* (El concreto en la práctica: ¿Qué, por qué y cómo? CIP 30, p. 2). National Ready Mixed Concrete Association. <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP30es.pdf>

Ovalle Portillo, E. D. (2021). *Comparación de lotes de adoquines elaborados con diferentes dosificaciones y cuyo material principal sea residuo de trituración, producido en planta de trituración ubicada en el jocotillo, villa canales, Guatemala* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_4597_C.pdf

Pablo Raymúndez, L. M. (2022). *Determinación de las propiedades*

físicomecánicas de adoquines vibrocompactadas con escoria de cobre, para el tránsito ligero en la ciudad de ayacucho, 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/5f506103-5c05-4354-a91b-f1b097c6f715>

Palma, E. (2023). *Uso de agregados reciclados obtenidos del tratamiento de los residuos de las edificaciones para producir concreto simple en el distrito de Nuevo Chimbote* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4281>

Pasquel Carbajal, E. (2020). *Entendiendo el concreto*. Control Mix Express. <https://www.controlmixexpress.com/docs/EntendiendoElConcreto.pdf>

Ramírez García, A. G., Rodríguez Saucedo, E. N., & Rodríguez Saucedo, R. (2024). Aplicaciones del muestreo simple al azar para proporciones. En *Métodos cuantitativos aplicados a recursos naturales, medioambiente y la sostenibilidad* (pp. 11-36). Astra Ediciones. <https://doi.org/10.61728/AE24250023>

Ramos-Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

Rodriguez Alayo, R. A. (2024). *Análisis comparativo de las propiedades físicas Y mecánicas de un concreto utilizando aditivo ASTM C494 tipo D en Trujillo, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/234744e7-8410-428c-8d16-86a57cb5e267>

Sánchez, A. (2024). *Manual de Estadística*. 236.

:Tipanquiza, M. D. L. A. (2023). *Afectación De Las Pruebas De Comparación De Medias Ante Alteraciones De La Homocedasticidad* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/b9793167-f5ec-40bf-8849-f1a316acb126/content>

Torre Carrillo, A. (2002). *Dosificación del Concreto*.

Vázquez, M. (2020). *Adoquines de concreto tipo II en vías urbanas, utilizando escombros de Construcción y Aditivos Acelerantes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6054>

Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: Guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

Anexos

Anexo N°1. Husos Granulométricos

Tabla 42

Husos Granulométricos

HUSO	Tamaño Nominal (pulg)	100 mm (4 “)	90 mm (3 ½ “)	75 mm (3 “)	63 mm (2 ½ “)	50 mm (2 “)	37,5 mm (1 ½ “)	25,0 mm (1 “)	19,0 mm (¾ “)	12,5 mm (½ “)	9,5 mm (3/8 “)	4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)	300 μm (N° 50)
1	3 ½ a 1 ½”	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	2 ½ - 1 ½ “			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	2 a 1 “				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	2 “ a N° 4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	1 ½ a ¾ “					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	1 ½ “ a N° 4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	1 a ½ “						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	1 a 3/8 “						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	1 “ a N° 4						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	¾ “ a 3/8 “							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	¾ “ a N° 4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	½ “ a N° 4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	3/8 “ a N° 8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	3/8 “ a N° 16									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9A	N° 4 a N° 16										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota. Esta tabla fue sacada de (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p.807)

Anexo N°2. *Panel fotográfico de acopio de residuos de demolición en la jurisdicción del distrito de La Victoria – Chiclayo.*

Figura 10

Acumulación de residuos de demolición en la prolongación de la Av. Grau (carretera a Monsefú)



Nota. Imagen seleccionada de Google Maps.

Figura 11

Acumulación de residuos de demolición en la prolongación de la Av. Grau (carretera a Monsefú)



Nota. Imagen seleccionada de Google Maps.

Figura 12

Acumulación de residuos de demolición en la carretera Panamericana Norte (frente al hostel Quinta Azul)



Nota. Imagen seleccionada de Google Maps.

Figura 13

Presencia de residuos de construcción y demolición en la carretera Panamericana Norte



Nota. Imagen seleccionada de Google Maps.

Anexo N°3. *Panel fotográfico de demolición de veredas del distrito de La Victoria – Chiclayo.*

Figura 14

Estado de las veredas tras la demolición en el distrito de La Victoria - Chiclayo



Figura 15

Residuos de concreto generados por la demolición de veredas



Figura 16

Acopio de concreto demolido de veredas

**Figura 17**

Veredas demolidas en el distrito de La Victoria – Chiclayo



Figura 18

Evidencia de los bloques de concreto obtenidos de las veredas demolidas

**Figura 19**

Fragmentos de concreto producto de la demolición de veredas



Anexo N°4. *Panel fotográfico de la recolección y trituración del concreto reciclado.*

Figura 20

Traslado de residuos de demolición de veredas



Figura 21

Trituración del concreto reciclado de veredas



Figura 22

Acopio de AGCR de 3/8" producto de la trituración de concreto reciclado



Anexo N°5. Proceso de tamizado y clasificación del agregado reciclado.

Figura 23

Clasificación granulométrica del material de concreto triturado



Figura 24

Proceso de tamizado de material triturado



Anexo N°6. Ensayos de laboratorio de agregados

Figura 25

Separación del material a ensayar con los diferentes porcentajes de sustitución



Figura 26

Ensayo de granulometría para el agregado grueso



Figura 27

Granulometría del agregado fino

**Figura 28**

Contenido de humedad del agregado grueso en condición natural



Figura 29

Verificación del contenido de humedad del agregado después del secado

**Figura 30**

Ensayo de Peso específico y absorción



Figura 31

Muestras de agregado grueso para el ensayo de peso específico y absorción

**Figura 32**

Peso unitario del agregado grueso en condición suelta y compactada



Figura 33

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino



Anexo N°7. Elaboración de adoquines de concreto

Figura 34

Dosificación y pesaje de los materiales empleados en la elaboración de mezcla de concreto



Figura 35

Colocación de materiales dosificados para la mezcla de concreto



Figura 36

Proceso de mezclado de los materiales dosificados para la elaboración de concreto

**Figura 37**

Moldeado de los adoquines de concreto



Figura 38

Tesistas durante la fase de pesaje de materiales de la mezcla de concreto

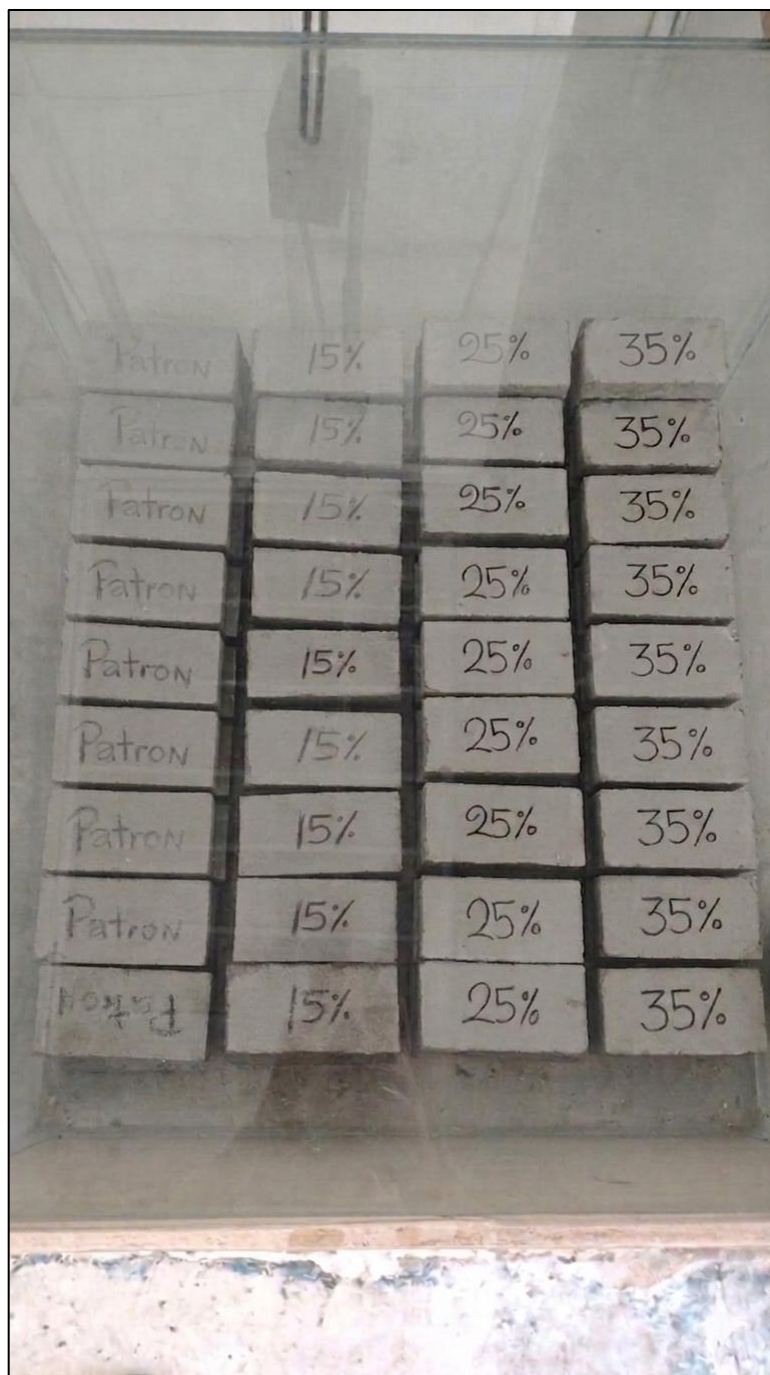
**Figura 39**

Tesista durante la fase de moldeo de adoquines



Figura 40

Adoquines de concreto en cámara de curado



Anexo N°8. Ensayos de laboratorio aplicados a los adoquines de concreto

Figura 41

Ensayo de variación dimensional

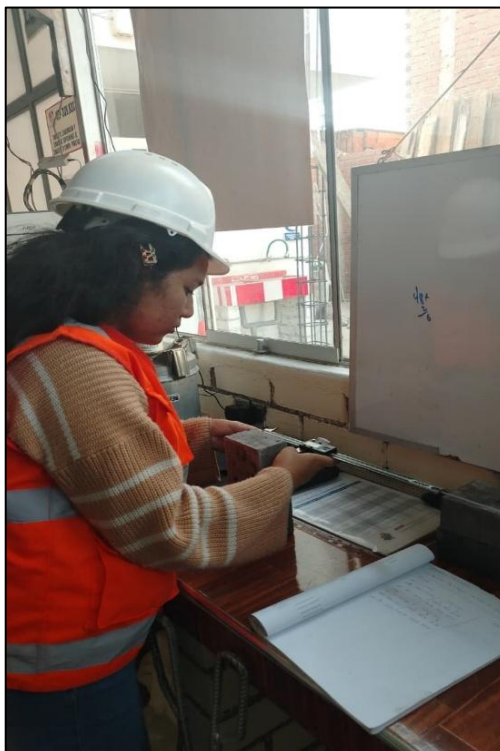
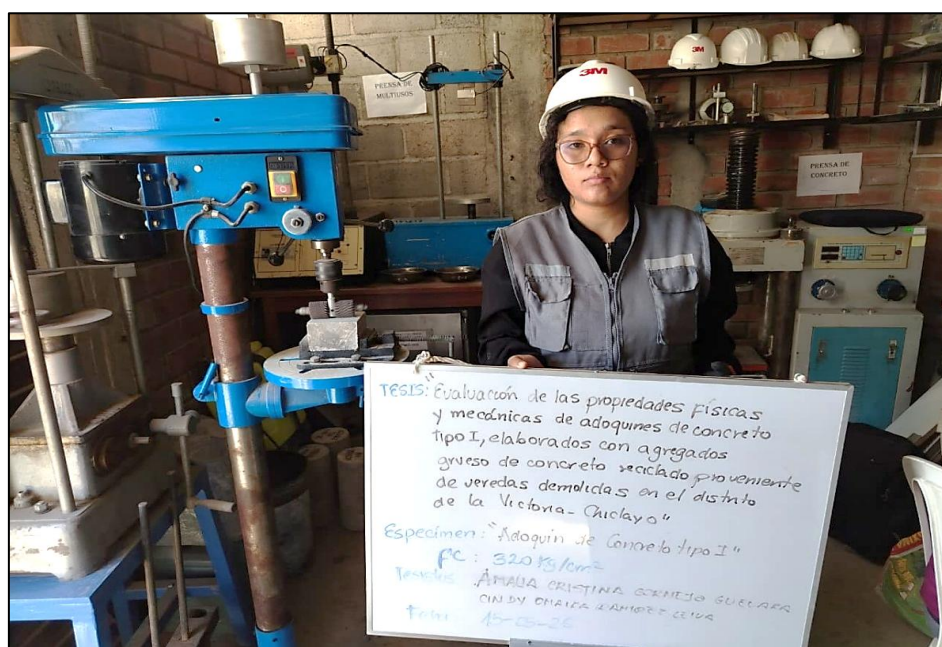


Figura 42

Ensayo de absorción – muestras en estado saturado



Figura 43*Ensayo de absorción – muestras en estado seco***Figura 44***Evaluación de la resistencia a la compresión de los adoquines*

Figura 45*Ensayo de resistencia a la compresión***Figura 46***Prueba de abrasión en adoquines de concreto*

