



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



TESIS

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con probetas recicladas y trituradas para una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, provincia de Lambayeque, 2024.

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. David Ramon Andres Santamaria Chapoñan

ASESOR:

Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos

FECHA DE SUSTENTACION:

22-12-2025

LAMBAYEQUE - PERÚ

2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,
SISTEMAS Y ARQUITECTURA**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con
probetas recicladas y trituradas para una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, provincia
de Lambayeque, 2024.**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO

Dra. Ing. Yrma Del Carmen Capuñay Capuñay
Presidente

Msc. Ing. Domingo Jorge Luis Davila Vidarte
Secretario

Msc. Ing. Roberto Carlos Cachay Silva
Vocal

Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos
Asesor

Bch. David Ramon Andres Santamaria Chapoñan
Autor



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 320-2025-UI-FICSA

Siendo las 9:00 am del día 22 de diciembre del 2025, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ELABORADO CON PROBETAS RECICLADAS Y TRITURADAS PARA UNA RESISTENCIA $F'_{C} = 210 \text{ KG/CM}^2$, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, 2024”**, con código N° IC_V_202_046, y designado por Resolución Decanal Virtual N° 588-2024-UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionado, conformado por los siguientes docentes:

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY	PRESIDENTE
MSC. ING. DOMINGO JORGE LUIS DAVILA VIDARTE	SECRETARIO
MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA	VOCAL

Asesorado por DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS.

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 276-2025-UIFICSA, la Tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller: **DAVID RAMON ANDRES SANTAMARIA CHAPOÑAN**, tuvo una duración de 20 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
DAVID RAMON ANDRES SANTAMARIA CHAPOÑAN	<u>17</u>	<u>Diecisiete</u>	<u>Bueno.</u>

Por lo que queda APTO para obtener el Título Profesional de **INGENIERO 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 10.10 AM del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
PRESIDENTE

MSC. ING. DOMINGO JORGE LUIS DAVILA VIDARTE
SECRETARIO

MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
VOCAL

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
ASESOR





"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana".

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE INFORME FINAL DE TESIS

Yo Hamilton Vladimir Cueva Campos, Asesor de la tesis de:

Bachiller: **Santamaria Chapoñan, David Ramon Andres**

DE LA TESIS TITULADA: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO ELABORADO CON PROBETAS RECICLADAS Y TRITURADAS PARA UNA RESISTENCIA $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, 2024"

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 18% verificable en el reporte de similitud del programa TURNITIN.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas NO CONSTITUYEN PLAGIO. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Se expide la presente según lo dispuesto en la Resolución N° 659-2020-R, de fecha 29 de junio de 2023 formativa para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG:

Lambayeque, 3 de diciembre del 2025

ATENTAMENTE,

.....
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI. 41564701

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con probetas recicladas y trituradas para una resistencia $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, provincia de Lambayeque, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	docslide.us Fuente de Internet	1%
5	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
9	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	



.....
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI. 41564701

		<1 %
11	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
13	sostenibilidad.unab.cl Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
16	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
19	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
21	González, Karla Isabel Verdugo. "Contribución Para La Implementación de Una Red de Detección de Rayos En Ecuador", Instituto Politecnico de Leiria (Portugal), 2022 Publicación	<1 %

repositorio.uns.edu.pe



.....
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI. 41564701

22	Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
24	repository.ugc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Facultad de Ingeniería Universidad San Carlos de Guatemala Trabajo del estudiante	<1 %
26	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
29	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
31	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	www.camjol.info Fuente de Internet	<1 %



.....
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI. 41564701

35	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
38	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
39	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo



.....
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI. 41564701



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:	David Ramon Andres Santamaria Chapoñan
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concret...
Nombre del archivo:	TESIS-_Santamar_a_V4.pdf
Tamaño del archivo:	5.5M
Total páginas:	92
Total de palabras:	15,120
Total de caracteres:	77,128
Fecha de entrega:	02-dic-2025 05:56p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2833646009



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



**"FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y
ARQUITECTURA"**

"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL"

TESIS

**"Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del
concreto elaborado con probetas rodadas y trituradas para
una resistencia $f'_{c} = 200 \text{ kg/cm}^2$, provincia de Lambayeque,
2024"**

Para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Civil

Presentado por:
Santamaria Chapoñan, David Ramon Andres
Asesor

Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos
Asesor

LAMBAYEQUE, PERÚ
2025

Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI. 41564701

DEDICATORIA:

Dedico esta investigación a Dios, a mi familia y un compañero. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mi familia, mis padres HUMBERTO Y MARINA y hermanos SILVIA, MARTHA Y JOSE, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo apoyo en todo momento depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar.

Y a un gran compañero, CHILDRE por apoyarme en todo momento no solo en este proyecto de grado sino también en mi vida laboral, gracias a sus recomendaciones que me impulsaron a lograr mi meta definida.

DAVID R.A SANTAMARIA CHAPOÑAN

AGRADECIMIENTO:

A Dios, por haberme orientado y protegido; me otorgó la fuerza espiritual para finalizar mis estudios universitarios y alcanzar este momento.

A mis padres por sus consejos y por su apoyo incondicional en todo momento, a pesar de las adversidades.

A mis tíos Juan, Felicita, Edith, Felipe, por ofrecerme su apoyo y consejos para continuar avanzando con mis estudios

A los ingenieros de la universidad, porque fueron mis mentores, que me dieron toda su experiencia para poder alcanzar mis metas.

DAVID R.A SANTAMARIA CHAPOÑAN

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	x
Agradecimiento.....	x
Índice	xi
Resumen	xiv
Abstract	xv
I. Introducción	8
1.1. Descripción del proyecto	8
1.2. Descripción de la realidad problemática	9
1.2.1. Realidad internacional	9
1.2.2. Realidad nacional	10
1.3. Formulación de la pregunta de investigación.....	10
1.4. Formulación de la hipótesis.....	10
1.5. Objetivos.....	10
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	10
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	10
1.6. Justificación e importancia.....	11
1.7. Alcances y limitaciones	11
II. Marco teórico	12
2.1. Antecedentes de otras investigaciones.....	12

2.1.1.	Antecedentes regionales	12
2.1.2.	Antecedentes nacionales	13
2.1.3.	Antecedentes internacionales	16
2.2.	Base teórica	17
2.2.1.	Agregados	17
2.2.1.1.	Propiedades físicas de los agregados	17
2.2.1.2.	Agregados reciclables	18
2.2.2.	Concreto	19
2.2.2.1.	Propiedades mecánicas del concreto.....	20
III.	Marco metodológico.....	22
3.1.	Tipo de investigación.....	22
3.2.	Hipótesis	22
3.3.	Variables	22
3.4.	Operacionalización de variables.....	23
3.5.	Población y muestra.....	23
3.6.	Estrategia para la demostración de la hipótesis	25
3.7.	Materiales, herramientas y equipos	26
3.8.	Ensayos, formatos y técnicas para la recolección de datos y ejecución de ensayos	27
IV.	Resultados y discusión.....	39
4.1.	Propiedades físicas del agregado fino.....	39
4.1.1.	Contenido de humedad	39
4.1.2.	Peso específico de masa.....	39

4.1.3.	Grado de absorción	39
4.1.4.	Peso volumétrico suelto	40
4.1.5.	Peso volumétrico varillado.....	40
4.1.6.	Granulometría.....	40
4.2.	Propiedades físicas del agregado grueso y concreto reciclado	41
4.2.1.	Contenido de humedad	41
4.2.2.	Peso específico de masa	42
4.2.3.	Peso volumétrico suelto seco	43
4.2.4.	Peso volumétrico varillado.....	44
4.2.5.	Granulometría.....	45
4.3.	Ensayos de resistencia a la compresión de probetas	48
4.4.	Ensayos de resistencia a tracción simple por compresión diametral	50
4.5.	Ensayos de resistencia a flexión de vigas.....	52
V.	Conclusiones y recomendaciones	54
5.1.	Conclusiones	54
5.2.	Recomendaciones	55
VI.	Bibliografía	56
VII.	ANEXOS	59
7.1.	Constancia 005- 2025 LEME- FICSA.....	60
7.2.	Cálculo y resultado de los ensayos de laboratorio	63

RESUMEN:

El concreto es el material por excelencia en el sector construcción, utilizado ya desde la época antigua por nuestros antepasados entre ellos los romanos quienes lo popularizaron y lo usaron de forma masiva y generalizada con el uso de puzolanas que le daba resistencia y durabilidad, desde esos tiempos se vienen haciendo diversas investigaciones para poder encontrar alguna “incorporación innovadora o nueva” que pueda ser agregada al concreto tradicional que conocemos, ello debido a la constante innovación en el sector construcción que con el pasar del tiempo necesita materiales más duraderos y económicos y pueda adaptarse con satisfacción a obras cada vez más complejas.

En el presente trabajo de investigación se optará por experimentar, dado investigaciones previas, la sustitución parcial y/o total del agregado grueso por el agregado conseguido de la pulverización de las probetas cilíndricas desechadas en la ciudad de Lambayeque, específicamente en las inmediaciones del laboratorio de materiales de la FICSA- UNPRG.

Se evaluará las propiedades físicas- mecánicas del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sumando diferentes proporciones de una combinación de agregado grueso convencional y agregado grueso reciclado que resulta de la trituración de muestras de concreto (0%, 30%, 50%, 70% y 100%), con el propósito de obtener una resistencia extra y poder así tener una alternativa viable al aprovechamiento de grandes cantidades de escombros debido a diversas obras de construcción en la ciudad de Lambayeque, así por ejemplo, las pruebas de compresión en testigos de concreto, donde una vez realizadas son desechadas sin ningún uso a futuro, así también en las demoliciones de estructuras de concreto de menor envergadura o en las rupturas de calles con pavimentos rígidos.

Palabras clave: agregado grueso reciclado, propiedades físicas mecánicas.

ABSTRACT:

Concrete has been the material of choice in the construction sector, used since ancient times by our ancestors, including the Romans, who popularized it and used it massively and widely with the addition of **pozzolan**, which provided **strength and durability**. Since those times, various investigations have been conducted to find an "innovative or new incorporation" that can be added to traditional concrete. This is driven by the constant innovation in the construction sector, which, over time, demands more **durable and economical materials** that can satisfactorily adapt to increasingly complex projects.