Anexo N°9. Hojas de Cálculo de Diseños de mezcla

Diseño de mezcla Patrón

A DISEÑO DE MEZCLA ACI 211									
Estructura	Pavimentos								
f _c =	320 kg/cm ²								
Y cemento=	3.15 g/cm ³ 3150 kg/m ³								
A.1 Características									
	Agregado Grueso	Agregado Fino							
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)	1424 kg/m ³	1583 kg/m ³							
Peso Unitario Suelto Compactado (kg/m ³)	1519 kg/m ³	1738 kg/m ³							
Peso Especifico de Masa (g/cm ³)	2676 kg/m ³	2681 kg/m ³							
Módulo de Fineza		2.77							
Tamaño Máximo del Agregado	3/8"	-							
Porcentaje de Absorción	1.10%	1.22%							
Contenido de Humedad	0.35%	1.96%							
A.2 DETERMINAR LA RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL DISEÑO (f _{cr})									
f _c	f _{cr}	Sumar							
menor a 210	f _c +70	70							
210 a 350	f _c +84	84							
mayor a 350	f _c +56	56							
f _{cr} =		404 kg/cm ²							
A.3 DETERMINAR EL ASENTAMIENTO									
Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación						
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable	Vibrado Normal						
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligero chuceado						
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuceado						
Tipo de construcción	Revenimiento Máximo (pulgadas)	Revenimiento Mínimo (pulgadas)							
Paredes y zapatas de cimentación reforzadas	3"	1"							
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	3"	1"							
Vigas y paredes reforzadas	4"	1"							
Columnas de edificios	4"	2"							
Pavimentos y losas	3"	1"							
Concreto Ciclópeo	2"	1"							
Elección de Revenimiento Máximo		3"							
A.4 RELACIÓN AGUA CEMENTO									
f _{cr} (28 días) kg/cm ²	Relación agua cemento de diseño por peso								
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado							
150	0.80	0.71							
200	0.70	0.61							
210	0.68	0.59							
250	0.62	0.53							
280	0.57	0.48							
300	0.55	0.46							
350	0.48	0.40							
400	0.43	---							
420	0.41	---							
450	0.38	---							
Relación agua cemento sin aire incorporado	0.422								
Relación Agua cemento con aire incorporado	0.923								
A.5 Cálculo de la Cantidad de Agua de Mezcla									
Agregado Grueso	3/8"								
Asentamiento	3"								
Sin Aire Incorporado	0.422								
Asentamiento	Tipo de Concreto	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	Sin aire incorporado	207 l/m ³	199 l/m ³	190 l/m ³	179 l/m ³	166 l/m ³	154 l/m ³	130 l/m ³	113 l/m ³
3" a 4"	Sin aire incorporado	228 l/m ³	216 l/m ³	205 l/m ³	193 l/m ³	181 l/m ³	169 l/m ³	145 l/m ³	124 l/m ³
6" a 7"	Sin aire incorporado	243 l/m ³	228 l/m ³	216 l/m ³	202 l/m ³	190 l/m ³	178 l/m ³	160 l/m ³	-
1" a 2"	Con aire incorporado	181 l/m ³	175 l/m ³	168 l/m ³	160 l/m ³	150 l/m ³	142 l/m ³	122 l/m ³	107 l/m ³
3" a 4"	Con aire incorporado	202 l/m ³	193 l/m ³	184 l/m ³	175 l/m ³	165 l/m ³	157 l/m ³	133 l/m ³	119 l/m ³
6" a 7"	Con aire incorporado	216 l/m ³	205 l/m ³	197 l/m ³	184 l/m ³	174 l/m ³	166 l/m ³	154 l/m ³	-

Cantidad de agua de l/m3		228 l/m3																																																			
A.6 Determinación del Cemento																																																					
Cantidad de Cemento		228 l/m3																																																			
		0.422																																																			
		<table border="1"> <tr> <td>Cantidad de Cemento</td> <td>539.95 kg/m3</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de Cemento</td> <td>12.70 bolsa/m3</td> </tr> </table>		Cantidad de Cemento	539.95 kg/m3	Cantidad de Cemento	12.70 bolsa/m3																																														
Cantidad de Cemento	539.95 kg/m3																																																				
Cantidad de Cemento	12.70 bolsa/m3																																																				
A.7 Determinación del Aire Atrapado																																																					
<table border="1"> <tr> <th>Tamaño Máximo Nominal</th> <th>Aire Atrapado</th> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>3.00%</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>2.50%</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>2.00%</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>1.50%</td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>1.00%</td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>0.50%</td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>0.30%</td> </tr> <tr> <td>6"</td> <td>0.20%</td> </tr> </table>		Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado	3/8"	3.00%	1/2"	2.50%	3/4"	2.00%	1"	1.50%	1 1/2"	1.00%	2"	0.50%	3"	0.30%	6"	0.20%	<table border="1"> <tr> <td>Aire Atrapado</td> <td>3.00%</td> </tr> </table>		Aire Atrapado	3.00%																														
Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado																																																				
3/8"	3.00%																																																				
1/2"	2.50%																																																				
3/4"	2.00%																																																				
1"	1.50%																																																				
1 1/2"	1.00%																																																				
2"	0.50%																																																				
3"	0.30%																																																				
6"	0.20%																																																				
Aire Atrapado	3.00%																																																				
A.8 Determinación del Agregado Grueso por unidad de Volumen de Concreto																																																					
Módulo de Fineza del A.Fino		2.77																																																			
T.Máximo del A.Grueso		3/8"																																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="5">Unidad de volumen de concreto para diferentes Módulos de Fineza del Agregado Fino</th> </tr> <tr> <th>Tamaño Máximo del Agregado Grueso</th> <th>2.4</th> <th>2.6</th> <th>2.8</th> <th>3</th> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>0.5</td> <td>0.48</td> <td>0.46</td> <td>0.44</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>0.59</td> <td>0.57</td> <td>0.55</td> <td>0.53</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.62</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>0.71</td> <td>0.69</td> <td>0.67</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>0.76</td> <td>0.74</td> <td>0.72</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>0.78</td> <td>0.76</td> <td>0.74</td> <td>0.72</td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>0.81</td> <td>0.79</td> <td>0.77</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>6"</td> <td>0.87</td> <td>0.85</td> <td>0.83</td> <td>0.81</td> </tr> </table>				Unidad de volumen de concreto para diferentes Módulos de Fineza del Agregado Fino					Tamaño Máximo del Agregado Grueso	2.4	2.6	2.8	3	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6	1"	0.71	0.69	0.67	0.65	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7	2"	0.78	0.76	0.74	0.72	3"	0.81	0.79	0.77	0.75	6"	0.87	0.85	0.83	0.81
Unidad de volumen de concreto para diferentes Módulos de Fineza del Agregado Fino																																																					
Tamaño Máximo del Agregado Grueso	2.4	2.6	2.8	3																																																	
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44																																																	
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53																																																	
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6																																																	
1"	0.71	0.69	0.67	0.65																																																	
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7																																																	
2"	0.78	0.76	0.74	0.72																																																	
3"	0.81	0.79	0.77	0.75																																																	
6"	0.87	0.85	0.83	0.81																																																	
Volumen de Agregado Grueso		0.46 m3																																																			
Peso del Agregado Grueso		1519 kg/m3																																																			
		703.30 kg																																																			
A.8 Cálculo del Volumen Absoluto (Vtotal) del concreto para hallar el Agregado Fino de los Materiales por m3																																																					
a.8.1	Volumen de agua:	228 l/m3	=	0.228 m3																																																	
a.8.2	Volumen de Agregado Grueso:	703.30 kg	=	0.263 m3																																																	
a.8.3	Volumen del Aire:	2676 kg/m3	3.00% de un metro cúbico:	0.030 m3																																																	
a.8.4	Volumen del cemento	539.95 kg	=	0.171 m3																																																	
a.8.5	Volumen del A.Fino:	1- Volumen del resto	=	0.308 m3																																																	
	Peso del A.Fino	0.308 m3	x	2681 kg/m3																																																	
				825.14 kg																																																	
A.9 Peso Seco de los Materiales																																																					
	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua																																																	
	539.95 kg	825.14 kg	703.30 kg	228.00 kg																																																	
A.10 Corrección por Humedad																																																					
	Peso: (%Humedad/100+1)*Peso																																																				
	Agregado Grueso	705.76 kg																																																			
	Agregado Fino	841.31 kg																																																			
A.11 Corrección por Absorción																																																					
	Peso: Peso Seco*(%Absorción-%Humedad/100)																																																				
	Agregado Grueso	~5.27 kg																																																			
	Agregado Fino	6.11 kg																																																			
	Agua Libre	0.83 kg																																																			
A.12 Agua Efectiva (A.efectiva)																																																					
	Agua Efectiva (A.efectiva)	227.17 kg																																																			
A.13 Relación Agua Cemento																																																					
	Cemento:	227.17 kg	=	0.4207 kg																																																	
		539.946																																																			
A.14 Proporciones en Peso																																																					
	Cemento:	539.95 kg	=	1																																																	
		539.95 kg																																																			
	Agregado Fino:	841.31 kg	=	1.558																																																	
		539.95 kg																																																			
	Agregado Grueso:	705.76 kg	=	1.307																																																	
		539.95 kg																																																			
	Agua	227.17	=	0.421																																																	
		539.95																																																			
Relación																																																					
	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (lt/bolsa)																																																	
	1.00	1.56	1.31	17.88																																																	
Relación por kilos																																																					
	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua																																																	
	539.95 kg	841.31 kg	705.76 kg	227.17 kg																																																	
Relación por bolsa de cemento																																																					
	Cemento (kg)	Agregado Fino (kg)	Agregado Grueso (kg)	Agua (lt/bolsas)																																																	
	42.50	66.22	55.55	17.88																																																	
Proporciones por m3																																																					
	Cemento (BOLSA)	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (lt)																																																	
	12.70 bolsas	0.3138 m3	0.2637 m3	227.17																																																	
A.15 Proporciones por Volumen																																																					
	1 m3= 35.31 pi3																																																				
	1 bolsa de cemento es 1 pie3																																																				
	AF=	1.56	42.5	35.31																																																	
			1583 kg/m3																																																		
	AF=	1.48 pie3																																																			
	AG=	1.31	42.5	35.31																																																	
			1424 kg/m3																																																		
	AG	1.38 pie3																																																			
	Agua:	759.93 l/pie3																																																			
	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua																																																	
	1.00	1.48	1.38	759.93																																																	

Diseño de mezcla con sustitución de 15% de AGCR

A DISEÑO DE MEZCLA ACI 211									
Estructura	Pavimentos								
$f'_c =$	320 kg/cm ²								
Y cemento =	3.15 g/cm ³								
	3150 kg/m ³								
A.1 Características									
	Agregado Grueso	Agregado Fino							
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)	1415 kg/m ³	1583 kg/m ³							
Peso Unitario Suelto Compactado (kg/m ³)	1502 kg/m ³	1738 kg/m ³							
Peso Especifico de Masa (g/cm ³)	2498 kg/m ³	2681 kg/m ³							
Módulo de Fineza	2.77								
Tamaño Máximo del Agregado	3/8"								
Porcentaje de Absorción	1.81%	1.22%							
Contenido de Humedad	0.39%	1.96%							
A.2 DETERMINAR LA RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL DISEÑO (f_{cr})									
f'_c	f_{cr}	Sumar							
menor a 210	$f'_c + 70$	70							
210 a 350	$f'_c + 84$	84							
mayor a 350	$f'_c + 56$	56							
$f_{cr} =$		404 kg/cm ²							
A.3 DETERMINAR EL ASENTAMIENTO									
Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación						
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable	Vibrado Normal						
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligero chuceado						
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuceado						
Tipo de construcción	Revenimiento Máximo (pulgadas)	Revenimiento Mínimo (pulgadas)							
Paredes y zapatas de cimentación reforzadas	3"	1"							
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	3"	1"							
Vigas y paredes reforzadas	4"	1"							
Columnas de edificios	4"	2"							
Pavimentos y losas	3"	1"							
Concreto Ciclópeo	2"	1"							
Elección de Revenimiento Máximo		3"							
A.4 RELACIÓN AGUA CEMENTO									
f'_{cr} (28 días) kg/cm ²	Relación agua cemento de diseño por peso								
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado							
150	0.80	0.71							
200	0.70	0.61							
210	0.68	0.59							
250	0.62	0.53							
280	0.57	0.48							
300	0.55	0.46							
350	0.48	0.40							
400	0.43	---							
420	0.41	---							
450	0.38	---							
Relación agua cemento sin aire incorporado	0.422								
Relación Agua cemento con aire incorporado	0.923								
A.5 Cálculo de la Cantidad de Agua de Mezcla									
Agregado Grueso	3/8"								
Asentamiento	3"								
Sin Aire Incorporado	0.422								
Asentamiento	Tipo de Concreto	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	Sin aire incorporado	207 l/m ³	199 l/m ³	190 l/m ³	179 l/m ³	166 l/m ³	154 l/m ³	130 l/m ³	113 l/m ³
3" a 4"	Sin aire incorporado	228 l/m ³	216 l/m ³	205 l/m ³	193 l/m ³	181 l/m ³	169 l/m ³	145 l/m ³	124 l/m ³
6" a 7"	Sin aire incorporado	243 l/m ³	228 l/m ³	216 l/m ³	202 l/m ³	190 l/m ³	178 l/m ³	160 l/m ³	-
1" a 2"	Con aire incorporado	181 l/m ³	175 l/m ³	168 l/m ³	160 l/m ³	150 l/m ³	142 l/m ³	122 l/m ³	107 l/m ³
3" a 4"	Con aire incorporado	202 l/m ³	193 l/m ³	184 l/m ³	175 l/m ³	165 l/m ³	157 l/m ³	133 l/m ³	119 l/m ³
6" a 7"	Con aire incorporado	216 l/m ³	205 l/m ³	197 l/m ³	184 l/m ³	174 l/m ³	166 l/m ³	154 l/m ³	-

Cantidad de agua de l/m3		228 l/m3	
A.6 Determinación del Cemento			
Cantidad de Cemento		228 l/m3	
		0.422	
		Cantidad de Cemento 539.95 kg/m3 Cantidad de Cemento 12.70 bolsa/m3	
A.7 Determinación del Aire Atrapado			
Tamaño Máximo Nominal		Aire Atrapado	
3/8"		3.00%	
1/2"		2.50%	
3/4"		2.00%	
1"		1.50%	
1 1/2"		1.00%	
2"		0.50%	
3"		0.30%	
6"		0.20%	
		Aire Atrapado 3.00%	
A.8 Determinación del Agregado Grueso por unidad de Volumen de Concreto			
Módulo de Fineza del A. Fino		2.77	
T.Máximo del A. Grueso		3/8"	
Unidad de volumen de concreto para diferentes Módulos de Fineza del Agregado Fino			
Tamaño Máximo del Agregado Grueso	2.4	2.6	2.8
3/8"	0.5	0.48	0.46
1/2"	0.59	0.57	0.55
3/4"	0.66	0.64	0.62
1"	0.71	0.69	0.67
1 1/2"	0.76	0.74	0.72
2"	0.78	0.76	0.74
3"	0.81	0.79	0.77
6"	0.87	0.85	0.83
Volumen de Agregado Grueso	0.46 m3		
Peso del Agregado Grueso	1502 kg/m3	x	0.463 m3
Peso del Agregado Grueso	695.43 kg		
A.8 Cálculo del Volumen Absoluto (Vtotal) del concreto para hallar el Agregado Fino de los Materiales por m3			
a.8.1 Volumen de agua:	228 l/m3	=	0.228 m3
a.8.2 Volumen de Agregado Grueso:	695.43 kg	=	0.278 m3
a.8.3 Volumen del Aire:	3.00% de un metro cúbico:	=	0.030 m3
a.8.4 Volumen del cemento	539.95 kg	=	0.171 m3
a.8.5 Volumen del A. Fino:	1- Volumen del resto	=	0.292 m3
Peso del A. Fino	0.292 m3	x	2681 kg/m3
			783.38 kg
A.9 Peso Seco de los Materiales			
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
539.95 kg	783.38 kg	695.43 kg	228.00 kg
A.10 Corrección por Humedad			
Peso: (%Humedad/100+1)*Peso			
Agregado Grueso	698.14 kg		
Agregado Fino	798.73 kg		
A.11 Corrección por Absorción			
Peso: Peso Seco*(%Absorción-%Humedad/100)			
Agregado Grueso	-9.88 kg		
Agregado Fino	5.80 kg		
Aqua Libre	-4.08 kg		
A.12 Agua Efectiva (A.efectiva)			
Agregado Fino	232.08 kg		
A.13 Relación Agua Cemento			
Cemento:	232.08 kg	=	0.4298 kg
	539.946		
A.14 Proporciones en Peso			
Cemento:	539.95 kg	=	1
	539.95 kg		
Agregado Fino:	798.73 kg	=	1.479
	539.95 kg		
Agregado Grueso:	698.14 kg	=	1.293
	539.95 kg		
Agua	232.08	=	0.430
	539.95		
Relación			
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (lt/bolsa)
1.00	1.48	1.29	18.27
Relación por kilos			
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
539.95 kg	798.73 kg	698.14 kg	232.08 kg
Relación por bolsa de cemento			
Cemento (kg)	Agregado Fino (kg)	Agregado Grueso (kg)	Agua (lt/bolsas)
42.50	62.87	54.95	18.27
Proporciones por m3			
Cemento (BOLSA)	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (lt)
12.70 bolsas	0.2979 m3	0.2795 m3	232.08
A.15 Proporciones por Volumen			
1 m3 = 35.31 pi3			
1 bolsa de cemento es 1 pie3			
AF=	1.48	42.5	35.31
		1583 kg/m3	
AF=	1.40 pie3		
AG=	1.29	42.5	35.31
		1415 kg/m3	
AG	1.37 pie3		
Agua:	776.36 l/pie3		
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	1.40	1.37	776.36

Diseño de mezcla con sustitución de 25% de AGCR

A DISEÑO DE MEZCLA ACI 211									
Estructura	Pavimentos								
$f'_c =$	320 kg/cm ²								
Y cemento =	3.15 g/cm ³								
	3150 kg/m ³								
A.1 Características									
	Agregado Grueso	Agregado Fino							
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)	1406 kg/m ³	1583 kg/m ³							
Peso Unitario Suelto Compactado (kg/m ³)	1471 kg/m ³	1738 kg/m ³							
Peso Especifico de Masa (g/cm ³)	2365 kg/m ³	2681 kg/m ³							
Módulo de Fineza		2.77							
Tamaño Máximo del Agregado	3/8"	-							
Porcentaje de Absorción	2.05%	1.22%							
Contenido de Humedad	0.40%	1.96%							
A.2 DETERMINAR LA RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL DISEÑO (f_{cr})									
f'_c	f_{cr}	Sumar							
menor a 210	$f'_c + 70$	70							
210 a 350	$f'_c + 84$	84							
mayor a 350	$f'_c + 56$	56							
$f_{cr} =$	404 kg/cm ²								
A.3 DETERMINAR EL ASENTAMIENTO									
Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación						
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable	Vibrado Normal						
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligero chuceado						
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuceado						
Tipo de construcción	Revenimiento Máximo (pulgadas)	Revenimiento Mínimo (pulgadas)							
Paredes y zapatas de cimentación reforzadas	3"	1"							
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	3"	1"							
Vigas y paredes reforzadas	4"	1"							
Columnas de edificios	4"	2"							
Pavimentos y losas	3"	1"							
Concreto Ciclópeo	2"	1"							
Elección de Revenimiento Máximo	3"								
A.4 RELACIÓN AGUA CEMENTO									
f'_{cr} (28 días) kg/cm ²	Relación agua cemento de diseño por peso								
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado							
150	0.80	0.71							
200	0.70	0.61							
210	0.68	0.59							
250	0.62	0.53							
280	0.57	0.48							
300	0.55	0.46							
350	0.48	0.40							
400	0.43	---							
420	0.41	---							
450	0.38	---							
Relación agua cemento sin aire incorporado	0.422								
Relación Agua cemento con aire incorporado	0.923								
A.5 Cálculo de la Cantidad de Agua de Mezcla									
Agregado Grueso	3/8"								
Asentamiento	3"								
Sin Aire Incorporado	0.422								
Asentamiento	Tipo de Concreto	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	Sin aire incorporado	207 l/m ³	199 l/m ³	190 l/m ³	179 l/m ³	166 l/m ³	154 l/m ³	130 l/m ³	113 l/m ³
3" a 4"	Sin aire incorporado	228 l/m ³	216 l/m ³	205 l/m ³	193 l/m ³	181 l/m ³	169 l/m ³	145 l/m ³	124 l/m ³
6" a 7"	Sin aire incorporado	243 l/m ³	228 l/m ³	216 l/m ³	202 l/m ³	190 l/m ³	178 l/m ³	160 l/m ³	-
1" a 2"	Con aire incorporado	181 l/m ³	175 l/m ³	168 l/m ³	160 l/m ³	150 l/m ³	142 l/m ³	122 l/m ³	107 l/m ³
3" a 4"	Con aire incorporado	202 l/m ³	193 l/m ³	184 l/m ³	175 l/m ³	165 l/m ³	157 l/m ³	133 l/m ³	119 l/m ³
6" a 7"	Con aire incorporado	216 l/m ³	205 l/m ³	197 l/m ³	184 l/m ³	174 l/m ³	166 l/m ³	154 l/m ³	-

Cantidad de agua de l/m3		228 l/m3					
A.6 Determinación del Cemento							
Cantidad de Cemento		228 l/m3 0.422					
		<table border="1"> <tr> <td>Cantidad de Cemento</td> <td>539.95 kg/m3</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de Cemento</td> <td>12.70 bolsa/m3</td> </tr> </table>		Cantidad de Cemento	539.95 kg/m3	Cantidad de Cemento	12.70 bolsa/m3
Cantidad de Cemento	539.95 kg/m3						
Cantidad de Cemento	12.70 bolsa/m3						
A.7 Determinación del Aire Atrapado							
Tamaño Máximo Nominal		Aire Atrapado					
3/8"		3.00%					
1/2"		2.50%					
3/4"		2.00%					
1"		1.50%					
1 1/2"		1.00%					
2"		0.50%					
3"		0.30%					
6"		0.20%					
		<table border="1"> <tr> <td>Aire Atrapado</td> <td>3.00%</td> </tr> </table>		Aire Atrapado	3.00%		
Aire Atrapado	3.00%						
A.8 Determinación del Agregado Grueso por unidad de Volumen de Concreto							
Módulo de Fineza del A. Fino		2.77					
T. Máximo del A. Grueso		3/8"					
Unidad de volumen de concreto para diferentes Módulos de Fineza del Agregado Fino							
Tamaño Máximo del Agregado Grueso	2.4	2.6	2.8				
3/8"	0.5	0.48	0.46				
1/2"	0.59	0.57	0.55				
3/4"	0.66	0.64	0.62				
1"	0.71	0.69	0.67				
1 1/2"	0.76	0.74	0.72				
2"	0.78	0.76	0.74				
3"	0.81	0.79	0.77				
6"	0.87	0.85	0.83				
Volumen de Agregado Grueso	0.46 m3						
Peso del Agregado Grueso	1471 kg/m3	x	0.463 m3				
Peso del Agregado Grueso	681.07 kg						
A.8 Cálculo del Volumen Absoluto (Vtotal) del concreto para hallar el Agregado Fino de los Materiales por m3							
a.8.1 Volumen de agua:	228 l/m3	=	0.228 m3				
a.8.2 Volumen de Agregado Grueso:	681.07 kg	=	0.288 m3				
a.8.3 Volumen del Aire:	3.00% de un metro cúbico:		0.030 m3				
a.8.4 Volumen del cemento	539.95 kg	=	0.171 m3				
a.8.5 Volumen del A. Fino:	1- Volumen del resto	=	0.283 m3				
Peso del A. Fino	0.283 m3	x	2681 kg/m3				
			757.67 kg				
A.9 Peso Seco de los Materiales							
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua				
539.95 kg	757.67 kg	681.07 kg	228.00 kg				
A.10 Corrección por Humedad							
Peso: (%Humedad/100+1)*Peso							
Agregado Grueso	683.80 kg						
Agregado Fino	772.52 kg						
A.11 Corrección por Absorción							
Peso: Peso Seco*(%Absorción-%Humedad/100)							
Agregado Grueso	-11.24 kg						
Agregado Fino	5.61 kg						
Agua Libre	-5.63 kg						
A.12 Agua Efectiva (A.efectiva)							
Agua Efectiva (A.efectiva)	233.63 kg						
A.13 Relación Agua Cemento							
Cemento:	233.63 kg	=	0.4327 kg				
	539.946						
A.14 Proporciones en Peso							
Cemento:	539.95 kg	=	1				
	539.95 kg						
Agregado Fino:	772.52 kg	=	1.431				
	539.95 kg						
Agregado Grueso:	683.80 kg	=	1.266				
	539.95 kg						
Agua	233.63	=	0.433				
	539.95						
Relación							
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (lt/bolsa)				
1.00	1.43	1.27	18.39				
Relación por kilos							
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua				
539.95 kg	772.52 kg	683.80 kg	233.63 kg				
Relación por bolsa de cemento							
Cemento (kg)	Agregado Fino (kg)	Agregado Grueso (kg)	Agua (lt/bolsas)				
42.50	60.81	53.82	18.39				
Proporciones por m3							
Cemento (BOLSA)	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (lt)				
12.70 bolsas	0.2881 m3	0.2891 m3	233.63				
A.15 Proporciones por Volumen							
1 m3:= 35.31 pi3 1 bolsa de cemento es 1 pie3							
AF=	1.43	42.5	35.31				
		1583 kg/m3					
AF=	1.36 pie3						
AG=	1.27	42.5	35.31				
		1406 kg/m3					
AG	1.35 pie3						
Agua:	781.55 l/pie3						
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua				
1.00	1.36	1.35	781.55				

Diseño de mezcla con sustitución de 35% de AGCR

A DISEÑO DE MEZCLA ACI 211									
Estructura	Pavimentos								
$f'_c =$	320 kg/cm ²								
Y cemento =	3.15 g/cm ³								
	3150 kg/m ³								
A.1 Características									
	Agregado Grueso	Agregado Fino							
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)	1395 kg/m ³	1583 kg/m ³							
Peso Unitario Suelto Compactado (kg/m ³)	1447 kg/m ³	1738 kg/m ³							
Peso Especifico de Masa (g/cm ³)	2256 kg/m ³	2681 kg/m ³							
Módulo de Fineza		2.77							
Tamaño Máximo del Agregado	3/8"	-							
Porcentaje de Absorción	2.23%	1.22%							
Contenido de Humedad	0.43%	1.96%							
A.2 DETERMINAR LA RESISTENCIA PROMEDIO PARA EL DISEÑO (f_{cr})									
f'_c	f_{cr}	Sumar							
menor a 210	$f'_c + 70$	70							
210 a 350	$f'_c + 84$	84							
mayor a 350	$f'_c + 56$	56							
$f_{cr} =$	404 kg/cm ²								
A.3 DETERMINAR EL ASENTAMIENTO									
Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación						
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable	Vibrado Normal						
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligero chuceado						
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuceado						
Tipo de construcción	Revenimiento Máximo (pulgadas)	Revenimiento Mínimo (pulgadas)							
Paredes y zapatas de cimentación reforzadas	3"	1"							
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	3"	1"							
Vigas y paredes reforzadas	4"	1"							
Columnas de edificios	4"	2"							
Pavimentos y losas	3"	1"							
Concreto Ciclópeo	2"	1"							
Elección de Revenimiento Máximo	3"								
A.4 RELACIÓN AGUA CEMENTO									
f'_{cr} (28 días) kg/cm ²	Relación agua cemento de diseño por peso								
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado							
150	0.80	0.71							
200	0.70	0.61							
210	0.68	0.59							
250	0.62	0.53							
280	0.57	0.48							
300	0.55	0.46							
350	0.48	0.40							
400	0.43	---							
420	0.41	---							
450	0.38	---							
Relación agua cemento sin aire incorporado	0.422								
Relación Agua cemento con aire incorporado	0.923								
A.5 Cálculo de la Cantidad de Agua de Mezcla									
Agregado Grueso	3/8"								
Asentamiento	3"								
Sin Aire Incorporado	0.422								
Asentamiento	Tipo de Concreto	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	Sin aire incorporado	207 l/m ³	199 l/m ³	190 l/m ³	179 l/m ³	166 l/m ³	154 l/m ³	130 l/m ³	113 l/m ³
3" a 4"	Sin aire incorporado	228 l/m ³	216 l/m ³	205 l/m ³	193 l/m ³	181 l/m ³	169 l/m ³	145 l/m ³	124 l/m ³
6" a 7"	Sin aire incorporado	243 l/m ³	228 l/m ³	216 l/m ³	202 l/m ³	190 l/m ³	178 l/m ³	160 l/m ³	-
1" a 2"	Con aire incorporado	181 l/m ³	175 l/m ³	168 l/m ³	160 l/m ³	150 l/m ³	142 l/m ³	122 l/m ³	107 l/m ³
3" a 4"	Con aire incorporado	202 l/m ³	193 l/m ³	184 l/m ³	175 l/m ³	165 l/m ³	157 l/m ³	133 l/m ³	119 l/m ³
6" a 7"	Con aire incorporado	216 l/m ³	205 l/m ³	197 l/m ³	184 l/m ³	174 l/m ³	166 l/m ³	154 l/m ³	-