This research will experiment, based on previous studies, with the **partial and/or total substitution of conventional coarse aggregate** with aggregate obtained from crushing discarded cylindrical concrete specimens in the city of Lambayeque, specifically near the materials laboratory of FICSA-UNPRG. We will evaluate the **physical-mechanical properties of concrete** with an $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ by adding different proportions of a combination of conventional coarse aggregate and recycled coarse aggregate obtained from crushed concrete specimens (0%, 30%, 50%, 70%, and 100%). The aim is to achieve **optimal strength** and thus provide a viable alternative for utilizing the large quantities of **concrete debris** generated by various construction works in Lambayeque. This includes, for example, concrete compression test specimens, which are discarded after testing, as well as debris from smaller concrete structure demolitions or the breaking of streets with rigid pavements.

Keywords: recycled coarse aggregate, physical-mechanical properties.

I. Introducción

1.1. Descripción del proyecto

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad poder encontrar una mejora en las propiedades mecánicas del concreto convencional $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ya que desde siempre se ha buscado adicionar componentes al concreto para un mejor comportamiento dentro de sus propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta y resistencia a la flexión. A su vez se busca analizar los agregados de las canteras de su procedencia y ver que tan óptimos resultan para su uso, dado que a diario estas canteras proveen sus productos a muchas personas y/o empresas para ser usados en diversas obras de construcción.

Se llegarán a realizar muestras de concreto patrón (100% A.G + 0% C.R) y muestras de concreto con sustitución de agregado grueso (A.G) por concreto reciclado (C.R) en distintas proporciones (0% A.G + 100% C.R, 30% A.G + 70% C.R, 50% A.G + 50% C.R, 70% A.G + 30% C.R) con la consigna de poder establecer una comparativa real de las muestras patrones de resistencia $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y determinar qué tan bueno resulta el reemplazo parcial y total del agregado grueso y si éstas resultan adecuadas para un adicionamiento a mayor escala en el concreto para su uso en la construcción.

Resulta importante la realización de distintos diseños de mezclas, dadas las diferentes proporciones del agregado grueso y el concreto reciclado, determinando así las propiedades físicas tanto de la arena y la piedra utilizar.

1.2. Descripción de la realidad problemática

1.2.1. Realidad internacional

La gran cantidad de producción de concreto a nivel mundial tiene gran repercusión en el planeta por la cantidad enorme de residuos y contaminación que se genera, no pudiéndose encontrar un uso específicamente para los desperdicios de concreto generados que son desechados continuamente y no pudiéndose aprovechar de alguna manera su valor en el sector construcción:

“La construcción es el mayor consumidor de materias primas y otros recursos, utilizando alrededor del 50% de la producción mundial de acero y más de 3 mil millones de toneladas de materias primas. Uno de los materiales más utilizados en la construcción es el concreto, y los agregados representan entre un 65% y 75% del volumen total de éste (Ministerio Obras Publicas, 2015). A nivel mundial, los residuos de la construcción y demolición (RCD) representan cerca del 35% de los residuos sólidos y en Chile, el 34% (Conama, 2010)”.

(Construye2025, Economía circular en construcción, recuperación de residuos como recursos para obras viales, 2022).

“Anualmente en el mundo se producen 1 billón de toneladas de residuos de demolición, de las cuales 510 millones son producidas en Europa. En promedio solo el 8% de estos residuos se reciclan, aunque en países como Alemania, Holanda y Reino Unido cerca del 20% de agregados reciclados se reutilizan”

(Redacción 360 en concreto, 2025)

1.2.2. Realidad nacional

Para el “Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento”, se pueden aprovechar los residuos existentes de diversas obras de construcción: “Los residuos sólidos de la construcción y demolición, valorizados, provenientes de cualquier tipo de obra, pueden ser aprovechados en: sub- base para caminos, sub- base para estacionamientos, carpetas asfálticas para vías secundarias, construcción de veredas y sardineles, entre otros”.

(Anexo 3 Decreto Supremo n° 002-2022-VIVIENDA).

1.3. Formulación de la pregunta de investigación

¿El empleo del agregado grueso obtenido de la trituración de probetas recicladas permitirá alcanzar las solicitaciones requeridas en cuanto a resistencia a la compresión, flexión y tracción de un concreto convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

1.4. Formulación de la hipótesis

El empleo del agregado grueso obtenido de la trituración de probetas recicladas permitirá alcanzar una buena resistencia en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Establecer la importancia del uso de concreto triturado proveniente de probetas recicladas en la elaboración de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

1.5.2. Objetivos específicos

- Establecer las propiedades físicas de los agregados gruesos y finos.

- Hallar las propiedades mecánicas de las probetas hechas con concreto reciclado en proporciones de (0%, 30%, 50%, 70% y 100%) como reemplazo del agregado grueso.
- Analizar las distintas resistencias obtenidas del concreto patrón en comparación al concreto experimental.

1.6. Justificación e importancia

La importancia de este trabajo de investigación radica en poder demostrar el uso adecuado que se le pueden dar a los residuos sólidos de concreto producto de los desechos de obras de construcción, específicamente el uso de probetas de laboratorio de la FICSA-UNPRG que muy frecuente se eliminan grandes cantidades de volúmenes hacia diversos botaderos y que además contribuyen a la contaminación y deterioro del medio ambiente al no ser gestionados estos residuos de la forma adecuada.

De tal forma se tiene el compromiso de dar un uso adecuado al concreto reciclado, tratando de rescatar los desechos y poder reutilizarlos nuevamente en la producción de concreto que servirán para nuevas obras de construcción como el pavimento rígido de carreteras o la construcción de edificaciones.

1.7. Alcances y limitaciones

Se pretende poder realizar pruebas confiables en laboratorio de resistencia a la compresión, a la tracción indirecta y a la flexión para una mejor interpretación de resultados en la obtención de un concreto convencional $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

La falta de una máquina trituradora para residuos de concreto representa la principal dificultad al presente trabajo de investigación, debiéndose de realizar con herramientas

manuales como combas o martillos para poder obtener partículas de tamaños estándares al agregado grueso usado comúnmente en el sector construcción.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de otras investigaciones

2.1.1. Antecedentes regionales

En su tesis de pregrado "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para el diseño de mezclas ($f'c=175\text{kg/Cm}^2$) distrito José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Lambayeque", Sánchez Carranza (2019) revela que en dicho distrito se generan 13505 kg de desechos de construcción. Con una proporción del 5%, es posible reducir 675 kg de estos desechos, lo cual también ayuda a mitigar serios problemas medioambientales, como la fauna dañina, que ocasiona múltiples enfermedades en la población y altera el entorno.

En cuanto a la combinación con un 5% de concreto reciclado, los resultados señalan que la resistencia a la compresión crece, siendo este incremento progresivo y uniforme.

En su tesis de pregrado "Desempeño de las propiedades físicas-mecánicas del concreto, utilizando agregado de concreto reciclado, Lambayeque 2020", Martínez Lara (2020) sostiene que el árido grueso de concreto reciclado afecta significativamente las propiedades mecánicas y físicas del concreto y que es posible sustituir hasta un 50% el agregado grueso de concreto reciclado con agregados naturales. La mezcla con 25% de agregado grueso de concreto reciclado obtuvo los

resultados más óptimos en términos de resistencia a la compresión, alcanzando 210 kg/cm². Esto representa un aumento del 12% respecto a la mezcla diseñada y una superación del 2.6% en comparación con el concreto patrón. La consistencia fue de 3.60 pulgadas, catalogándose como plástica; la temperatura llegó hasta 27.81°C; su peso unitario fue de 2257 kg/m³; y al realizar pruebas de flexión en vigas, se obtuvieron valores del módulo de rotura muy semejantes a los del concreto patrón, alcanzando este último un 86%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Ramírez Yanac (2022), en su estudio titulado "Resistencia a la compresión al sustituir el agregado grueso por concreto reciclado en proporciones del 30% y 40%, Huaraz-2022", sostiene que el agregado de concreto reciclado tiene un efecto positivo al cambiar el 30% de concreto reciclado por piedra chancada. Esto indica que es posible diseñar con ese nivel de sustitución, ya que se obtuvieron resistencias adecuadas y se superó la resistencia de diseño patrón. En cambio, para el 40%, no se puede afirmar lo propio porque, en lo común de los casos, las resistencias adecuadas no fueron alcanzadas; por tanto, no recomienda realizar el diseño con dicho porcentaje.

En relación a la resistencia a la compresión del concreto reciclado y el convencional, con una sustitución del 30% y del 40%, se lograron resultados satisfactorios cuando el porcentaje de sustitución fue del 30%. Sin embargo, con el porcentaje de reemplazo del 40% no se alcanzaron los efectos esperados según la prueba de resistencia.

De acuerdo con Cutipa y Velásquez en el año 2023, quienes realizaron la investigación “Diseño de elementos estructurales de una vivienda unifamiliar usando concreto reciclado en Oasis de Villa, Villa el Salvador 2023”, el uso de materiales reciclados del concreto para hacer la mezcla mejora mucho las propiedades físicas y mecánicas. La resistencia a la compresión aumenta un 23% en comparación con el concreto normal, lo que afecta cómo se deben dimensionar las columnas, porque su tamaño depende de qué tan fuerte es el concreto. También se ve un aumento de hasta el 10% en la resistencia a la flexión comparado con el hormigón tradicional, lo que influye en el análisis sísmico. Por esta razón, el uso de concreto reciclado da resultados superiores.

Huarcaya Arteaga (2022) obtuvo buenos resultados al mezclar escombros de concreto con un 75% de piedra gruesa, alcanzando una resistencia $f'_c = 278 \text{ kg/cm}^2$ en su trabajo titulado “Diseño de concreto estructural usando escombros de concreto para aumentar la resistencia a 210 kg/cm^2 , San Isidro, 2022”. Esto es diferente del modelo estándar, que tuvo una resistencia de $f'_c = 220 \text{ kg/cm}^2$.

Un análisis del costo por cada metro cúbico de concreto demostró que el uso de escombros de concreto con un 75% era el más adecuado entre todas las opciones, con una diferencia de S/.19.20 comparado con el concreto patrón. Además, se determinó que en un gran proyecto de construcción esto será más ventajoso para el propietario de la obra.

Palomino Córdova (2020), en su trabajo "Análisis sismorresistente de un edificio aporticado que incorpora concreto reciclado como agregado grueso al hormigón, San

Antonio De Jicamarca, Huarochirí, 2020", determina que la estructura con columnas construidas con un 50% de concreto reciclado en la mezcla diseñada obedece a lo establecido por el reglamento E.030. Esta norma indica que los desplazamientos máximos son de 0.007, y se determinó en el análisis estático que los desplazamientos de la estructura diseñada fueron de 0.0062 cm y 0.0055 cm.