Cantidad de agua de l/m3		228 l/m3					
A.6 Determinación del Cemento							
Cantidad de Cemento		228 l/m3 0.422	<table border="1"> <tr> <td>Cantidad de Cemento</td> <td>539.95 kg/m3</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de Cemento</td> <td>12.70 bolsa/m3</td> </tr> </table>	Cantidad de Cemento	539.95 kg/m3	Cantidad de Cemento	12.70 bolsa/m3
Cantidad de Cemento	539.95 kg/m3						
Cantidad de Cemento	12.70 bolsa/m3						
A.7 Determinación del Aire Atrapado							
Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado						
3/8"	3.00%						
1/2"	2.50%						
3/4"	2.00%						
1"	1.50%						
1 1/2"	1.00%						
2"	0.50%						
3"	0.30%						
6"	0.20%						
		<table border="1"> <tr> <td>Aire Atrapado</td> <td>3.00%</td> </tr> </table>	Aire Atrapado	3.00%			
Aire Atrapado	3.00%						
A.8 Determinación del Agregado Grueso por unidad de Volumen de Concreto							
Módulo de Fineza del A.Fino	2.77						
T.Máximo del A.Grueso	3/8"						
Unidad de volumen de concreto para diferentes Módulos de Fineza del Agregado Fino							
Tamaño Máximo del Agregado Grueso	2.4	2.6	2.8	3			
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44			
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53			
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6			
1"	0.71	0.69	0.67	0.65			
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7			
2"	0.78	0.76	0.74	0.72			
3"	0.81	0.79	0.77	0.75			
6"	0.87	0.85	0.83	0.81			
Volumen de Agregado Grueso	0.46 m3						
Peso del Agregado Grueso	1447 kg/m3	x	0.463 m3				
Peso del Agregado Grueso	669.96 kg						
A.8 Cálculo del Volumen Absoluto (Vtotal) del concreto para hallar el Agregado Fino de los Materiales por m3							
a.8.1 Volumen de agua:	228 l/m3	=	0.228 m3				
a.8.2 Volumen de Agregado Grueso:	669.96 kg	=	0.297 m3				
a.8.3 Volumen del Aire:	3.00% de un metro cúbico:		0.030 m3				
a.8.4 Volumen del cemento	539.95 kg	=	0.171 m3				
a.8.5 Volumen del A.Fino:	1- Volumen del resto	=	0.274 m3				
Peso del A.Fino	0.274 m3	x	2681 kg/m3	733.58 kg			
A.9 Peso Seco de los Materiales							
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua				
539.95 kg	733.58 kg	669.96 kg	228.00 kg				
A.10 Corrección por Humedad							
Peso: (%Humedad/100+1)*Peso							
Agregado Grueso	672.84 kg						
Agregado Fino	747.95 kg						
A.11 Corrección por Absorción							
Peso: Peso Seco*(%Absorción-%Humedad/100)							
Agregado Grueso	-12.06 kg						
Agregado Fino	5.43 kg						
Agua Libre	-6.63 kg						
A.12 Agua Efectiva (A.efectiva)							
Agua Efectiva (A.efectiva)	234.63 kg						
A.13 Relación Agua Cemento							
Cemento:	234.63 kg	=	0.4345 kg				
	539.946						
A.14 Proporciones en Peso							
Cemento:	539.95 kg	=	1				
	539.95 kg						
Agregado Fino:	747.95 kg	=	1.385				
	539.95 kg						
Agregado Grueso:	672.84 kg	=	1.246				
	539.95 kg						
Agua	234.63	=	0.435				
	539.95						
Relación							
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (lt/bolsa)				
1.00	1.39	1.25	18.47				
Relación por kilos							
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua				
539.95 kg	747.95 kg	672.84 kg	234.63 kg				
Relación por bolsa de cemento							
Cemento (kg)	Agregado Fino (kg)	Agregado Grueso (kg)	Agua (lt/bolsas)				
42.50	58.67	52.96	18.47				
Proporciones por m3							
Cemento (BOLSA)	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (lt)				
12.70 bolsas	0.2790 m3	0.2982 m3	234.63				
A.15 Proporciones por Volumen							
1 m3= 35.31 pi3 1 bolsa de cemento es 1 pie3							
AF=	1.39	42.5	35.31				
		1583 kg/m3					
AF=	1.31 pie3						
AG=	1.25	42.5	35.31				
		1395 kg/m3					
AG	1.34 pie3						
Agua:	784.90 l/pie3						
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua				
1.00	1.31	1.34	784.90				

Anexo N°10. Constancias de ensayos de laboratorio

Figura 47

Constancia de Ensayo de Resistencia al Desgaste o Abrasión-Patrón



LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : 1305A-26 / LEMS W&C
Solicitante : Amalia Cristina, Cornejo Guevara
 : Cindy, Omaira Ramirez
Proyecto / Obra : Tesis "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregados grueso de concreto reciclado proveniente de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Inicio de Ensayo : Viernes, 15 de mayo de 2026
Fin de Ensayo : Viernes, 15 de mayo de 2026
ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).
NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa	Masa	Desgaste (g)	Desgaste (%)
								Inicial (g)	Final (g)		
M-1	Patrón Adoquín Tipo I	17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2985.4	2983.9	1.46	0.049
M-2		17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2992.1	2990.6	1.47	0.049
M-3		17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2978.6	2977.1	1.52	0.051

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



Jonathan Enrique Altamirano Llantop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Edfrenez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 48

Constancia de Ensayo de Resistencia al Desgaste o Abrasión-15% de AGCR por AGC



LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo

Solicitante

Proyecto / Obra

Ubicación

Inicio de Ensayo

Fin de Ensayo

ENSAYO

NORMA

: 1305A-26 / LEMS W&C

: Amalia Cristina, Cornejo Guevara

: Cindy, Omaira Ramirez

: Tesis "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregados grueso de concreto reciclado proveniente de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo"

: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

: Viernes, 15 de mayo de 2026

: Viernes, 15 de mayo de 2026

: Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

: ASTM C944 / C944M - 12

Muestra		Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa	Masa	Desgaste (g)	Desgaste (%)
									Inicial (g)	Final (g)		
M-1	Patrón + 15% Concreto Reciclado	Adoquín Tipo I	17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2920.5	2918.4	2.10	0.07
M-2			17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2935.2	2933.1	2.14	0.07
M-3			17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2912.8	2910.6	2.21	0.08

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
Jonal Enrique Altamirano Llantop
T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 49

Constancia de Ensayo de Resistencia al Desgaste o Abrasión-25% de AGCR por AGC



LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo : 1305A-26 / LEMS W&C
Solicitante : Amalia Cristina, Cornejo Guevara
: Cindy, Omaira Ramirez
Proyecto / Obra : Tesis "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregados grueso de concreto reciclado proveniente de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo "
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Inicio de Ensayo : Viernes, 15 de mayo de 2026
Fin de Ensayo : Viernes, 15 de mayo de 2026
ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra		Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Patrón + 25% Concreto Reciclado	Adoquín Tipo I	18/10/2025	15/11/2025	28	2	3	98	2866.3	2863.5	2.84	0.099
M-2			18/10/2025	15/11/2025	28	2	3	98	2872.4	2869.5	2.93	0.102
M-3			18/10/2025	15/11/2025	28	2	3	98	2858.9	2855.9	2.97	0.104

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



Jonathan Enrique Altamirano Llantop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Elfez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 50

Constancia de Ensayo de Resistencia al Desgaste o Abrasión-35% de AGCR por AGC



LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : 1305A-26 / LEMS W&C
Solicitante : Amalia Cristina, Cornejo Guevara
 : Cindy, Omaira Ramirez
Proyecto / Obra : Tesis "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregados grueso de concreto reciclado proveniente de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Inicio de Ensayo : Viernes, 15 de mayo de 2026
Fin de Ensayo : Viernes, 15 de mayo de 2026
ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa	Masa	Desgaste (g)	Desgaste (%)	
								Inicial (g)	Final (g)			
M-1	Patrón + 35% Concreto Reciclado	Adoquín Tipo I	17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2818.6	2815.0	3.61	0.128
M-2			17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2824.2	2820.5	3.67	0.130
M-3			17/04/2026	15/05/2026	28	2	3	98	2810.5	2806.9	3.63	0.129

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
Jhonatan Enrique Altamirano Llantop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 51

Constancia de ensayo de Variación Dimensional a los 28 días del Adoquín Patrón

EMP ASFALTOS		SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.														
INFORME DE ENSAYO																
METODO DE ENSAYO		: VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN MAXIMO														
REFERENCIA NORMATIVA		: NTP 399.611														
CLIENTE		: Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva														
TIPO DE PRODUCTO		: Adoquin														
FECHA DE EMISION : Indicada																
RESP. LAB. : S.B.F.																
TEC. LAB. : L.M.H.M																
ENSAYO	CODIGO INTERNO	DESCRIPCIÓN DEL ADOQUIN	FECHA	DIMENSIONES DE FABRICACIÓN (DE)			MEDIDA PROMEDIO (MP)			VARIACIÓN DE DIMENSIÓN (V)			VARIACIÓN DE DIMENSIÓN (V%)			ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD
N°			INICIO - FINAL	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO	ANCHO	ALTURA	
1	MI26-0456	Adoquín Patrón	15/05/2026	200.00	100.00	60.00	200.15	100.16	60.26	0.15	0.16	0.26	0.08%	0.16%	0.43%	Cumple
2	MI26-0457		15/05/2026	200.00	100.00	60.00	199.84	99.82	59.72	0.16	0.18	0.28	0.08%	0.18%	0.47%	Cumple
3	MI26-0458		15/05/2026	200.00	100.00	60.00	200.19	100.15	60.31	0.19	0.15	0.31	0.09%	0.15%	0.52%	Cumple

Observaciones :

- * El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida.
- * Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- * Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.
- * El solicitante brindo toda la información sobre el producto, por lo que salimos de toda responsabilidad por cuestiones que

Fin de documento

EMP ASFALTOS
CHICLAYO - PERÚ

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Bata Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 52

Constancia de ensayo de Variación Dimensional a los 28 días del Adoquín a 15% de Reemplazo de AGC por AGCR

EMP ASFALTOS		SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.														
INFORME DE ENSAYO																
METODO DE ENSAYO		: VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN MAXIMO														
REFERENCIA NORMATIVA		: NTP 399.611														
CLIENTE		: Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva														
TIPO DE PRODUCTO		: Adoquín														
															FECHA DE EMISION : Indicada	
															RESP. LAB. : S.B.F.	
															TEC. LAB. : L.M.H.M	
ENSAYO	CODIGO INTERNO	DESCRIPCIÓN DEL ADOQUIN	FECHA	DIMENSIONES DE FABRICACIÓN (DE)			MEDIDA PROMEDIO (MP)			VARIACIÓN DE DIMENSIÓN (V)			VARIACIÓN DE DIMENSIÓN (V%)			ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD
N°			INICIO - FINAL	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO	ANCHO	ALTURA	
1	MI26-0459	Adoquín + 15% ACR	15/05/2026	200.00	100.00	60.00	200.74	100.68	61.35	0.74	0.68	1.35	0.37%	0.68%	2.25%	Cumple
2	MI26-0460		15/05/2026	200.00	100.00	60.00	199.21	99.24	58.54	0.79	0.76	1.46	0.39%	0.76%	2.43%	Cumple
3	MI26-0461		15/05/2026	200.00	100.00	60.00	200.82	100.71	61.42	0.82	0.71	1.42	0.41%	0.71%	2.37%	Cumple

Observaciones :

- * El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida.
- * Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- * Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.
- * El solicitante brindo toda la información sobre el producto, por lo que salimos de toda responsabilidad por cuestiones que

Fin de documento




SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Berra Fernández
REG. CIP. 169278

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 53

Constancia de ensayo de Variación Dimensional a los 28 días del Adoquín a 25% de Reemplazo de AGC por AGCR



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN MAXIMO

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 399.611

CLIENTE : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva

TIPO DE PRODUCTO : Adoquín

FECHA DE EMISION : Indicada

RESP. LAB. : S.B.F.

TEC. LAB. : L.M.H.M

ENSAYO Nº	CODIGO INTERNO	DESCRIPCIÓN DEL ADOQUIN	FECHA INICIO - FINAL	DIMENSIONES DE FABRICACIÓN (DE)			MEDIDA PROMEDIO (MP)			VARIACIÓN DE DIMENSIÓN (V)			VARIACIÓN DE DIMENSIÓN (V%)			ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD
				LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO	ANCHO	ALTURA	
1	MI26-0462	Adoquín + 25% ACR	15/05/2026	200.00	100.00	60.00	201.24	101.18	62.10	1.24	1.18	2.10	0.62%	1.18%	3.50%	Cumple
2	MI26-0463		15/05/2026	200.00	100.00	60.00	198.90	98.92	58.15	1.10	1.08	1.85	0.55%	1.08%	3.08%	Cumple
3	MI26-0464		15/05/2026	200.00	100.00	60.00	201.31	101.22	62.15	1.31	1.22	2.15	0.66%	1.22%	3.58%	Cumple

Observaciones :

- * El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida.
- * Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- * Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.
- * El solicitante brindo toda la información sobre el producto, por lo que salimos de toda responsabilidad por cuestiones que

Fin de documento





SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Barea Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 159278

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 54

Constancia de ensayo de Variación Dimensional a los 28 días del Adoquín a 35% de Reemplazo de AGC por AGCR



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN MÁXIMO

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 399.611

CLIENTE : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva

TIPO DE PRODUCTO : Adoquín

FECHA DE EMISION : Indicada

RESP. LAB. : S.B.F.

TEC. LAB. : L.M.H.M

ENSAYO N°	CODIGO INTERNO	DESCRIPCIÓN DEL ADOQUIN	FECHA	DIMENSIONES DE FABRICACIÓN (DE)			MEDIDA PROMEDIO (MP)			VARIACIÓN DE DIMENSIÓN (V)			VARIACIÓN DE DIMENSIÓN (V%)			ACEPTACIÓ N DE LA UNIDAD
			INICIO - FINAL	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LARGO	ANCHO	ALTURA	
1	MI26-0465	Adoquín + 35% ACR	15/05/2026	200.00	100.00	60.00	201.42	101.35	62.10	1.42	1.35	2.10	0.71%	1.35%	3.50%	Cumple
2	MI26-0466		15/05/2026	200.00	100.00	60.00	198.88	98.91	58.12	1.12	1.09	1.88	0.56%	1.09%	3.13%	Cumple
3	MI26-0467		15/05/2026	200.00	100.00	60.00	201.48	101.38	62.15	1.48	1.38	2.15	0.74%	1.38%	3.58%	Cumple

Observaciones :

- * El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida.
- * Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- * Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.
- * El solicitante brindo toda la información sobre el producto, por lo que salimos de toda responsabilidad por cuestiones que

Fin de documento





Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 55

Certificado de resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I en su fase I (7 días)

		EMP ASFALTOS Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C												
		Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.												
INFORME DE ENSAYO CI26-0321														
METODO DE ENSAYO		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES												
REFERENCIA NORMATIVA		NTP 339.611												
PROYECTO		Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo												
UBICACIÓN		Chiclayo												
CLIENTE		Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva												
TIPO DE PRODUCTO		Adoquines												
		FECHA DE EMISION : 24/04/2026 RESP. LAB. : S.B.F. TEC. LAB. : L.M.H.M												
Ensayo N°	Descripción	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	DIAS	Código de Muestra	Altura cm	Longitud cm	Ancho cm	Área de contacto cm ²	Lectura kN	Resistencia Kg/cm ² Mpa		Promedio Resistencia Kg/cm ²	Proyección de Resistencia Kg/cm ²
1	Adoquín Patrón	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0432	6.05	20.00	10.00	200.1	649.6	330.90	32	277	320
2	Adoquín Patrón	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0433	5.99	20.00	10.00	199.9	561.6	286.32	28		
3	Adoquín Patrón	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0434	6.01	20.01	10.00	200.1	598.4	304.80	30		
4	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0435	6.04	20.02	10.02	200.6	572.4	290.89	29		
5	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0436	5.96	19.97	9.98	199.3	553.9	283.27	28		
6	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0437	6.05	20.03	10.02	200.8	552.7	280.63	28		
7	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0438	6.08	20.05	10.04	201.3	525.6	266.15	26		
8	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0439	5.91	19.95	9.96	198.6	556.8	285.72	28		
9	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0440	6.09	20.05	10.05	201.5	524.8	265.48	26		
10	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0441	6.14	20.07	10.07	202.1	487.9	246.08	24		
11	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0442	5.85	19.92	9.92	197.7	454.3	234.20	23		
12	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	24/04/2026	7	MI26-0443	6.14	20.08	10.07	202.2	496.0	249.98	25		
Observaciones : * El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida. * Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio. * Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente. * El solicitante brindo toda la información sobre el producto, por lo que salimos de toda responsabilidad por														
Fin de documento.														

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 56

Certificado de resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I en su fase II (14 días)

		EMP ASFALTOS Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C												
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com														
INFORME DE ENSAYO CI26-0322														
METODO DE ENSAYO		: RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ADOQUINES												
REFERENCIA NORMATIVA		: NTP 339.611												
PROYECTO		: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo												
UBICACIÓN		: Chiclayo												
CLIENTE		: Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omsira Ramirez Leiva												
TIPO DE PRODUCTO		: Adoquines												
												FECHA DE EMISION : 01/05/2026 RESP. LAB. : S.B.F. TEC. LAB. : L.M.H.M		
Ensayo	Descripción	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	DIAS	Código de Muestra	Altura	Longitud	Ancho	Área de contacto	Lectura	Resistencia		Promedio Resistencia	Proyección de Resistencia
Nº						cm	cm	cm	cm²	kN	Kg/cm²	Mpa	Kg/cm²	Kg/cm²
1	Adoquín Patrón	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0444	6.01	20.00	10.00	200.1	762.5	388.36	38	354	320
2	Adoquín Patrón	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0445	5.99	20.00	10.00	199.9	779.8	397.56	39		
3	Adoquín Patrón	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0446	6.01	20.01	10.00	200.1	739.9	376.86	37		
4	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0447	6.09	20.05	10.04	201.4	727.5	368.25	36		
5	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0448	5.91	19.95	9.95	198.4	683.5	351.08	34		
6	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0449	6.09	20.05	10.04	201.3	738.6	373.93	37		
7	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0450	6.16	20.09	10.08	202.5	643.5	323.85	32		
8	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0451	5.82	19.91	9.91	197.3	710.1	366.87	36		
9	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0452	6.18	20.95	10.09	211.3	724.9	349.71	34		
10	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0453	6.19	20.12	10.12	203.5	634.0	317.49	31		
11	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0454	5.82	19.90	9.90	196.9	598.2	309.63	30		
12	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	01/05/2026	14	MI26-0455	6.21	20.13	10.12	203.7	642.3	321.36	32		
Observaciones : * El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida. * Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio. * Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente. * El solicitante brindo toda la información sobre el producto, por lo que salimos de toda responsabilidad por														
														
Autorizado por:  Ing. Secundino Burga Fernandez														
Fin de documento.														

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 57

Certificado de resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I en su fase III (28 días)

		EMP ASFALTOS Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C												
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com														
INFORME DE ENSAYO CI26-0323														
METODO DE ENSAYO		: RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ADOQUINES												
REFERENCIA NORMATIVA		: NTP 339.611												
PROYECTO		: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas												
UBICACIÓN		: demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo												
CLIENTE		: Chiclayo												
TIPO DE PRODUCTO		: Amalia Cristina Comejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva												
												FECHA DE EMISION : 15/05/2026		
												RESP. LAB. : S.B.F.		
												TEC. LAB. : L.M.H.M		
Ensayo N°	Descripción	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	DIAS	Código de Muestra	Altura cm	Longitud cm	Ancho cm	Area de contacto cm ²	Lectura kN	Resistencia Kg/cm ² Mpa		Promedio Resistencia Kg/cm ²	Proyección de Resistencia Kg/cm ²
1	Adoquín Patrón	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0456	6.03	20.02	10.02	200.5	955.8	485.96	48	428	320
2	Adoquín Patrón	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0457	5.97	19.98	9.98	199.5	889.0	454.24	45		
3	Adoquín Patrón	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0458	6.03	20.02	10.02	200.5	921.3	468.36	46		
4	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0459	6.14	20.07	10.07	202.1	815.0	411.03	40		
5	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0460	5.85	19.92	9.92	197.7	888.6	458.14	45		
6	Adoquín + 15% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0461	6.14	20.08	10.07	202.2	889.7	448.40	44		
7	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0462	6.21	20.12	10.12	203.6	782.5	391.72	38		
8	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0463	5.82	19.89	9.89	196.8	826.6	428.23	42		
9	Adoquín + 25% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0464	6.22	20.13	10.12	203.8	885.7	443.02	43		
10	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0465	6.21	20.14	10.14	204.1	761.2	380.08	37		
11	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0466	5.81	19.89	9.89	196.7	763.5	395.62	39		
12	Adoquín + 35% ACR	17/04/2026	15/05/2026	28	MI26-0467	6.22	20.15	10.14	204.3	755.6	377.05	37		
Observaciones : * El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida. * Las copias de este ensayo no son validas sin la autorización del laboratorio. * Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente. * El solicitante brindo toda la información sobre el producto, por lo que salimos de toda responsabilidad por														
														
Autorizado por:  Ing. Secundino Burga Fernandez														
Fin de documento.														

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 58

Constancia de contenido de humedad del AGCR al 0% de reemplazo

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C																												
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465   Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com																													
INFORME DE ENSAYO																													
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Comejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Tres Tomas : Agregado grueso : MI26-0212 : Moises Anderson Vasquez Vasquez																												
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20																													
SUELOS, Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. NTP 339,127:1998 (revisada el 2019)																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Número de tara</td> <td style="text-align: center;">18</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de tara</td> <td style="text-align: center;">211.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara + muestra húmeda (g)</td> <td style="text-align: center;">1403.4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara + muestra seca (g)</td> <td style="text-align: center;">1399.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del agua contenida (g)</td> <td style="text-align: center;">4.10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (g)</td> <td style="text-align: center;">1188</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Número de tara	18			Masa de tara	211.2			Masa de la tara + muestra húmeda (g)	1403.4			Masa de la tara + muestra seca (g)	1399.3			Masa del agua contenida (g)	4.10			Masa de la muestra seca (g)	1188			Contenido de Humedad (%)	0.35		
Número de tara	18																												
Masa de tara	211.2																												
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	1403.4																												
Masa de la tara + muestra seca (g)	1399.3																												
Masa del agua contenida (g)	4.10																												
Masa de la muestra seca (g)	1188																												
Contenido de Humedad (%)	0.35																												
Observaciones del ensayo * Muestra disturbada * Pesado constante : 2 horas * Horno controlado a : 110 +5°C * Exclusión de algún material : No * Más de un tipo de material : No																													
 Autorizado por:  Ing. Secundino Burga Fernandez																													

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 59

Constancia de granulometría al 0% de reemplazo de AGC por AGCR

INFORME DE ENSAYO							
PROYECTO (**)	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo						
UBICACIÓN (**)	Chiclayo						
CLIENTE (**)	: Aralia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Ormaiz Ramírez Leiva				FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19		
CANTERA (**)	: Tres Tomas				MUESTREADO POR (**) : -		
MATERIAL (**)	: Agregado grueso				FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19		
CODIGO DE MUESTRA (**)	: M126-0212				FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19		
TECNICO ENCARGADO	: Moises Anderson Vazquez Vazquez				FECHA DE EMISION : 2026-02-20		
AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Edición							
NTP 400.837.2021							
DATOS DEL ENSAYO							
Tamices	Abertura	Masa	% Retenido	% Retenido	% que	Huso 57	
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3 in.	76.200						
2 1/2 in.	63.500						
2 in.	50.800						
1 1/2 in.	38.100				100.0	100	- 100
1 in.	25.400	359.4	2.9	2.9	97.1	95	- 100
3/4 in.	19.050	2039.9	24.5	27.4	72.6		
1/2 in.	12.700	4366.9	35.3	62.7	37.3	25	- 60
3/8 in.	9.525	1849.4	14.9	77.7	22.3		
1/4 in.	6.350						
No. 4	4.760	2611.8	21.1	98.8	1.2	0	- 10
No. 8	2.380	151.5	1.2	100.0	0.0	0	- 5
No. 10	2.000						
No. 16	1.190						
No. 20	0.850						
No. 30	0.590						
No. 40	0.420						
No. 50	0.297						
No. 60	0.250						
No. 100	0.149						
No. 200	0.074						
Cazoleta							
		12365.9					
MALLAS US STANDARD							
Autorizado por:							
Ing. Secundino Burga Fernandez							

* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 60

Constancia de peso específico y absorción al 0% de reemplazo de AGC por AGCR

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C				
Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com					
INFORME DE ENSAYO					
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Teca Tomas : Agregado grueso : MI26-0212 : Moises Anderson Vasquez Vasquez				
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20					
AGREGADOS, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso, Método de ensayo, NTP 400.021:2020					
DATOS DEL ENSAYO					
A	Masa mol.sat. sup. ceca (en aire) (g)	2164.5	1765.6		
B	Masa mol.sat. sup. seca (en agua) (g)	1340.7	1094.2		
C	Vol. de masa + vol de vacios = A-B (g)	823.8	671.4		
D	Masa material seco en estufa (105 °C) (g)	2141.0	1746.5		
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)	890.3	652.3		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.599	2.601		2.600
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.627	2.630		2.629
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.675	2.677		2.676
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.098	1.094		1.10%




Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 61

Constancia de peso unitario del agregado grueso reciclado al 0% de reemplazo de AGC por AGCR

INFORME DE ENSAYO						
PROYECTO (**)	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo					
UBICACIÓN (**)	Chiclayo					
CLIENTE (**)	Amalia Cristina Conejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva					
CANTERA (**)	Tres Tomas			FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19		
MATERIAL (**)	Agregado grueso			MUESTREADO POR (**) : -		
CODIGO DE MUESTRA (**)	MI26-0212			FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19		
TECNICO ENCARGADO	Moises Anderson Vasquez Vasquez			FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19		
				FECHA DE EMISION : 2026-02-20		
AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados NTP 400.017:2020						
Peso unitario suelto						
		Identificación				
		1	2	3		Promedio
Masa del recipiente + muestra	(g)	18589	18411	18475		
Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044		
Masa de la muestra	(g)	13545	13367	13431		
Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446		
Peso unitario suelto seco	(g/cm ³)	1.434	1.415	1.422		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1434	1415	1422		1424
Peso unitario compactado						
		Identificación				
		1	2	3		Promedio
Masa del recipiente + muestra	(g)	19309	19462	19396		
Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044		
Masa de la muestra	(g)	14265	14418	14352		
Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446		
Peso unitario compactado seco	(g/cm ³)	1.510	1.526	1.519		
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000		
Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1510	1526	1519		1519
 Autorizado por: <u>Ing. Secundino Burga Fernandez</u>						

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 62

Constancia de contenido de humedad del agregado grueso reciclado al 15% de reemplazo AGC por AGCR

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C																												
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com																													
INFORME DE ENSAYO																													
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Tres Tomas : Agregado grueso + 15% AGR : MD6-0212 : Moises Anderson Vasquez Vasquez																												
FECHA DE MUESTREO (**): 2026-02-19 MUESTREADO POR (**): - FECHA DE RECEPCION: 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO: 2026-02-19 FECHA DE EMISION: 2026-02-20																													
SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. NTP 339.127:1998 (revisada el 2019)																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Número de tara</td> <td>21</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de tara</td> <td>189</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara + muestra húmeda (g)</td> <td>1383.4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara + muestra seca (g)</td> <td>1378.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del agua contenida (g)</td> <td>4.60</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (g)</td> <td>1190</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>0.39</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Número de tara	21			Masa de tara	189			Masa de la tara + muestra húmeda (g)	1383.4			Masa de la tara + muestra seca (g)	1378.8			Masa del agua contenida (g)	4.60			Masa de la muestra seca (g)	1190			Contenido de Humedad (%)	0.39		
Número de tara	21																												
Masa de tara	189																												
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	1383.4																												
Masa de la tara + muestra seca (g)	1378.8																												
Masa del agua contenida (g)	4.60																												
Masa de la muestra seca (g)	1190																												
Contenido de Humedad (%)	0.39																												
Observaciones del ensayo * Muestra disturbada * Pesado constante : 2 horas * Horno controlado a : 110 ±5°C * Exclusión de algún material : No * Más de un tipo de material : No																													
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. INTEGRADA POR EMP ASFALTOS S.A.C. Y LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. 																													