Además, se recomienda el empleo de concreto modificado con restos de concreto en los componentes de tabiquería; esto es porque si más del 50% del agregado grueso es sustituido, la capacidad para resistir a la compresión disminuye.

En su tesis "Uso del concreto reciclado proveniente de demoliciones para la producción de afirmado", realizada en la ciudad de Jaén, Chasquero y Hurtado (2019) presentan que, en relación con el valor de relación soporte (C.B.R.), las combinaciones 60%C°R - 40%SC y 70%C°R - 30%SC cumplen con los requerimientos mínimos establecidos por el M.T.C., que son una penetración de carga de 0,1" (25 mm) y un mínimo del 40% en relación al total de la Máxima Densidad Seca. La combinación que obtuvo el CBR más elevado fue la de 70%C°R - 30%SC (58%).

2.1.3. Antecedentes internacionales

En un artículo titulado "Concretos reciclados, posibilidades de investigación desde el pregrado", presentado en la Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua, los autores Rivera, Guerrero, Espinoza, Millon y Esteven (2020) analizan la creación de productos con residuos de mampostería y concreto. Para el agregado fino se utilizó una mezcla igualitaria de 50% de mampostería a base de ladrillo cerámico con mortero pegajoso y 50% de concreto molido. Ellos ratifican que los agregados adquiridos a través del reciclaje de escombros, a pesar de tener algunas variaciones en ciertos rasgos, tienen el potencial de ser usados como recursos para crear un nuevo tipo de material de construcción como el concreto, ya que no todas las combinaciones son necesarias para su uso en estructuras.

"Concreto reciclado a partir de escombros de mampostería de bloque de cemento" es el título del artículo escrito por Aguilar, Hernández y Espinoza (2021). En él, los autores realizan un estudio en el que trituran los restos de muros de mampostería con la malla #4 y #8 para conseguir un árido fino que reemplaza parcialmente la arena comúnmente empleada en estos experimentos. Debido a que el bloque de mortero de cemento es uno de los principales residuos y escombros generados en Managua, esto representa una oportunidad y justifica la necesidad de este tipo de investigaciones.

Según Martínez Urieles (2020) en su tesis "El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana", que fue expuesta en la Universidad Cooperativa de Colombia, se considera que el concreto reciclado de construcción y

demolición (RCD) es una alternativa viable para ser incorporada en planes de sostenibilidad urbana, especialmente cuando los agregados naturales no renovables están a distancias importantes para ser trasladados y también los vertederos del material de las obras destruidas.

2.2. Base teórica

2.2.1. Agregados

"Los agregados, que son un conjunto de partículas que han sido trituradas de manera natural o artificial, representan una parte fundamental del concreto porque constituyen entre el 60% y el 75% de la composición física del mismo y tienen un impacto específico tanto en su estado fresco como endurecido."

(Chumpitaz, G.N, 2019)

2.2.1.1. Propiedades físicas de los agregados

Las propiedades físicas de los agregados son un componente esencial en la creación de diseños de mezclas, por lo que estas variables deben ser monitoreadas de manera eficaz. Dentro de ellas tenemos a la densidad, la absorción, la humedad, el peso unitario, la resistencia.

a) Densidad:

"La densidad del cemento es la masa de dicho material por cada unidad de volumen, excluyendo el aire que contiene las partículas".

(Chumpitaz, G.N, 2019).

b) Contenido de humedad:

"La proporción de agua que queda en un material en estado saturado con una superficie seca se conoce como contenido de humedad. Es un elemento relevante a tener en cuenta porque influye en la cantidad de agua que contiene el hormigón y hace posible llevar a cabo las modificaciones requeridas al proporcionar las mezclas de diseño".

(Cutipa & Velásquez, 2023)

c) Calor de hidratación:

"Cuando el agua entra en contacto con el cemento, se produce el calor de hidratación; este contacto origina nuevas fases sólidas llamadas hidratos".

(Chumpitaz, G.N, 2019)

d) Temperatura:

"Este ensayo asegura que se cumplan varios requisitos establecidos en las regulaciones de Perú y del extranjero. Se coloca un termómetro en la mezcla, se lo deja por dos minutos y se hace la lectura final. Este indicador es de gran importancia porque, en varias obras de construcción, es necesario comprobar que la temperatura no exceda los 32 °C".

(Terrones J.A, 2024)

2.2.1.2. Agregados reciclables

"Es el que se origina de la demolición de estructuras, como vigas, columnas, losas y demás"

(Galván, E.E., 2020)

Se le asigna al material sobrante de actividades como la remodelación, la demolición y la construcción. Por lo general, los agregados reciclables se consideran residuos urbanos; sin embargo, están más vinculados con actividades industriales que con las domésticas. El enfoque de la construcción sostenible es lograr la eficiencia y disminuir los efectos negativos en los diversos trabajos de ingeniería. Se han llevado a cabo investigaciones experimentales en las que el concreto, residual sólido procedente de demoliciones, ha sido utilizado.

Los áridos, que son fragmentos de bloques, concreto o piedras, se pueden hallar entre los materiales presentes en los escombros. Si se trituran para reciclarlos, tienen el potencial de ser usados como aditivos para materiales de construcción. Por otro lado, otros componentes de los escombros (como plásticos y vidrios) no se emplean como reciclables porque alteran las propiedades de estos. Los materiales reciclados pueden poseer cualidades físico-mecánicas con el potencial de influir en la calidad, resistencia y durabilidad del concreto producido.

2.2.2. Concreto

En la terminología de ASTM (C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates), se define el concreto como un material compuesto que consta de un medio de enlace en el cual se sumergen fragmentos o partículas del agregado. Para ese propósito, se usa agua, cemento hidráulico, arena y piedra chancada.

2.2.2.1. Propiedades mecánicas del concreto

Las propiedades mecánicas del concreto endurecido se emplean en el diseño de estructuras de concreto pre-esforzado, armado y simple. Algunas de las más relevantes son:

a) Resistencia a la compresión:

"Es la mayor capacidad que tiene un material para resistir una carga de aplastamiento". "Se estima al dividir la carga máxima por el área original de la sección transversal de la muestra".

(Cutipa & Velásquez, 2023)

Esta resistencia se calcula después de 28 días de fraguado en condiciones de humedad controladas.

b) Resistencia a la flexión

"Es un ensayo que se realiza en una viga de acero sin aplicar ninguna fuerza. Su propósito es determinar la resistencia a flexión de la viga, y para ello se apoya esta en dos soportes ubicados en los extremos y se le aplica una carga perpendicularmente al eje de dicha viga".

(Chumpitaz, G.N, 2019)

c) Módulo de elasticidad

Al graficar las curvas Esfuerzo-Deformación ($\sigma - \epsilon$) de muestras cilíndricas de concreto que han sido comprimidas según la norma ASTM, se

generan varios tipos de gráficos que están determinados principalmente por la resistencia a la rotura del material. Se conoce como módulo de elasticidad del material o módulo de Young, y se simboliza con " E_c ", a la pendiente que presenta la curva en el intervalo de comportamiento lineal.

d) Resistencia a la tracción

"El ensayo determina el método para calcular la resistencia a la tracción por compresión diametral de cilindros de mortero que tengan 76.2 mm por 152.4 mm (3 pulg x 6 pulg) o 50.8 mm por 101.6 mm (2 pulg x 4 pulg)".

(NTP 339.034: 2021)

"El concreto tiene problemas con la tensión, ya que su valor es un 10% inferior al de la compresión; para los concretos de alta resistencia, este porcentaje es menor. Por lo tanto, esta propiedad no tiene una relación directa con los valores que se obtienen a través de la compresión".

(Terrones J.A, 2024).

e) Resistencia al corte

La resistencia al corte del concreto, o " V_c ", tiene un comportamiento y órdenes de magnitud similares a los de la resistencia a la tracción, debido a que las fuerzas cortantes se transforman en tracciones diagonales.

El ensayo que se emplea es la Prueba de Corte Directo, el cual minimiza lo más posible la introducción de esfuerzos de flexión.

III. Marco metodológico

3.1. Tipo de investigación

Cuantitativa: Sugiere que una forma segura de comprender el mundo es a través de recopilar y analizar datos, ya que esto ayudaría a contestar las preguntas de la investigación y a comprobar suposiciones.

Experimental: La hipótesis se comprobará a través de la manipulación "deliberada" de las variables, estableciendo la correlación entre causa y efecto de un fenómeno social o físico.

Aplicada: Busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática.

3.2. Hipótesis

El uso del agregado grueso obtenido de la trituración de probetas recicladas permitirá alcanzar una buena resistencia en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.3. Variables

Independiente: El uso del agregado grueso obtenido de la trituración de probetas recicladas.

Dependiente: Resistencia en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.4. Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Medición
Independiente: El uso del agregado grueso obtenido de la trituración de probetas recicladas	Propiedades físicas de los agregados	• Granulometría • Densidad • Peso específico • Peso unitario • Contenido de humedad • Porcentaje de absorción	• Mm (tamaño agregados) • Gr/cm³ • %
Dependiente: Resistencia en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.	Propiedades mecánicas de las probetas elaboradas	• Ensayo de resistencia a la compresión • Ensayo de resistencia a la tracción • Ensayo de resistencia a la flexión	• $F'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ • Pulg (slump) • Kg • Litros • °C (concreto)

Fuente: Elaboración del autor

3.5. Población y muestra

El término "población" se refiere al grupo de personas o elementos que serán objeto de estudio. La población o universo de las viviendas en la ciudad de Chiclayo,

si quisiéramos examinar las probetas estructurales, sería el total de las viviendas que se encuentran allí.

(Manuel Borja Suárez, “Metodología de la investigación para ingenieros”)

Población: constituida por todas las probetas de concreto elaboradas en la ciudad de Lambayeque según los reglamentos de ASTM C-39 y de NTP 339.079:2012.

Muestra: conformada por el total de muestras a ensayar, dado que no conocemos la población total se calculará de manera estadística según la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

Z= coeficiente de confiabilidad (Nivel de significancia) que corresponde a una distribución normal según el % de confianza requerida.

p= probabilidad que la hipótesis sea verdadera

q= (1-p) probabilidad de no ocurrencia de la hipótesis

e= error estimado por estudiar una muestra en lugar de la población

Para nivel de confianza de 95% corresponde coeficiente de confiabilidad de 1.96

Reemplazando valores:

Z= 1.96, p=90%, q=10%, e=5%

$$n = \frac{1.96^2 * 0.9 * 0.1}{0.05^2}$$

Obtenemos un valor $n = 138.2976$

Se realizarán en total 135 probetas de las cuales 45 serán para ensayos de compresión, 45 para ensayos de tracción y 45 para ensayos de flexión.