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 63

Constancia de granulometría del agregado grueso reciclado al 15% de reemplazo de AGC por AGCR

INFORME DE ENSAYO							
PROYECTO (**)	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo						
UBICACIÓN (**)	Chiclayo						
CLIENTE (**)	Amalia Cristina Comejo Guevara & Cindy Onaira Ramirez Leiva					FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19	
CANTERA (**)	Teca Teca					MUESTREADO POR (**) : -	
MATERIAL (**)	Agregado grueso + 15% AGCR					FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19	
CODIGO DE MUESTRA (**)	ME26-0212					FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19	
TECNICO ENCARGADO	Moises Anderson Vasquez Vasquez					FECHA DE EMISION : 2026-02-20	
AGREGADOS: Agregados para concreto. Especificaciones. 8a Edición NTP 400.037:2021							
DATOS DEL ENSAYO							
Tamices	Abertura en mm.	Masa Retenida	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Hoyo 57	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM							
3 in.	76.200						
2 1/2 in.	63.500						
2 in.	50.800						
1 1/2 in.	38.100				100.0	100 - 100	Tamaño Máximo 1 1/2 in.
1 in.	25.400	466.4	4.0	4.0	96.0	95 - 100	Tamaño Máximo Nominal 1 in.
3/4 in.	19.050	2976.1	25.3	29.3	70.7		Peso Inicial Total: 11747.5 g
1/2 in.	12.700	3878.7	33.0	62.3	37.7	25 - 60	
3/8 in.	9.525	1764.4	15.2	77.5	22.5		
1/4 in.	6.350						
No. 4	4.750	2409.0	20.5	98.0	2.0	0 - 10	
No. 8	2.360	212.9	2.0	100.0	0.0	0 - 5	
No. 10	2.000						
No. 16	1.190						
No. 20	0.840						
No. 30	0.590						
No. 40	0.420						
No. 50	0.297						
No. 60	0.250						
No. 100	0.149						
No. 200	0.074						
Cazoleta		11747.5					

MALLAS US STANDARD

TAMANO DEL GRANO EN MM.

INSTITUCION DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS
DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.S.
"INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.S."
RUC 20100123456789

**EMP. ASALTOS
CHICLAYO - PERU**

Autorizado por: Ing. Secundino Barga Fernandez

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 64

Constancia de peso específico, absorción del agregado grueso reciclado al 15% de reemplazo de AGC por AGCR

INFORME DE ENSAYO				
PROYECTO (**)	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo			
UBICACIÓN (**)	Chiclayo			
CLIENTE (**)	Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Otaiza Ramirez Leiva		FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19	
CANTERA (**)	Trea Tomas		MUESTREADO POR (**) : -	
MATERIAL (**)	Agregado grueso + 15% AGR		FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19	
CODIGO DE MUESTRA (**)	MI26-0212		FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19	
TECNICO ENCARGADO	Moises Anderson Vasquez Vasquez		FECHA DE EMISION : 2026-02-20	
AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.				
NTP 400.021:2020				
DATOS DEL ENSAYO				
A	Masa mat.sat. sup. seca (en aire) (g)	2389.2	1926.9	
B	Masa mat.sat. sup. seca (en agua) (g)	1514.2	1236.5	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (g)	875.0	690.4	
D	Masa material seco en estufa (105 °C) (g)	2435.2	1826.4	
E	Vol. de masa = C÷ (A÷D) (gr)	921.0	589.9	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.783	2.645	2.714
	Pe bulk (Base saturado) = A/C	2.731	2.791	2.761
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.644	3.096	2.870
	% de absorción = ((A÷D) / D * 100)	-1.888	5.505	1.81%
 SERVICIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y ASFALTOS S.A.C. Bv. Andina 8000 CHICLAYO, PERU REG. MTC 147278  Autorizado por: _____ Ing. Secundino Burga Fernandez				

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 65

Constancia del Peso Unitario Suelto Seco y Peso Unitario Compactado del 15% de
reemplazo de AGC por AGCR

		SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C				
Av. Vicente Russo Lote 1.5/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com						
INFORME DE ENSAYO						
PROYECTO (**)	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo					
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo					
CLIENTE (**)	: Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Osmira Ramirez Leiva			FECHA DE MUESTREO (**): 2026-02-19		
CANTERA (**)	: Tres Tomas			MUESTREADO POR (**): -		
MATERIAL (**)	: Agregado grueso + 15% AGR			FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19		
CODIGO DE MUESTRA (**)	: MI26-0212			FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19		
TECNICO ENCARGADO	: Moises Anderson Vasquez Vasquez			FECHA DE EMISION : 2026-02-20		
AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados NTP 400.017:2020						
Peso unitario suelto						
		Identificación				Promedio
		1	2	3		
Masa del recipiente + muestra	(g)	18410	18398	18420		
Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044		
Masa de la muestra	(g)	13366	13354	13376		
Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446		
Peso unitario suelto seco	(g/cm ³)	1.415	1.414	1.416		
Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1415	1414	1416		1415
Peso unitario compactado						
		Identificación				Promedio
		1	2	3		
Masa del recipiente + muestra	(g)	19218	19250	19235		
Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044		
Masa de la muestra	(g)	14174	14206	14191		
Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446		
Peso unitario compactado seco	(g/cm ³)	1.501	1.504	1.502		
Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1501	1504	1502		1502
 						

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 66

Constancia de contenido de humedad al 25% de reemplazo de AGC por AGCR

		SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C	
Av. Vicente Ruiz Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS 948 852 632 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab30@gmail.com			
INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO (**)	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo		
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo		
CLIENTE (**)	: Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omayra Ramirez Leiva		FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19
CANTERA (**)	: Tres Tomas		MUESTREADO POR (**) : -
MATERIAL (**)	: Agregado grueso + 25% AGC		FECHA DE RECEPCIÓN : 2026-02-19
CODIGO DE MUESTRA (**)	: M126-0212		FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19
TECNICO ENCARGADO	: Moises Anderson Vasquez Vasquez		FECHA DE EMISION : 2026-02-20
AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable por secado NTP 339.185:2002			
Número de tara	35		
Masa de tara	183		
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	1423.3		
Masa de la tara + muestra seca (g)	1418.2		
Masa del agua contenida (g)	5.10		
Masa de la muestra seca (g)	1235		
Contenido de Humedad (%)	0.41		
Observaciones del ensayo * Muestra disturbada * Pondero constante : 2 horas * Horno controlado a : 110 ±5°C * Exclusión de algún material : No * Más de un tipo de material : No			
		 Autorizado por:	
		 Ing. Secundino Burga Fernandez	
* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida. * El informe de ensayo no puede ser reproducido de manera total o parcial sin autorización escrita del laboratorio de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos. Asimismo, este informe no tiene validez sin la firma del Supervisor de laboratorio en todo el documento. * Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente. (**) Información proporcionado por el cliente. El laboratorio no se hace responsable de esta información suministrada.			

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 68

Constancia de peso específico, absorción al 25% de reemplazo de AGC por AGCR

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C			
Av. Vicente Ruiz Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487857465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com				
INFORME DE ENSAYO				
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Osmaira Ramirez Leiva : Tres Tomas : Agregado grueso + 25% AGR : M26-0212 : Moises Anderson Vasquez Vasquez			
FECHA DE MUESTREO (**): 2026-02-19 MUESTREADO POR (**): - FECHA DE RECEPCION: 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO: 2026-02-19 FECHA DE EMISION: 2026-02-20				
AGREGADOS, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo, NTP 400.021:2020				
DATOS DEL ENSAYO				
A	Masa mat sat. sup. seca (en aire) (g)	2089.8	2201.6	
B	Masa mat sat. sup. seca (en agua) (g)	1248.2	1311.5	
C	Vol. de masa + vol de vacios = A-B (g)	841.6	890.1	
D	Masa material seco en estufa (105 °C) (g)	2051.2	2153.9	
E	Vol. de masa = C - (A - D) (gr)	803.0	842.4	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.437	2.420	2.429
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.483	2.473	2.478
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.554	2.557	2.556
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.880	2.214	2.05%
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Secundino Burga Fernandez RUC: 20487857465  Autorizado por: _____ Ing. Secundino Burga Fernandez				

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 69

Constancia del Peso Unitario Suelto Seco y Peso Unitario Compactado del 25% de reemplazo de AGC por AGCR

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C																																																																								
Av. Vicente Russo Lote 1.5/M - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com																																																																									
INFORME DE ENSAYO																																																																									
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omasa Ramirez Leiva : Tres Tomas : Agregado grueso + 25% AGR : MI26-0212 : Moises Anderson Vasquez Vasquez																																																																								
	FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREADO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20																																																																								
AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados NTP 400.017:2020																																																																									
Peso unitario suelto																																																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th></th> <th colspan="3">Identificación</th> <th></th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>Promedio</th> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente + muestra</td> <td>(g)</td> <td>18325</td> <td>18310</td> <td>18338</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente</td> <td>(g)</td> <td>5044</td> <td>5044</td> <td>5044</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra</td> <td>(g)</td> <td>13281</td> <td>13266</td> <td>13294</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>(cm³)</td> <td>9446</td> <td>9446</td> <td>9446</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario suelto seco</td> <td>(g/cm³)</td> <td>1.406</td> <td>1.404</td> <td>1.407</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario suelto seco</td> <td>(kg/m³)</td> <td>1406</td> <td>1404</td> <td>1407</td> <td>1406</td> </tr> </table>			Identificación						1	2	3	Promedio	Masa del recipiente + muestra	(g)	18325	18310	18338		Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044		Masa de la muestra	(g)	13281	13266	13294		Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446		Peso unitario suelto seco	(g/cm ³)	1.406	1.404	1.407																										Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1406	1404	1407	1406
		Identificación																																																																							
		1	2	3	Promedio																																																																				
Masa del recipiente + muestra	(g)	18325	18310	18338																																																																					
Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044																																																																					
Masa de la muestra	(g)	13281	13266	13294																																																																					
Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446																																																																					
Peso unitario suelto seco	(g/cm ³)	1.406	1.404	1.407																																																																					
Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1406	1404	1407	1406																																																																				
Peso unitario compactado																																																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th></th> <th colspan="3">Identificación</th> <th></th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>Promedio</th> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente + muestra</td> <td>(g)</td> <td>18930</td> <td>18952</td> <td>18935</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente</td> <td>(g)</td> <td>5044</td> <td>5044</td> <td>5044</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra</td> <td>(g)</td> <td>13886</td> <td>13908</td> <td>13891</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>(cm³)</td> <td>9446</td> <td>9446</td> <td>9446</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario compactado seco</td> <td>(g/cm³)</td> <td>1.470</td> <td>1.472</td> <td>1.471</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario compactado seco</td> <td>(kg/m³)</td> <td>1470</td> <td>1472</td> <td>1471</td> <td>1471</td> </tr> </table>			Identificación						1	2	3	Promedio	Masa del recipiente + muestra	(g)	18930	18952	18935		Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044		Masa de la muestra	(g)	13886	13908	13891		Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446		Peso unitario compactado seco	(g/cm ³)	1.470	1.472	1.471																										Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1470	1472	1471	1471
		Identificación																																																																							
		1	2	3	Promedio																																																																				
Masa del recipiente + muestra	(g)	18930	18952	18935																																																																					
Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044																																																																					
Masa de la muestra	(g)	13886	13908	13891																																																																					
Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446																																																																					
Peso unitario compactado seco	(g/cm ³)	1.470	1.472	1.471																																																																					
Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1470	1472	1471	1471																																																																				
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Secundino Barga Fernandez RUC: 20487357465  EMP ASFALTOS CHICLAYO - PERU RUC: 20487357465 Autorizado por: <u>Ing. Secundino Barga Fernandez</u>																																																																									

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 70

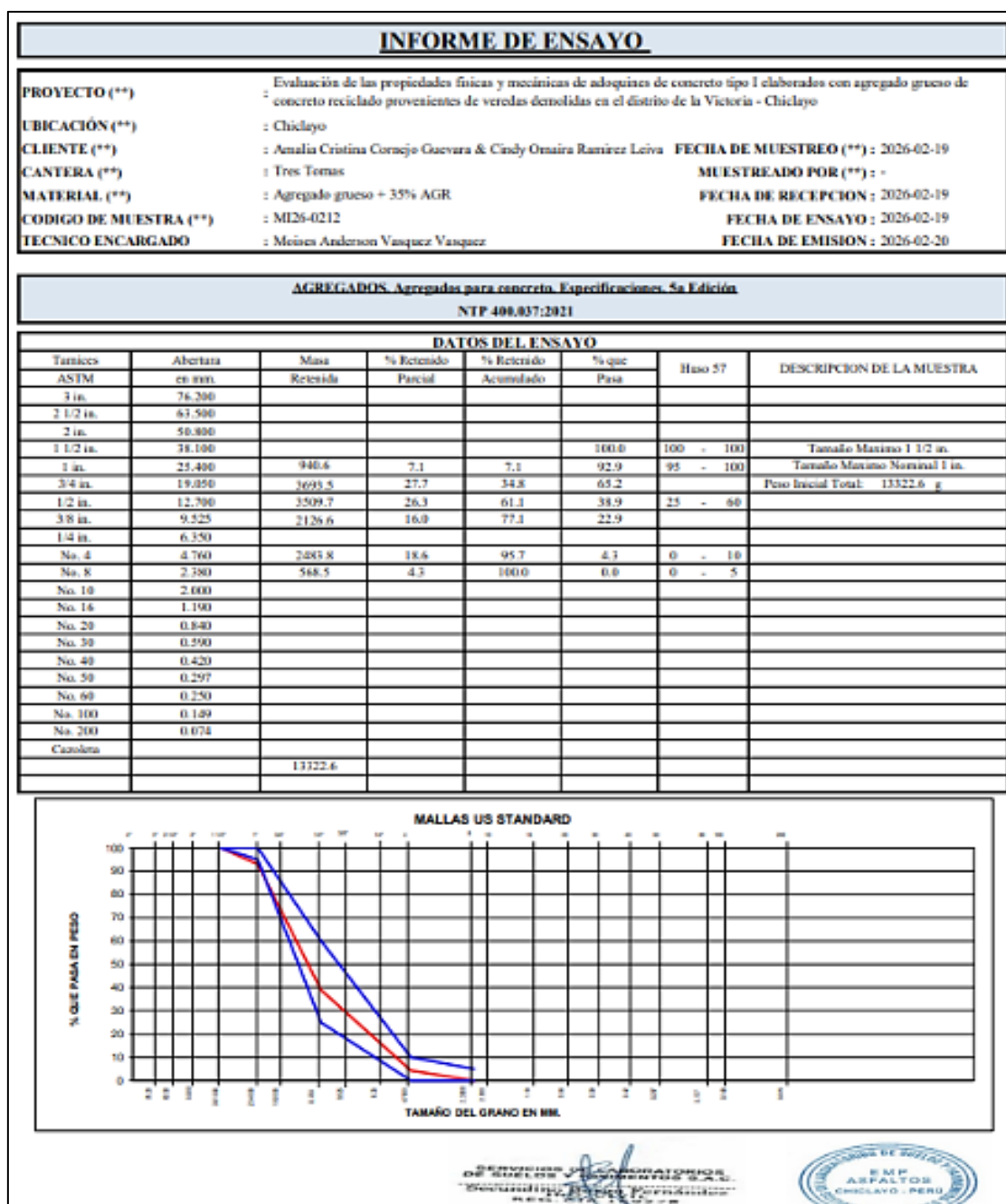
Constancia de contenido de humedad al 35% de reemplazo de AGC por AGCR

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C																												
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com																													
INFORME DE ENSAYO																													
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Comejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Tres Tomas : Agregado grueso + 35% AGR : MI26-0212 : Moises Anderson Vasquez Vasquez FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREADO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20																												
AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable por secado NTP-339.185:2002																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Número de tara</td><td style="text-align: center;">51</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Masa de tara</td><td style="text-align: center;">195</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Masa de la tara + muestra húmeda (g)</td><td style="text-align: center;">1846.2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Masa de la tara + muestra seca (g)</td><td style="text-align: center;">1839.2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Masa del agua contenida (g)</td><td style="text-align: center;">7.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Masa de la muestra seca (g)</td><td style="text-align: center;">1644</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Contenido de Humedad (%)</td><td style="text-align: center;">0.43</td><td></td><td></td></tr> </table>		Número de tara	51			Masa de tara	195			Masa de la tara + muestra húmeda (g)	1846.2			Masa de la tara + muestra seca (g)	1839.2			Masa del agua contenida (g)	7.00			Masa de la muestra seca (g)	1644			Contenido de Humedad (%)	0.43		
Número de tara	51																												
Masa de tara	195																												
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	1846.2																												
Masa de la tara + muestra seca (g)	1839.2																												
Masa del agua contenida (g)	7.00																												
Masa de la muestra seca (g)	1644																												
Contenido de Humedad (%)	0.43																												
Observaciones del ensayo * Muestra disturbada * Pesado constante : 2 horas * Horno controlado a : 110 ± 5°C * Exclusión de algún material : No * Más de un tipo de material : No																													
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. "Sosteniendo el desarrollo provincial" 																													

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 71

Constancia de granulometría al 35% de reemplazo de AGC por AGCR



Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 72

Constancia de peso específico, absorción al 35% de reemplazo de AGC por AGCR

 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C					
Av. Vicente Raso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com					
INFORME DE ENSAYO					
PROYECTO (**)	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo				
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo				
CLIENTE (**)	: Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva				
CANTERA (**)	: Tres Tomas				
MATERIAL (**)	: Agregado grueso + 35% AGR				
CODIGO DE MUESTRA (**)	: M126-0212				
TECNICO ENCARGADO	: Moises Anderson Viquez Viquez				
FECHA DE MUESTREO (**)	: 2026-02-19				
MUESTREADO POR (**)	: -				
FECHA DE RECEPCION	: 2026-02-19				
FECHA DE ENSAYO	: 2026-02-19				
FECHA DE EMISION	: 2026-02-20				
AGREGADOS, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo. NTP 400.021:2020					
DATOS DEL ENSAYO					
A	Masa mat. sat. sup. seca (en aire) (g)	2220.2	2375.4		
B	Masa mat. sat. sup. seca (en agua) (g)	1325.5	1364.1		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (g)	894.7	1011.3		
D	Masa material seco en estufa (105 °C)(g)	2213.8	2280.3		
E	Vol. de masa = C - (A - D) (gr)	888.3	916.2		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.474	2.255		2.365
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.482	2.349		2.415
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.492	2.489		2.491
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.289	4.171		2.23%
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Secundino Barga Fernandez REG. 014 196218					
					
Autorizado por: <u>Ing. Secundino Barga Fernandez</u>					
* El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.					

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 73

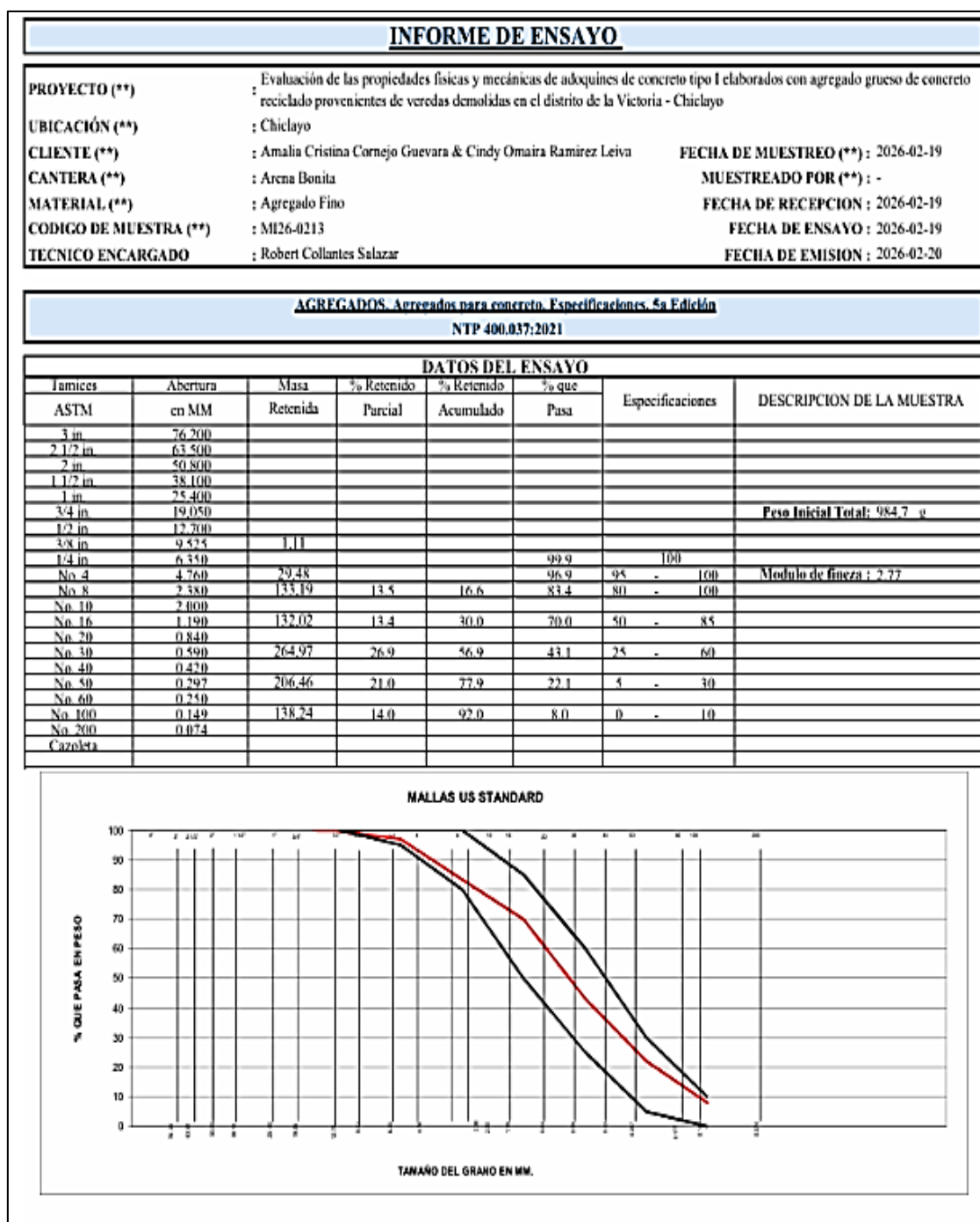
Constancia del Peso Unitario Suelto Seco y Peso Unitario Compactado del 35% de reemplazo de AGC por AGCR

INFORME DE ENSAYO						
PROYECTO (**)	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo					
UBICACIÓN (**)	: Chiclayo					
CLIENTE (**)	: Analía Cristina Cornejo Guevara & Cindy Osnaira Ramirez Leiva				FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19	
CANTERA (**)	: Tres Tomas				MUESTREADO POR (**) : -	
MATERIAL (**)	: Agregado grueso + 35% AGR				FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19	
CODIGO DE MUESTRA (**)	: MI26-0212				FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19	
TECNICO ENCARGADO	: Meives Anderson Vasquez Vasquez				FECHA DE EMISION : 2026-02-20	
AGREGADOS: Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados						
NTP 400.017:2020						
Peso unitario suelto						
		Identificación				Promedio
		1	2	3		
Masa del recipiente + muestra	(g)	18210	18220	18226		
Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044		
Masa de la muestra	(g)	13166	13176	13182		
Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446		
Peso unitario suelto seco	(g/cm ³)	1.394	1.395	1.396		
Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1394	1395	1396		1395
Peso unitario compactado						
		Identificación				Promedio
		1	2	3		
Masa del recipiente + muestra	(g)	18690	18710	18750		
Masa del recipiente	(g)	5044	5044	5044		
Masa de la muestra	(g)	13646	13666	13706		
Volumen	(cm ³)	9446	9446	9446		
Peso unitario compactado seco	(g/cm ³)	1.445	1.447	1.451		
Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1445	1447	1451		1447
 						
Autorizado por: <u>Ing. Secundino Barga Fernández</u>						

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 75

Constancia de Granulometría para el Agregado Fino



Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 76

Constancia del Contenido de Humedad del Agregado Fino

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C																												
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com																													
INFORME DE ENSAYO																													
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Comejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Arena Bonita : Agregado Fino : M126-0213 : Robert Collantes Salazar																												
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREADO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20																													
SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. NTP 339.127:1998 (revisada el 2019)																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Descripción</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Masa de tura</td> <td style="text-align: center;">205,6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la tura + muestra húmeda (g)</td> <td style="text-align: center;">1150,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la tura + muestra seca (g)</td> <td style="text-align: center;">1132,6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del agua contenida (g)</td> <td style="text-align: center;">18,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (g)</td> <td style="text-align: center;">927,0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td style="text-align: center;">1,96</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Descripción	2			Masa de tura	205,6			Masa de la tura + muestra húmeda (g)	1150,8			Masa de la tura + muestra seca (g)	1132,6			Masa del agua contenida (g)	18,2			Masa de la muestra seca (g)	927,0			Contenido de Humedad (%)	1,96		
Descripción	2																												
Masa de tura	205,6																												
Masa de la tura + muestra húmeda (g)	1150,8																												
Masa de la tura + muestra seca (g)	1132,6																												
Masa del agua contenida (g)	18,2																												
Masa de la muestra seca (g)	927,0																												
Contenido de Humedad (%)	1,96																												
Observaciones del ensayo * Muestra disturbada * Pesado constante : 2 horas * Horno controlado a : 110 ±5°C * Exclusión de algún material : No * Más de un tipo de material : No																													

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 77

Constancia de la densidad absorción del agregado fino

 EMP ASFALTOS	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com				
INFORME DE ENSAYO					
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez La : Arena Bonita : Agregado Fino : MI26-0213 : Robert Collantes Salazar				
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREADO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20					
AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Edición NTP 400.022:2021					
DATOS DEL ENSAYO					
A	Masa mat. sat. sup. seco (en aire) (g)	500,6	500,1		
B	Masa frasco + agua	689,4	688,9		
C	Masa frasco + agua + A (g)	1190,0	1189,0		
D	Masa del mat. + agua en el frasco (g)	1000,0	998,2		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (g)	190,0	190,8		
F	Masa de mat. seco en estufa (105°C) (g)	494,6	494,0		
G	Vol de masa = E - (A - F) (g)	184,0	184,7		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2,603	2,589		2,596
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,635	2,621		2,628
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2,688	2,675		2,681
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1,213	1,235		1,22%

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 78

Constancia del Peso Unitario Suelto y Compactado de la Arena

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C																																																																								
Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com																																																																									
INFORME DE ENSAYO																																																																									
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Arena Bonita : Agregado Fino : MI26-0213 : Robert Collantes Salazar																																																																								
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20																																																																									
AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados NTP 400.017:2020																																																																									
Peso unitario suelto																																																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Identificación</th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th style="width: 15%;">1</th> <th style="width: 15%;">2</th> <th style="width: 15%;">3</th> <th style="width: 15%;">Promedio</th> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente + muestra</td> <td>(g)</td> <td>7200</td> <td>7221</td> <td>7212</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente</td> <td>(g)</td> <td>2767</td> <td>2767</td> <td>2767</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra</td> <td>(g)</td> <td>4433</td> <td>4454</td> <td>4445</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>(cm³)</td> <td>2808</td> <td>2808</td> <td>2808</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario suelto seco</td> <td>(g/cm³)</td> <td>1.579</td> <td>1.586</td> <td>1.583</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad</td> <td>(%)</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario suelto seco</td> <td>(kg/m³)</td> <td>1579</td> <td>1586</td> <td>1583</td> <td>1583</td> </tr> </table>			Identificación						1	2	3	Promedio	Masa del recipiente + muestra	(g)	7200	7221	7212		Masa del recipiente	(g)	2767	2767	2767		Masa de la muestra	(g)	4433	4454	4445		Volumen	(cm ³)	2808	2808	2808		Peso unitario suelto seco	(g/cm ³)	1.579	1.586	1.583		Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000																				Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1579	1586	1583	1583
		Identificación																																																																							
		1	2	3	Promedio																																																																				
Masa del recipiente + muestra	(g)	7200	7221	7212																																																																					
Masa del recipiente	(g)	2767	2767	2767																																																																					
Masa de la muestra	(g)	4433	4454	4445																																																																					
Volumen	(cm ³)	2808	2808	2808																																																																					
Peso unitario suelto seco	(g/cm ³)	1.579	1.586	1.583																																																																					
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000																																																																					
Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1579	1586	1583	1583																																																																				
Peso unitario compactado																																																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Identificación</th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th style="width: 15%;">1</th> <th style="width: 15%;">2</th> <th style="width: 15%;">3</th> <th style="width: 15%;">Promedio</th> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente + muestra</td> <td>(g)</td> <td>7635</td> <td>7646</td> <td>7659</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente</td> <td>(g)</td> <td>2767</td> <td>2767</td> <td>2767</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra</td> <td>(g)</td> <td>4868</td> <td>4879</td> <td>4892</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>(cm³)</td> <td>2808</td> <td>2808</td> <td>2808</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario compactado seco</td> <td>(g/cm³)</td> <td>1.734</td> <td>1.738</td> <td>1.742</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad</td> <td>(%)</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario compactado seco</td> <td>(kg/m³)</td> <td>1734</td> <td>1738</td> <td>1742</td> <td>1738</td> </tr> </table>			Identificación						1	2	3	Promedio	Masa del recipiente + muestra	(g)	7635	7646	7659		Masa del recipiente	(g)	2767	2767	2767		Masa de la muestra	(g)	4868	4879	4892		Volumen	(cm ³)	2808	2808	2808		Peso unitario compactado seco	(g/cm ³)	1.734	1.738	1.742		Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000																				Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1734	1738	1742	1738
		Identificación																																																																							
		1	2	3	Promedio																																																																				
Masa del recipiente + muestra	(g)	7635	7646	7659																																																																					
Masa del recipiente	(g)	2767	2767	2767																																																																					
Masa de la muestra	(g)	4868	4879	4892																																																																					
Volumen	(cm ³)	2808	2808	2808																																																																					
Peso unitario compactado seco	(g/cm ³)	1.734	1.738	1.742																																																																					
Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000	0.000																																																																					
Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1734	1738	1742	1738																																																																				