Se utilizarán las probetas recicladas encontradas en los alrededores del laboratorio de materiales de la FICSA- UNPRG.

% de concreto reciclado a usar	Compresión			Tracción			Flexión		
	Días			Días			Días		
	7	14	28	7	14	28	7	14	28
0 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
30 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
50 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
70 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
100 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TOTAL	45			45			45		

3.6. Estrategia para la demostración de la hipótesis

Se realizarán los ensayos de agregado fino y agregado grueso con una participación del 100%, posteriormente se irá disminuyendo esta proporción de participación para el agregado grueso obteniendo una participación cada vez mas baja (70%, 50%, 30% y 0%) y lo restante se reemplazará por concreto reciclado previamente obtenido de la trituración de probetas

recicladadas y obtenidas en las afueras del laboratorio de estructuras y materiales de la FICSA-UNPRG, con porcentajes de participación de (30%, 50%, 70% y 100%).

Se obtendrán ensayos de la siguiente manera:

- A. Fino
- A. Grueso
- A. Grueso (70%) + Concreto reciclado (30%)
- A. Grueso (50%) + Concreto reciclado (50%)
- A. Grueso (30%) + Concreto reciclado (70%)
- Concreto reciclado (100%)

A continuación se realizarán distintos diseños de mezcla con las combinaciones de agregados y concreto reciclado descritos, para finalmente realizar ensayos de probetas de concreto con los distintos diseños de mezcla elaborados.

3.7. Materiales, herramientas y equipos

Materiales	Herramientas	Equipos
• Agregado fino • Agregado grueso • Agua • Cemento tipo I • Probetas recicladas	• EPPs • Guantes • Palana • Espátula • Buggy	• Prensa hidráulica • Tamices • Cámara fotográfica • Laptop

Se realizarán los ensayos de agregados y el diseño de mezcla de acuerdo a la NTP y al reglamento internacional ASTM.

3.8. Ensayos, formatos y técnicas para la recolección de datos y ejecución de ensayos

Se realizarán los ensayos de agregados y el diseño de mezcla de acuerdo a la NTP y al reglamento internacional ASTM, haciendo uso de hojas de datos para registrar: fecha, ubicación y tipo de material, procedimientos según normativa, imágenes fotográficas.

Ensayos realizados:

ENSAYO	NORMA TÉCNICA
Extracción y preparación de las muestras	NTP 400.010: 2020
Contenido de Humedad	NTP 339.185: 2021
Análisis Granulométrico	NTP 400.012: 2021 y NTP 400.037: 2021
Peso Específico de Masa y Absorción de los agregados Grueso y Fino	NTP 400.021: 2020 y NTP 400.022: 2024
Peso Volumétrico Suelto y Varillado.	NTP 400.017: 2020
Asentamiento del cono de Abrams	NTP 339.035: 2022
Diseño de mezcla	Según ACI 211
Resistencia a compresión de probetas	NTP 339.034: 2021
Resistencia a tracción simple por compresión diametral	NTP 339.084: 2022
Resistencia a la flexión de vigas	NTP 339.078: 2022

3.8.1. Ensayo de contenido de humedad:

La proporción, expresada en porcentaje, entre el peso del agua contenida en una cantidad determinada de agregado y el peso de las partículas sólidas es lo que se conoce como contenido de humedad.

Este modo operativo determina la cantidad de agua eliminada, secando el agregado húmedo hasta que alcance un peso invariable en un horno regulado a una temperatura de 110 ± 5 °C. El peso de las partículas sólidas se determina a partir del peso del agregado que queda después del secado en horno. Se considera que el peso del agua es la pérdida de peso por secado.



Figura 01: Realización de ensayo de contenido de humedad en el laboratorio de ensayos y materiales- FICSA- UNPRG

3.8.2. Ensayo de análisis granulométrico:

Este ensayo consiste en determinar de manera cuantitativa cómo se distribuyen los tamaños de las partículas de los agregados.

Las mallas que se emplean para establecer la granulometría de los agregados se nombran en función de las dimensiones de la abertura cuadrada, expresadas en pulgadas. Las mallas que se emplean para los agregados finos son las de 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200. Para los agregados gruesos, las utilizadas son: 1½", 1", ¾", ½", ⅜" y N°4.

Expresión de la Granulometría:

$$\text{Fórmula: } \% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso de material retenido en tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

$$\text{Fórmula: } \% \text{ PASA} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

Las curvas granulométricas son la representación gráfica de los alcances hallados a partir de un estudio granulométrico.

Para el agregado fino:

El total de muestra para el ensayo, después del secado, será mínimamente de 300g.

Módulo de Finura (MF): Es un parámetro que se calcula al sumar los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices determinados, empezando por el tamiz # 100 hasta el tamaño máximo presente y cumpliendo con la relación 1:2; luego, este total se divide entre 100.

$$\text{MF} = \% \text{ Retenido Acumulado (N}^\circ 4, \dots, \text{N}^\circ 100) / 100$$

Se contempla que el MF de una arena apropiada para elaborar concreto debe estar entre 2.4 y 3.2: si es menor a 2.4, la arena es fina; si es 2.5, tiene finura media; y si supera los 3.2, se considera gruesa.



Figura 02: Realización de ensayo de análisis granulométrico para agregado fino en el laboratorio de ensayos y materiales- FICSA- UNPRG

Para el agregado grueso:

La porción de muestra para el ensayo una vez seco será:

Tamaño máximo nominal Aberturas cuadradas Mm (pulg)	Total de la muestra de ensayo, Mínimo Kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Tabla 01: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso global- NTP 400.012

Tamaño máximo (TM): Se define como la abertura del tamiz más pequeño por el que pasa la muestra completa.

Tamaño máximo nominal (TMN): El análisis granulométrico también produce el tamaño nominal máximo, que se establece como el tamiz que sigue al siguiente con abertura mayor a la del tamiz cuyo porcentaje retenido acumulado oscila entre 5% y 10%. La mayor parte de los especificadores granulométricos se establecen según el TMN, y se determinan generalmente de forma que el agregado cumpla con los requisitos subsiguientes.



Figura 03: Realización de ensayo de análisis granulométrico para agregado grueso-concreto reciclado en el laboratorio de ensayos y materiales- FICSA- UNPRG

3.8.3. Ensayo de peso específico de masa y absorción de los agregados fino y grueso:

La propiedad que se utiliza generalmente para calcular el volumen que ocupa el agregado en varias mezclas que contienen agregados, como el concreto de cemento Portland y el concreto bituminoso, entre otras combinaciones analizadas y suministradas según su volumen, es la gravedad específica o peso específico.

El peso específico de los agregados es un indicador de calidad, ya que las cifras altas se asocian a materiales con buen desempeño, mientras que los valores bajos suelen ser propios de agregados frágiles y absorbentes.

a) Peso específico de masa y absorción del A. Fino

El propósito es calcular el peso específico seco, saturado con superficie seca y aparente, así como la absorción después de sumergir en agua el agregado fino.

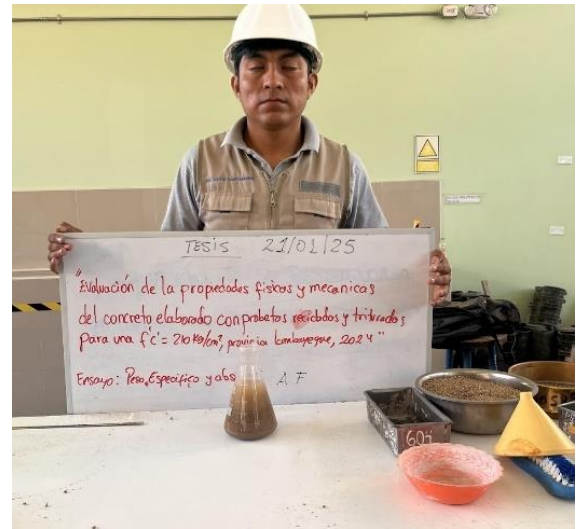


Figura 04: Realización de ensayo de peso específico de masa y absorción del agregado fino en el laboratorio de ensayos y materiales- FICSA- UNPRG

b) Peso específico de masa y absorción del A. grueso

Su objetivo es establecer una manera de calcular el peso seco específico, el peso saturado con superficie seca, el peso aparente y la absorción (después de 24 horas) de los agregados gruesos. El peso saturado con superficie seca y la absorción se basa en materiales que han estado en agua por 24 horas. Los agregados ligeros no pueden utilizar este modo operativo.

Con el propósito de llenar los poros, se sumerge una muestra de agregado en agua durante aproximadamente 24 horas. Luego, se seca el agua que hay en la superficie de las partículas y después se quita el agua para pesarlas. Después, la muestra se pesa cuando está sumergida en agua.

Por último, la muestra se seca en el horno y se pesa una tercera vez. A través de fórmulas en este modo operativo y utilizando los pesos obtenidos, se pueden calcular tres clases de absorción y peso específico.

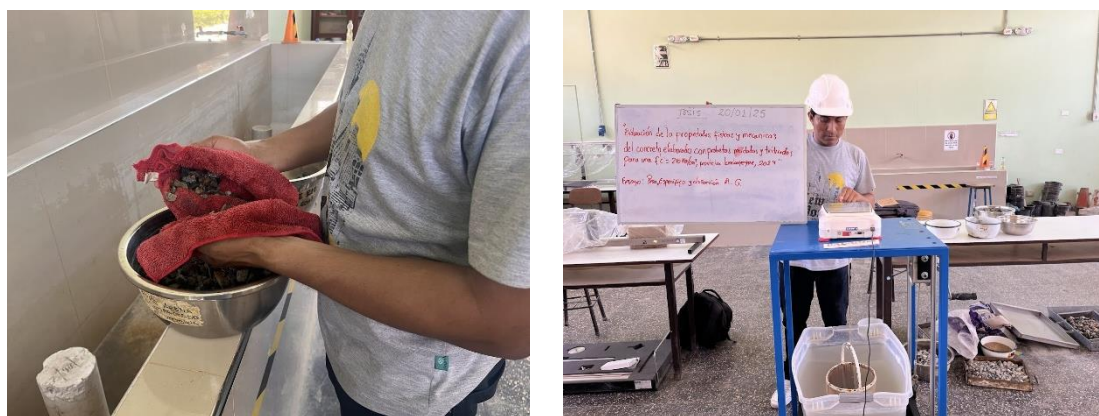


Figura 05: Realización de ensayo de peso específico de masa y absorción del agregado grueso en el laboratorio de ensayos y materiales- FICSA- UNPRG

3.8.4. Ensayo de peso volumétrico suelto y varillado:

Este procedimiento se emplea sin excepción para determinar el valor del peso unitario que algunos métodos de diseño de mezclas de concreto utilizan.

Este método también puede emplearse para determinar la relación entre volumen y masa en conversiones, de acuerdo con el comprado. Esto es debido a que no se tiene conocimiento acerca de cuál es la relación entre el nivel de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito y la humedad superficial y absorbida (que podría afectar más adelante la capacidad). Este método, por otro lado, establece el peso seco por unidad.

a) **Peso volumétrico suelto del A.F y A.G**

Se refiere al peso que se logra en un volumen unitario específico de agregado. Es el que se obtiene cuando se establece la relación entre la masa y el volumen, dejando caer libremente el agregado desde una altura significativa hacia un recipiente con un volumen fijo y conocido, sin compactarlo de ninguna manera. Este dato es relevante porque facilita la transformación de masas en volúmenes y viceversa al trabajar con agregados.



Figura 06: Realización de ensayo de peso volumétrico suelto del agregado fino y grueso en el laboratorio de ensayos y materiales- FICSA- UNPRG

El peso volumétrico suelto es el peso del agregado que se requiere para llenar un contenedor cuyo volumen ya se conoce; incluye tanto el volumen que ocupa el agregado como el espacio vacío entre sus partículas. Para determinar el consumo de agregados por metro cúbico de concreto, se emplea el valor del peso volumétrico suelto.

Su unidad estará dada en g/cm^3 o kg/m^3 .

b) Peso volumétrico varillado del agregado fino y grueso

Es el peso que se obtiene al llenar un recipiente con una cantidad específica de material y compactarlo simultáneamente. Se empleará para el entendimiento de los materiales que están apilados y que pueden ser acomodados o asentarse debido a la acción del tiempo o al tránsito sobre ellos.

Su unidad estará dada en g/cm^3 o kg/m^3 .



Figura 07: Realización de ensayo de peso volumétrico varillado del A. Fino y A.

Grueso en el laboratorio de ensayos y materiales- FICSA- UNPRG

3.8.5. Diseño de mezcla

3.8.5.1. Metodología según comité 211 del ACI

El diseño de mezcla, también conocido como el suministro de mezclas de concreto, es un procedimiento que consta de etapas interdependientes:

- Elección de los ingredientes apropiados (agregados, agua, cemento y aditivos).
- Establecimiento de sus cantidades relativas "proporcionamiento" para generar un concreto con la resistencia a compresión, trabajabilidad y durabilidad adecuadas.

3.8.5.2. Datos necesarios para el diseño de mezcla

- Estudio granulométrico de los agregados.
- Peso unitario de los agregados (grueso y fino) después de ser compactados.
- Peso específico de los agregados tanto gruesos como finos.
- Porcentaje de absorción y contenido de humedad de los agregados (gruesos y finos).
- Perfil y textura de los agregados.
- Tipo y marca del cemento.
- Peso específico del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la proporción de agua/cemento, para las combinaciones factibles de cemento y agregados.

3.8.6. Elaboración de probetas y vigas de concreto

Después de definir el diseño de mezcla, se fabrican primero probetas patron con tres diferentes relaciones entre agua y cemento. Se examinan y se determina cuál es la relación más adecuada en términos de coste y rendimiento.



Figura 08: Realización de probetas de concreto para pruebas de compresión y tracción indirecta



Figura 09: Realización de vigas de concreto para pruebas de flexión

IV. Resultados y discusión

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados al agregado fino, agregado grueso y al concreto reciclado obtenido de la trituración de probetas, con el fin de evaluar las propiedades físicas de estos, así como también se presentan los resultados comparativos de las propiedades mecánicas del concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ que contiene distintas proporciones de concreto reciclado. Estos resultados serán necesarios para poder comparar y determinar que tan beneficioso resulta la contribución del concreto reciclado en las propiedades del concreto y si resulta conveniente su uso a proyectos de gran escala.

4.1. Propiedades físicas del agregado fino

Cantera de procedencia :	La Victoria
Lugar de ensayos :	LEME- FICSA-UNPRG

4.1.1. Contenido de humedad

Resultado :	2.61 %
-------------	--------

4.1.2. Peso específico de masa

Resultado :	2.34 gr/cm^3
-------------	-----------------------

4.1.3. Grado de absorción

Resultado :	1.38 %
-------------	--------

4.1.4. Peso volumétrico suelto

Resultado : 1.61 gr/cm³

4.1.5. Peso volumétrico varillado

Resultado : 1.70 gr/cm³

4.1.6. Granulometría

Se alcanzó un módulo de fineza de 3.08

		A. Fino			
PESO ORIGINAL		2000 gr			
TAMIZADO		2000 gr			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PESO RETENIDO	% ACUMULADO PASA	% ACUMULADO RETENIDO
N° 4	4.75	107	5.35	94.65	5.35
N° 8	2.36	291	14.55	80.10	19.90
N°16	1.18	360	18.00	62.10	37.90
N°30	0.60	567	28.35	33.75	66.25
N°50	0.30	355	17.75	16.00	84.00
N°100	0.15	219	10.95	5.05	94.95
N°200	0.075	81	4.05	1.00	99.00
PLATILLO		20.00	1.00	0.00	100.00
SUMATORIA		2000.00	100.00		

Tabla 02: Resultados obtenidos para el análisis granulométrico del A. Fino según NTP
400.012

4.2. Propiedades físicas del A. Grueso y Concreto Reciclado

Procedencia (Ag. Grueso) : Tres Tomas

Procedencia (Concreto reciclado) : Probetas desechadas del laboratorio FICSA

Lugar de ensayos : LEME- FICSA-UNPRG

4.2.1. Contenido de humedad

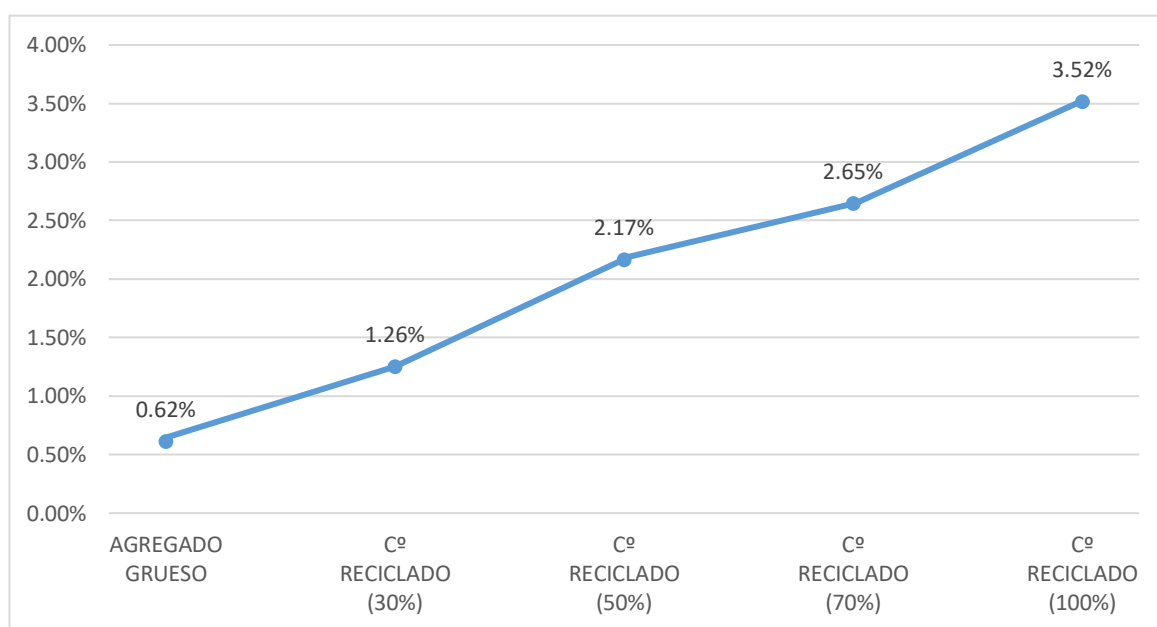


Figura 10: Comparativa de los contenidos de humedad del A. Grueso y el A. Grueso con Concreto Reciclado en distintas proporciones

Los resultados muestran un aumento progresivo del contenido de humedad, conforme va aumentando la cantidad de concreto reciclado a incorporar en reemplazo parcial y/o total del agregado grueso, esto nos indica que mientras más concreto reciclado se vaya adicionando en un diseño de mezcla influirá con menor contenido de agua a utilizar. El contenido de humedad para la muestra con agregado

grueso (0% Concreto reciclado) es de 0.62%, para el agregado grueso (70%) con concreto reciclado (30%) es 1.26%, para el agregado grueso (50%) con concreto reciclado (50%) es 2.17%, para el agregado grueso (30%) con concreto reciclado (70%) es 2.65% y para el concreto reciclado (100%) es 3.52%.

4.2.2. Peso específico de masa

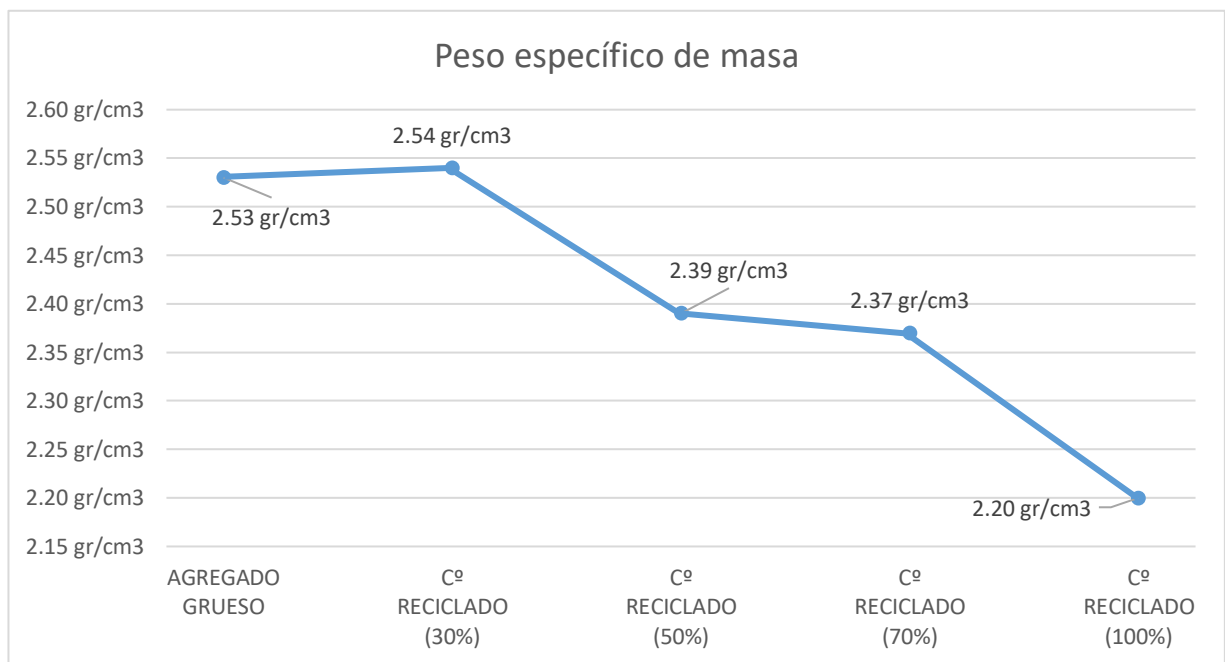


Figura 11: Comparativa de los pesos específicos del A. Grueso y el A. Grueso con concreto reciclado en distintas proporciones