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 79

Constancia del Equivalente de Arena

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C				
Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com					
INFORME DE ENSAYO					
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Arena Bonita : Agregado Fino : MI26-0213 : Robert Collantes Salazar				
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20					
SUELOS. Método de ensayo normalizado para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino. 1ª Edición NTP 339.146:2000 (revisada el 2019)					
DATOS DEL ENSAYO					
Muestra	01	02	03		
Hora de entrada	09:25	09:27	09:29		
Hora de salida	09:35	09:37	09:39		
Hora de entrada	09:37	09:39	09:41		
Hora de salida	09:57	09:59	10:01		
Altura de nivel Material fino (A)	6,4	5,9	6,0		
Altura de nivel Arena (B)	4,9	4,5	4,5		
Equivalente de arena (B x 100/A)	76,6%	76,3%	75,0%		
Promedio		76%			

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 80

Constancia de materiales más finos que pasan por el tamiz No.75 en la Arena

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C			
Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com				
INFORME DE ENSAYO				
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Arena Bonita : Agregado Fino : MI26-0213 : Robert Collantes Salazar			
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREADO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20				
AGREGADOS. Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (No. 200) por lavado en agregados. 4a Edición NTP 400.018:2020				
DATOS DEL ENSAYO				
Tara	Peso inicial seco	Peso después de lavado	Resultado	
1	300,1	291,5	3,0	

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 81

Constancia de determinación de sales solubles en la Arena

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C		
Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com			
INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Arena Bonita : Agregado Fino : MI26-0213 : Robert Collantes Salazar		
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREADO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20			
SUELOS, Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea. NTP 339.152 2002 (revisada el 2015)			
DATOS DEL ENSAYO			
	Identificación	Promedio	
Muestra	1	2	
Masa tarro (biker 100 mL) Pyrex	118,20	113,36	
Masa tarro + agua + sal	168,18	163,29	
Masa tarro seco + sal	118,22	113,38	
Masa de sal	0,02	0,02	
Masa de agua	49,98	49,93	
Porcentaje de sal	0,04	0,04	0,04

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 82*Constancia de contenido de sulfatos en la arena*

 EMP ASFALTOS	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com		
INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANtera (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Arnelia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Arena Bonita : Agregado Fino : MI26-0213 : Robert Collantes Salazar		
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREADO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20			
<u>SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.</u> NTP 339.178 2002 (revisada el 2015)			
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción	Partes por millón (ppm)	Resultados (%)	Conclusión
Contenido de sulfatos (SO4-2)	70	0,007	Insignificante

Nota. Constancia de Laboratorio

Figura 83

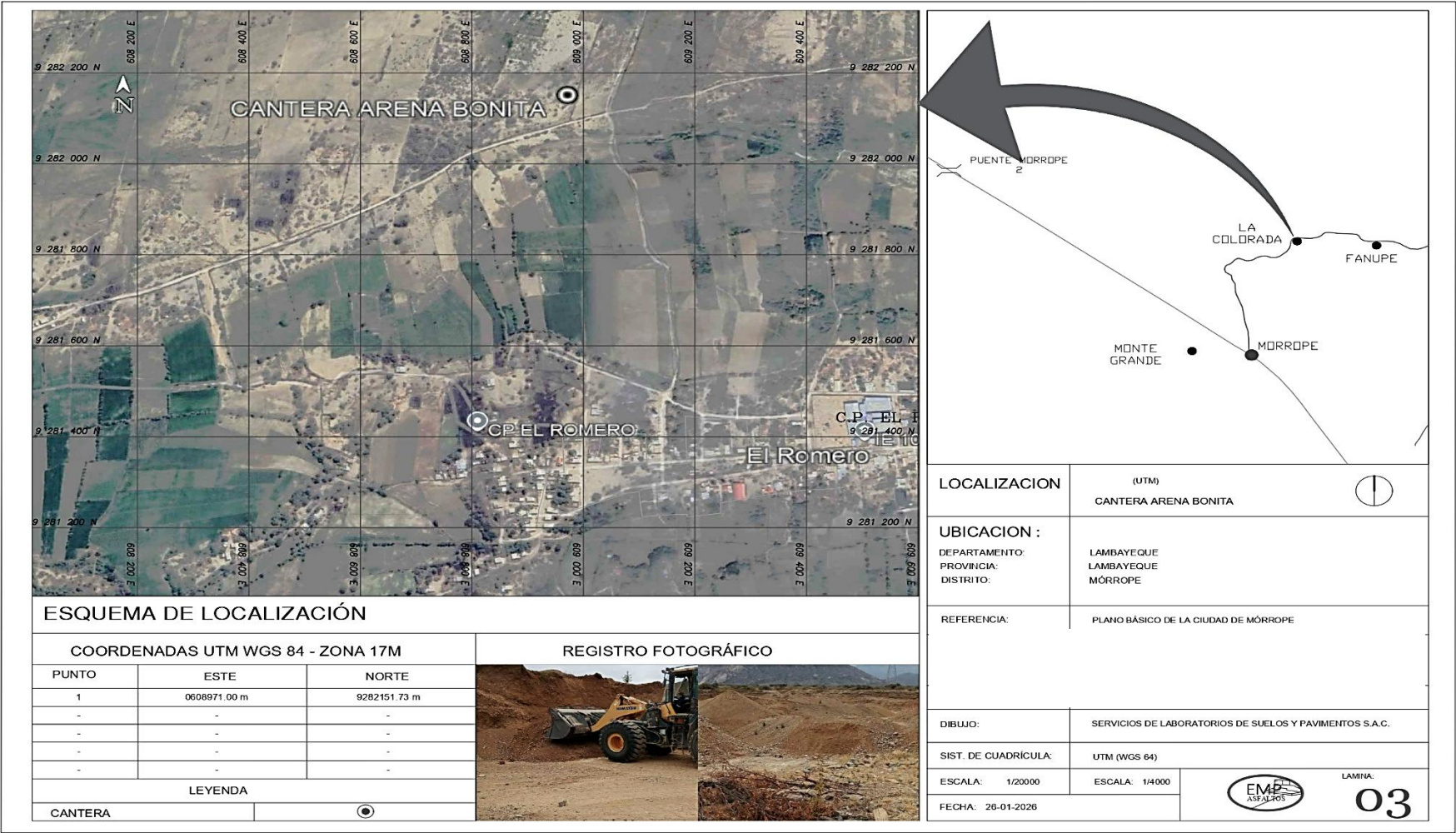
Constancia de contenido de cloruros de la arena

	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C		
Av. Vicente Russo Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios.lab20@gmail.com			
INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO (**) UBICACIÓN (**) CLIENTE (**) CANTERA (**) MATERIAL (**) CODIGO DE MUESTRA (**) TECNICO ENCARGADO	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto tipo I elaborados con agregado grueso de concreto reciclado provenientes de veredas demolidas en el distrito de la Victoria - Chiclayo : Chiclayo : Amalia Cristina Cornejo Guevara & Cindy Omaira Ramirez Leiva : Arena Bonita : Agregado Fino : MI26-0213 : Robert Collantes Salazar		
FECHA DE MUESTREO (**) : 2026-02-19 MUESTREADO POR (**) : - FECHA DE RECEPCION : 2026-02-19 FECHA DE ENSAYO : 2026-02-19 FECHA DE EMISION : 2026-02-20			
<u>SUELOS, Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea,</u> NTP 339.177 2002 (revisada el 2015)			
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción	Partes por millón (ppm)	Resultados (%)	Conclusión
Contenido de cloruros (CL)	91	0,0091	Insignificante

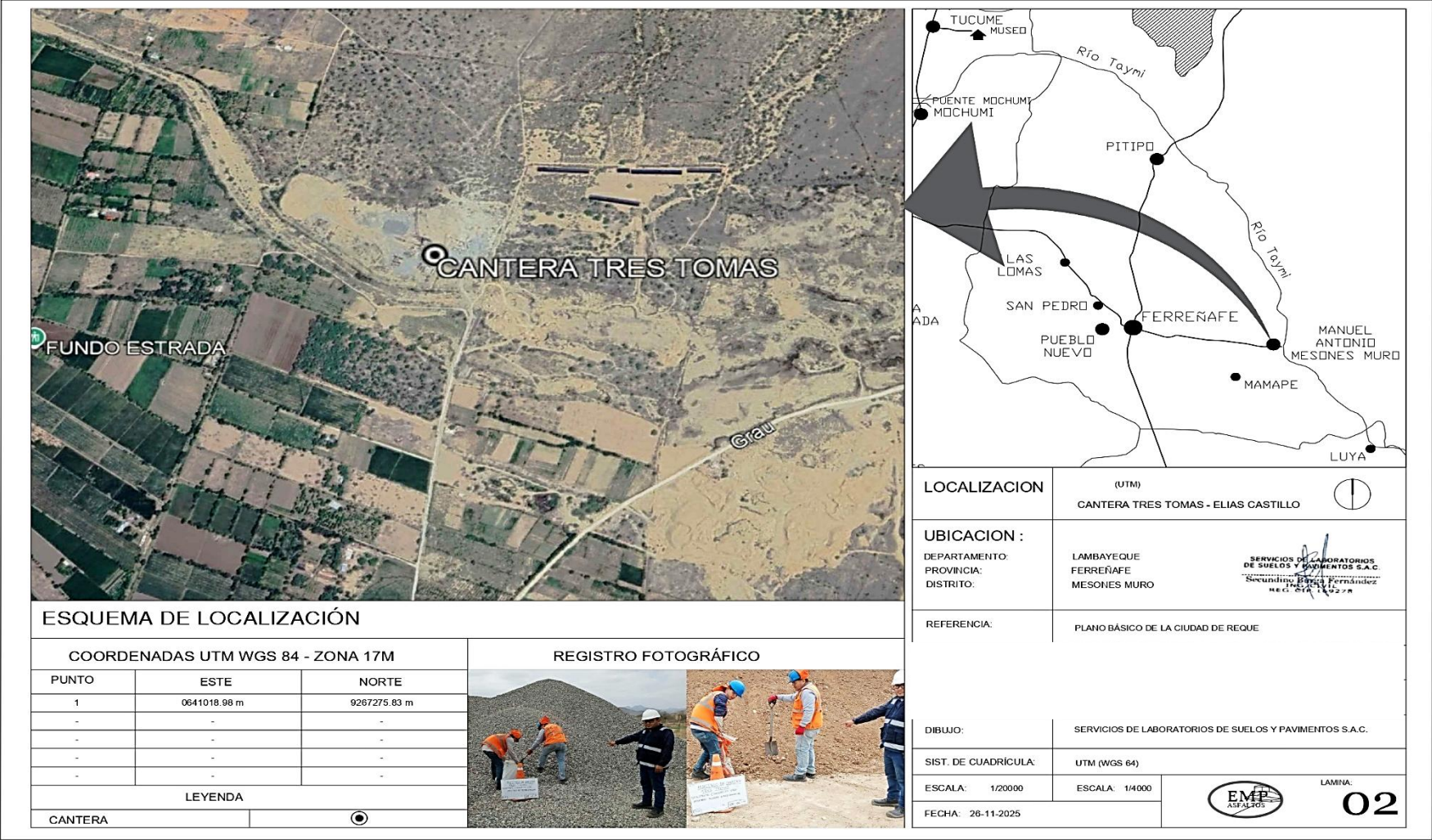
Nota. Constancia de Laboratorio

Anexo N°11. Planos de ubicación de canteras

Cantera Arena Bonita



Cantera Tres Tomas



La Victoria, 03 de marzo del 2025

Srs.:

Municipalidad Distrital de la Victoria.

Atención: Gerencia de Desarrollo Territorial e Infraestructura de la MDLV

Ciudad.-



ASUNTO: Coordinaciones para información, con fines académicos, para desarrollo de tesis.

Las suscritas, Cornejo Guevara Amalia Cristina y Ramirez Leiva Cindy Omaira, egresadas de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, nos dirigimos respetuosamente a su despacho y a la vez hacer de su conocimiento, lo siguiente:

Que, en la actualidad estamos desarrollando nuestro proyecto de Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil, titulado: "INCORPORACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES PARA USO PEATONAL EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA - CHICLAYO - LAMBAYEQUE", el cual está enfocado en el reciclaje de los residuos de concreto, proveniente de la demolición de veredas, sardineles y otros afines, realizadas en la jurisdicción de este distrito.

Que, siendo indispensable para el desarrollo de la referida tesis, la información concerniente y relacionada con el manejo de los demolición de veredas, sardineles y otros afines, que se realiza en la jurisdicción del distrito, solicito a Usted, autorice a las áreas correspondientes, nos permitan coordinar y facilitar la información que se requiere, con fines académicos, la cual será de vital importancia para el desarrollo de nuestra Tesis, y que la misma servirá como aporte al desarrollo de nuestro distrito, mitigando la contaminación ambiental, entre otros.

Sin otro particular, nos despedimos de usted, estando seguras de contar con su apoyo, reiterándole nuestra consideración y estima personal.

Atentamente,

Cornejo Guevara Amalia Cristina

DNI N° 71574082

Dirección: Mz "J" Lote 16
Urbanización Los Cedros de la Pradera.

Tesista

Ramirez Leiva Cindy Omaira

DNI N° 76592255

Dirección: Calle "Los Girasoles"
N°140 – El Algodonal – Ferreñafe.

Tesista

Mg. Ing. Huangal Castañeda Nelson E.

Asesor de tesis