Los resultados muestran una disminución progresiva en los valores del peso específico de masa conforme va aumentando la cantidad de concreto reciclado a incorporar en reemplazo parcial y/o total del A. Grueso. El peso específico de masa para la muestra con A. Grueso (0% Concreto Reciclado) es de 2.53 gr/cm³, para el A. Grueso (70%) con Concreto Reciclado (30%) es 2.54 gr/cm³, para el A. Grueso

(50%) con Concreto Reciclado (50%) es 2.39 gr/cm³, para el A. Grueso (30%) con Concreto Reciclado (70%) es 2.37 gr/cm³ y para el Concreto Reciclado (100%) es 2.20 gr/cm³.

4.2.3. Peso volumétrico suelto seco

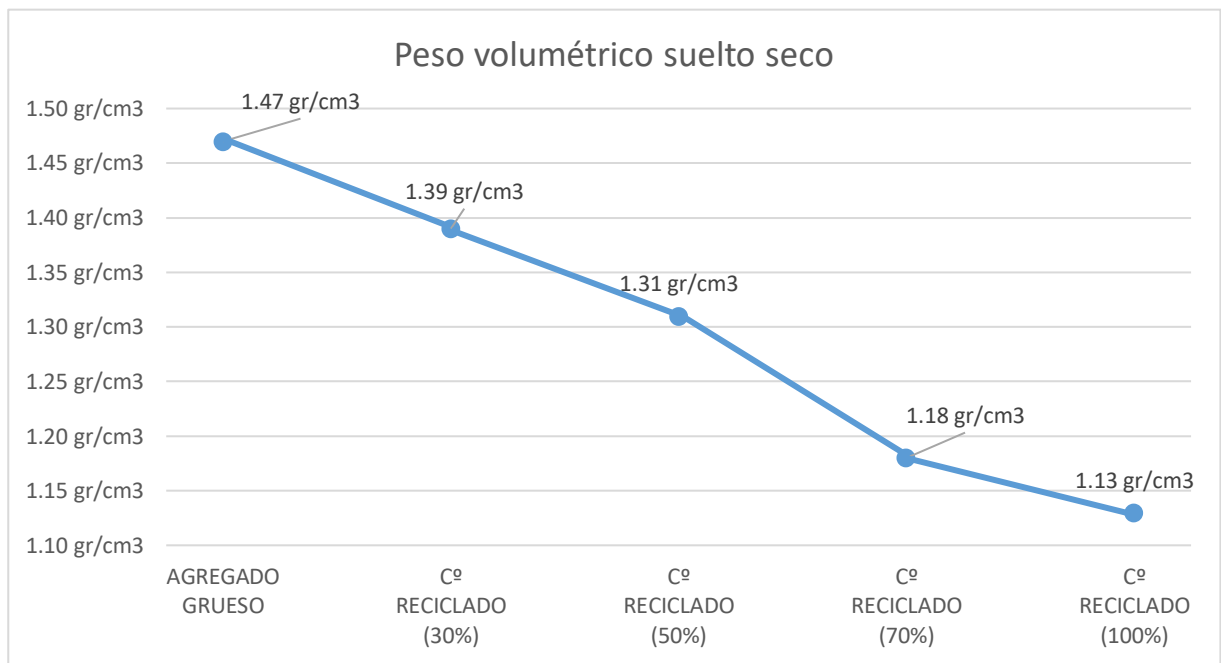


Figura 12: Comparativa de los pesos volumétricos sueltos secos del A. Grueso y el A. Grueso con Concreto Reciclado en distintas proporciones

Los resultados muestran una disminución progresiva en los valores del peso volumétrico suelto seco conforme va aumentando la cantidad de concreto reciclado a incorporar en reemplazo parcial y/o total del A. Grueso. El peso volumétrico suelto seco para la muestra con A. Grueso (0% Concreto reciclado) es de 1.47 gr/cm³, para el A. Grueso (70%) con Concreto Reciclado (30%) es 1.39 gr/cm³, para

el A. Grueso (50%) con Concreto Reciclado (50%) es 1.31 gr/cm³, para el A. Grueso (30%) con Concreto Reciclado (70%) es 1.18 gr/cm³ y para el Concreto Reciclado (100%) es 1.13 gr/cm³.

4.2.4. Peso volumétrico varillado

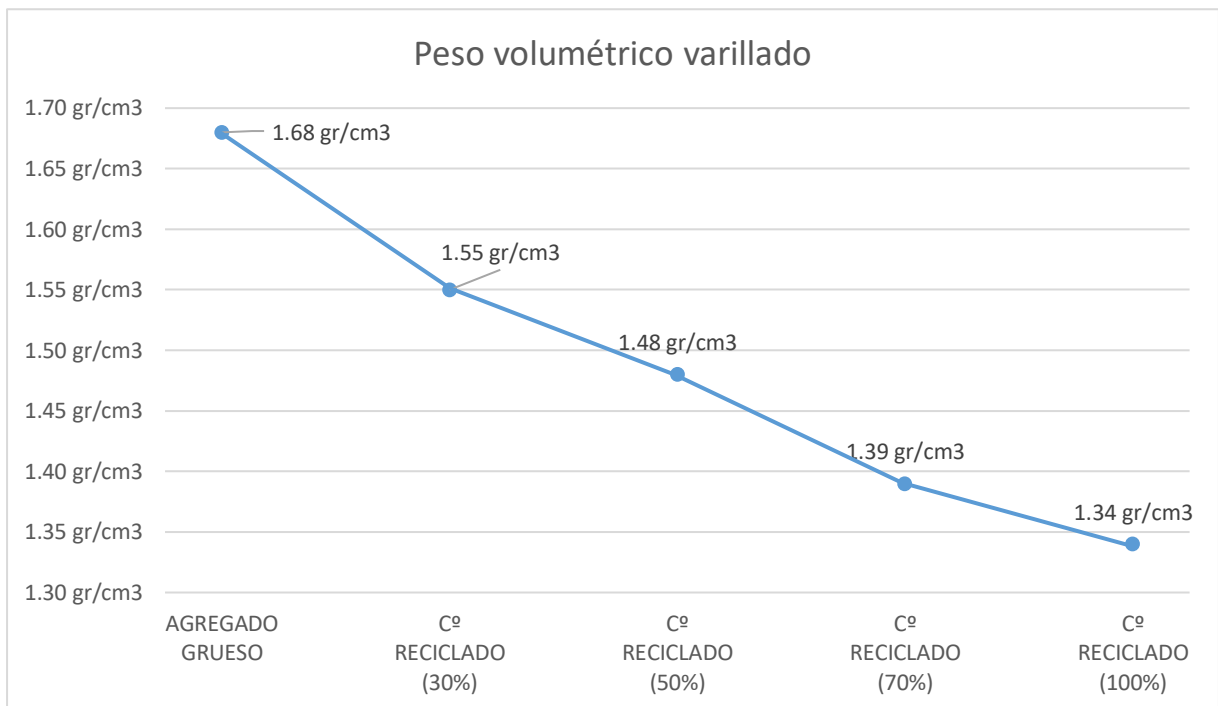


Figura 13: Comparativa de los pesos volumétricos varillados del A. Grueso y el A. Grueso con Concreto Reciclado en distintas proporciones

Los resultados muestran una disminución progresiva en los valores del peso volumétrico varillado conforme va aumentando la cantidad de concreto reciclado a incorporar en reemplazo parcial y/o total del A. Grueso. El peso volumétrico suelto seco para la muestra con A. Grueso (0% Concreto Reciclado) es de 1.68 gr/cm³, para el A. Grueso (70%) con Concreto Reciclado (30%) es 1.55 gr/cm³, para el A.

Grueso (50%) con Concreto Reciclado (50%) es 1.48 gr/cm³, para el A. Grueso (30%) con Concreto Reciclado (70%) es 1.39 gr/cm³ y para el Concreto Reciclado (100%) es 1.34 gr/cm³.

4.2.5. Granulometría

		A.Grueso			
PESO ORIGINAL		5000 gr			
TAMIZADO		5000 gr			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PESO RETENIDO	% ACUMUMLADO PASA	% ACUMULADO RETENIDO
1 1/2 "	38.10	-	-	-	-
1 "	25.00	303	6.06	93.94	6.06
3/4 "	19.00	772	15.44	84.56	21.50
1/2 "	12.50	1927	38.54	46.02	60.04
3/8 "	9.50	792	15.84	30.18	75.88
N° 4	4.75	1162	23.24	6.94	99.12
PLATILLO		44.00	0.88	6.06	100.00
SUMATORIA		5000.00	100.00		

Tabla 03: Resultados obtenidos para el análisis granulométrico del agregado grueso según NTP 400.012

Se obtienen los resultados anteriormente descritos, teniendo que los valores que se obtienen del porcentaje acumulado que pasa para los tamices N° 04, 3/8" y 1/2" están por encima del límite superior según la NTP. 400.037.

		C° Reciclado 30%			
PESO ORIGINAL		5000 gr			
TAMIZADO		5000 gr			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PESO RETENIDO	% ACUMULADO PASA	% ACUMULADO RETENIDO
1 1/2 "	38.10	-	-	-	-
1 "	25.00	537	10.74	89.26	10.74
3/4 "	19.00	1430	28.60	71.40	39.34
1/2 "	12.50	1567	31.34	40.06	70.68
3/8 "	9.50	623	12.46	27.60	83.14
N° 4	4.75	802	16.04	11.56	99.18
PLATILLO		41.00	0.82	10.74	100.00
SUMATORIA		5000.00	100		

Tabla 04: Resultados obtenidos para el análisis granulométrico del A. Grueso (70%) con Concreto Reciclado (30%) según NTP 400.012

		C° Reciclado 50%			
PESO ORIGINAL		5000 gr			
TAMIZADO		5000 gr			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PESO RETENIDO	% ACUMULADO PASA	% ACUMULADO RETENIDO
1 1/2 "	38.10	-	-	-	-
1 "	25.00	318	6.36	93.64	6.36
3/4 "	19.00	1022	20.44	79.56	26.80
1/2 "	12.50	1806	36.12	43.44	62.92
3/8 "	9.50	728	14.56	28.88	77.48
N° 4	4.75	825	16.50	12.38	93.98
PLATILLO		301.00	6.02	6.36	100.00
SUMATORIA		5000.00	100		

Tabla 05: Resultados obtenidos para el análisis granulométrico del A. Grueso (50%) con Concreto Reciclado (50%) según NTP 400.012

		C° Reciclado 70%			
PESO ORIGINAL		5000 gr			
TAMIZADO		5000 gr			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (grs)	% PESO RETENIDO	% ACUMULADO PASA	% ACUMULADO RETENIDO
1 1/2 "	38.10	-	-	-	-
1 "	25.00	425	8.50	91.50	8.50
3/4 "	19.00	1724	34.48	65.52	42.98
1/2 "	12.50	1395	27.90	37.62	70.88
3/8 "	9.50	565	11.30	26.32	82.18
N° 4	4.75	807	16.14	10.18	98.32
PLATILLO		84.00	1.68	8.50	100.00
SUMATORIA		5000.00	100		

Tabla 06: Resultados obtenidos para el análisis granulométrico del A. Grueso (30%)
con Concreto Reciclado (70%) según NTP 400.012

		C° Reciclado 100%			
PESO ORIGINAL		5000 gr			
TAMIZADO		5000 gr			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (grs)	% PESO RETENIDO	% ACUMULADO PASA	% ACUMULADO RETENIDO
1 1/2 "	38.10	-	-	-	-
1 "	25.00	408	8.16	91.84	8.16
3/4 "	19.00	1518	30.36	69.64	38.52
1/2 "	12.50	1624	32.48	37.16	71.00
3/8 "	9.50	526	10.52	26.64	81.52
N° 4	4.75	634	12.68	13.96	94.20
PLATILLO		290.00	5.80	8.16	100.00
SUMATORIA		5000.00	100		

Tabla 07: Resultados obtenidos para el análisis granulométrico del Concreto
Reciclado (100%) según NTP 400.012

Se obtuvo como tamaño máximo nominal 1” para todos los casos anteriores de los ensayos de las muestras realizadas.

Según los resultados mostrados se determinó que los valores porcentuales acumulados en los tamices N° 04 y 3/8” no cumplen con los requisitos de granulometría establecidos según los límites de la NTP 400.037 para ninguno de las muestras realizadas: A. Grueso y Concreto Reciclado en distintas proporciones (30%, 50%, 70% y 100%).

4.3. Ensayos de resistencia a la compresión de probetas

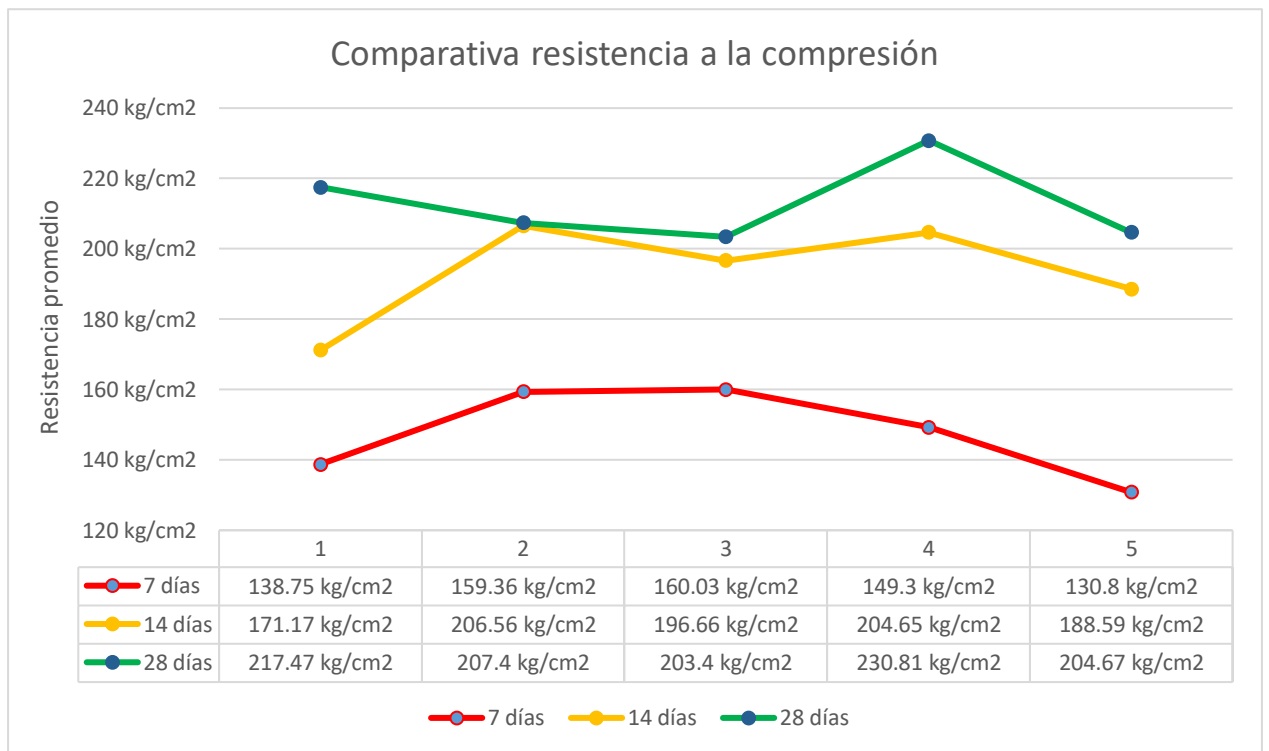


Figura 14: Comparativa de las resistencias a la compresión promedios obtenidos en los ensayos de laboratorio según NTP 339.034

Se observan los valores promedios obtenidos en la figura anterior, donde los valores de “1” representan al concreto patrón (0% utilización de concreto reciclado), los valores de “2” representan al concreto con 30% de concreto reciclado en su composición, los valores de “3” representan al concreto con 50% de concreto reciclado en su composición, los valores de “4” representan al concreto con 70% de concreto reciclado en su composición y los valores de “5” representan al concreto con 100% de concreto reciclado en su composición.

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 7 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 30% de Concreto Reciclado y el concreto con 50% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 159.36 kg/cm² y 160.03 kg/cm² respectivamente.

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 14 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 30% de Concreto Reciclado y el concreto con 70% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 206.56 kg/cm² y 204.65 kg/cm².

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 28 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 0% de Concreto Reciclado (concreto patrón) y el concreto con 70% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 217.47 kg/cm² y 230.81 kg/cm².

4.4. Ensayos de resistencia a tracción simple por compresión diametral

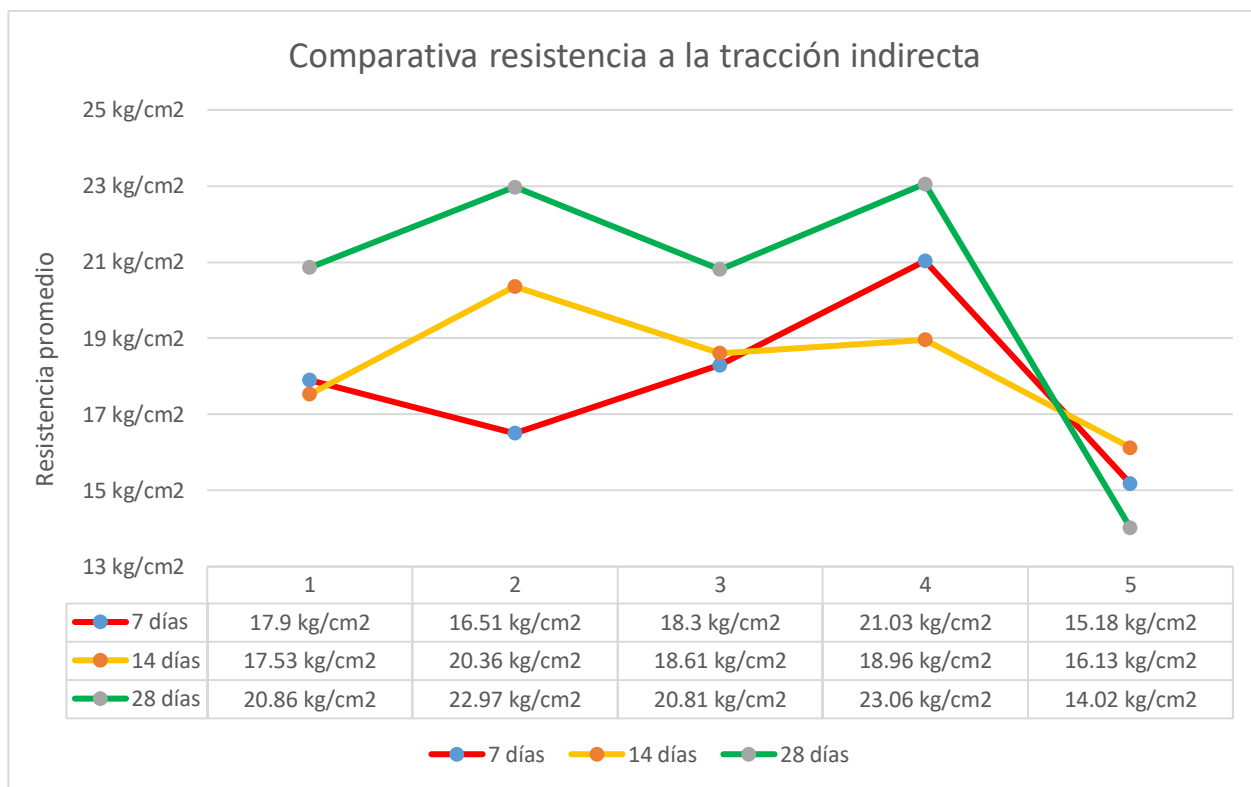


Figura 15: Comparativa de las resistencias a la tracción simple por compresión diametral obtenidos en los ensayos de laboratorio según NTP 339.084

Se observan los valores promedios obtenidos en la figura anterior, donde los valores de “1” representan al concreto patrón (0% utilización de concreto reciclado), los valores de “2” representan al concreto con 30% de concreto reciclado en su composición, los valores de “3” representan al concreto con 50% de concreto reciclado en su composición, los valores de “4” representan al concreto con 70% de concreto reciclado en su composición y los valores de “5” representan al concreto con 100% de concreto reciclado en su composición.

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 7 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 50% de Concreto Reciclado y el concreto con 70% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 18.30 kg/cm² y 21.03 kg/cm² respectivamente.

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 14 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 30% de Concreto Reciclado y el concreto con 70% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 20.36 kg/cm² y 18.96 kg/cm².

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 28 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 30% de Concreto Reciclado y el concreto con 70% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 22.97 kg/cm² y 23.06 kg/cm².

Se observa que con la adición del 100% de concreto reciclado en reemplazo del agregado grueso se obtienen los valores más bajos de resistencia a la tracción indirecta a los 7 días, 14 días y 28 días.

4.5. Ensayos de resistencia a flexión de vigas

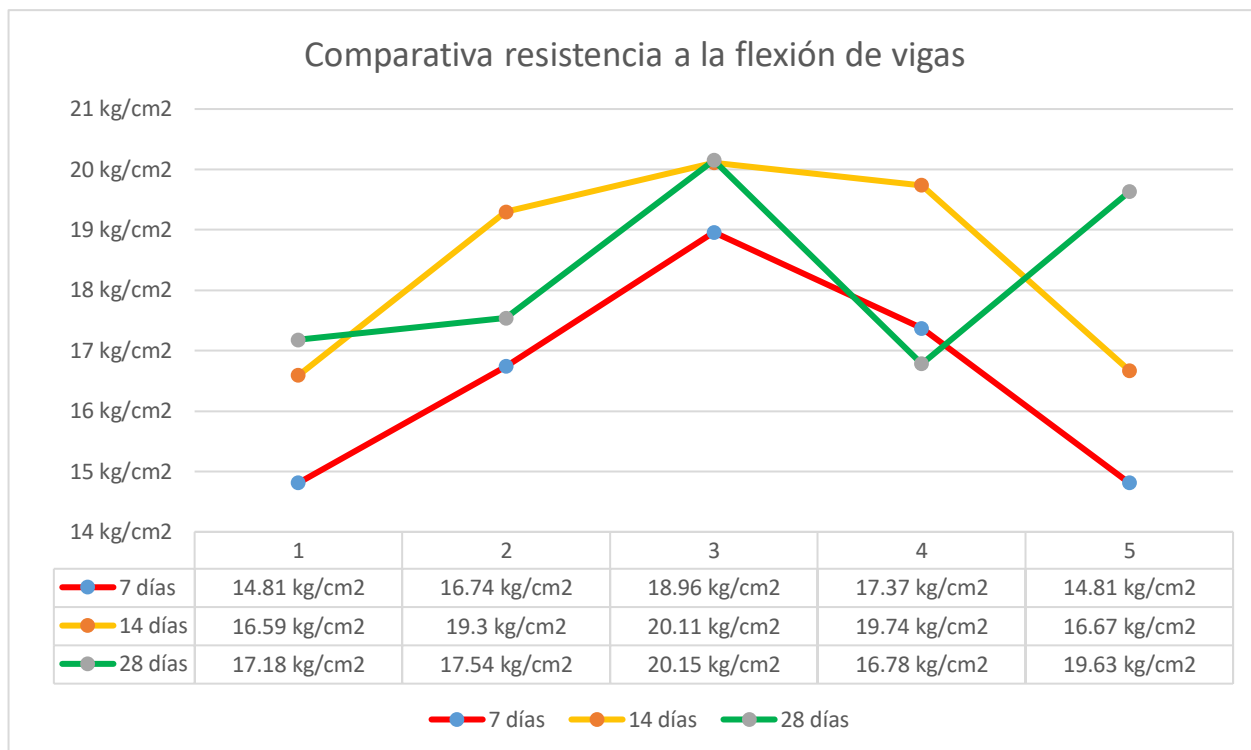


Figura 16: Comparativa de las resistencias a la flexión de vigas obtenidos en los ensayos de laboratorio según NTP 339.078

Se observan los valores promedios obtenidos en la figura anterior, donde los valores de “1” representan al concreto patrón (0% utilización de concreto reciclado), los valores de “2” representan al concreto con 30% de concreto reciclado en su composición, los valores de “3” representan al concreto con 50% de concreto reciclado en su composición, los valores de “4” representan al concreto con 70% de concreto reciclado en su composición y los valores de “5” representan al concreto con 100% de concreto reciclado en su composición.

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 7 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 50% de Concreto Reciclado y el concreto con 70% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 18.96 kg/cm² y 17.37 kg/cm² respectivamente.

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 14 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 50% de Concreto Reciclado y el concreto con 70% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 20.11 kg/cm² y 19.74 kg/cm².

Se pudo comprobar que para la resistencia promedio obtenida a los 28 días, las composiciones que obtuvieron mejores resultados fueron el concreto con 50% de Concreto Reciclado y el concreto con 100% de Concreto Reciclado, alcanzando resistencias de 20.15 kg/cm² y 19.63 kg/cm².

V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se concluyó que el Concreto Reciclado como reemplazo parcial del A. Grueso (70% concreto reciclado y 30% agregado grueso) para un diseño de mezcla influye en el mejoramiento de la resistencia a la compresión a los 28 días, pasando de una resistencia patrón promedio de 217.47 kg/cm^2 a una resistencia mejorada promedio de 230.81 kg/cm^2 , siendo los 28 días la edad del concreto donde alcanza su máxima resistencia.
- Se demostró en los distintos ensayos de resistencia a la compresión que dicha resistencia varía muy poco respecto al uso en mayor cantidad del concreto reciclado, por lo que sería una alternativa viable el reemplazo parcial y/o total del A. Grueso por Concreto Reciclado, pudiendo darle así un uso adecuado a los desperdicios de concreto que son desechados a diario en distintos lugares.
- Se concluyó que para alcanzar los valores más altos de resistencia a la tracción indirecta es recomendable usar las proporciones de concreto reciclado (30% y 70%) como reemplazo parcial del agregado grueso, mientras que un reemplazo total del agregado grueso (100% concreto reciclado) obtendrá los valores más bajos de resistencia.
- Se concluyó que para alcanzar los valores más altos de resistencia a la flexión de vigas es recomendable usar las proporciones de concreto reciclado (50% y 100%) como reemplazo parcial y/o total del A. Grueso.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda poder optar por la realización de estructuras de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando el A. Grueso por Concreto Reciclado en cualquier proporción ya que éstas cumplen satisfactoriamente con las resistencias de diseño óptimas.
- Considerando la gran cantidad de escombros de concreto que se acumulan a diario debido a las diversas obras de construcción, se puede gestionar el traslado de estos a maquinas trituradoras que faciliten la obtención en masa y pueda darse un aprovechamiento correcto del concreto reciclado.
- Se recomienda poder realizar más ensayos de concreto reciclado para otras resistencias específicas e incluir aditivos para tener un panorama más general del comportamiento de este en diversas situaciones.

VI. Bibliografía

- Aguilar, Hernández & Espinoza (2021). “Concreto reciclado a partir de escombros de mampostería de bloque de cemento”. <https://doi.org/10.5377/nexo.v34i05.13099>.
- Agregados reciclados: ¿Qué y para qué?. (s.f.). <https://360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que/>.
- Borja S. (2019). Metodología de la investigación científica para ingenieros.
- Chasquero & Hurtado (2019). “Uso del concreto reciclado proveniente de demoliciones para la producción de afirmado” [Tesis]. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/239>.
- Chumpitaz Ochoa (2019). “Propiedades físicas y mecánicas de un concreto elaborado con agregado grueso proveniente del concreto reciclado”. [Tesis]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/6960>.
- Cutipa & Velásquez (2023). “Diseño de elementos estructurales de una vivienda unifamiliar empleando concreto reciclado en Oasis de Villa, Villa el Salvador 2023”. [Tesis]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/126451>.
- Decreto Supremo n° 002-2022-VIVIENDA. Anexo 3
- Economía circular en construcción recuperación de residuos sólidos como recursos para obras viales (2022). <https://construye2025.cl/2022/10/18/economia-circular-en-construccion-recuperacion-de-residuos-como-recursos-para-obras-viales/>.
- Galván Arias (2020). “Uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo- 2018”. [Tesis]. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1610>.

- Huarcaya Arteaga (2022). “Diseño de concreto estructural empleando escombros de concreto como aporte a la resistencia de 210 kg/cm, San Isidro, 2022”. [Tesis]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/132807>.
- Jiménez & López (2017). “Análisis granulométrico de la utilización de concreto reciclado como agregado grueso en un concreto de alto desempeño (6000 psi o 42 MPa)”. [Tesis].
- Martínez Lara (2020). “Desempeño de las propiedades físicas- mecánicas del concreto, utilizando agregado de concreto reciclado, Lambayeque 2020”. [Tesis]. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9009>.
- Martínez Urieles (2020). “El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana”. [Tesis]. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f3163836-dc5b-4f5a-a872-9622afb13f4e/content>.
- Palomino Córdova (2020). “Análisis sismorresistente de una edificación aporricada incorporando concreto reciclado como agregado grueso al hormigón, San Antonio De Jicamarca, Huarochirí, 2020”. [Tesis]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57137>.
- Propiedades físicas de agregados. (s.f.). Obtenido de <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-mayor-de-san-simon/hormigon-armado-i/propiedades-fisicas-de-los-agregados-phy/17433243>.
- Propiedades mecánicas del concreto. (s.f.). Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-de-los-andes/concreto-armado/137361287-propiedades-mecanicas-del-concreto/57213415>.
- Ramírez Yanac (2022). “Resistencia a la compresión en sustitución del agregado grueso por el concreto reciclado en los porcentajes 30% y 40%, Huaraz-2022”. [Tesis]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115658>.

Rivera E., Guerrero R., Espinoza P., Millon G. & Areas E. (2020). “Concretos reciclados, posibilidades de investigación desde el pregrado”.

<https://doi.org/10.5377/arquitectura.v9i5.9918>.

Sánchez Carranza (2019). “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para el diseño de mezclas ($f'_c=175\text{kg/Cm}^2$) distrito José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Lambayeque”. [Tesis]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37983>.

VII. ANEXOS

7.1. Constancia 005- 2025 LEME- FICSA

7.2. Cálculo y resultado de los ensayos de laboratorio