

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Análisis del uso del agregado reciclado en elementos de concreto no  
estructurales, entre los años 2018-2020**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Jose Alfredo Ayacila Tineo**

**ASESOR**

**Hector Augusto Gamarra Uceda**

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

**Chiclayo, 2022**

# PROYECTO DE TESINA-AYACILA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE  
INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

4%

2

[repositorio.uss.edu.pe](https://repositorio.uss.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

3

[repositorio.unfv.edu.pe](https://repositorio.unfv.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

4

[repositorio.upeu.edu.pe](https://repositorio.upeu.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

5

[www.coursehero.com](https://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

1%

6

[repositorio.udh.edu.pe](https://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

7

[creativecommons.org](https://creativecommons.org)

Fuente de Internet

1%

8

[materconstrucc.revistas.csic.es](https://materconstrucc.revistas.csic.es)

Fuente de Internet

1%

9

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

## Índice

Resumen .....	4
Abstract.....	5
Introducción.....	6
Marco teórico.....	7
a) Residuos de Construcción y Demolición .....	7
b) Agregado reciclado .....	7
c) Resistencia a la compresión.....	7
d) Concreto .....	7
e) Elementos no estructurales .....	7
Materiales y métodos.....	7
a) Tipo de Estudio .....	7
b) Población, Muestra de Estudio y Muestreo.....	7
c) Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	8
d) Procesamiento para Análisis de Datos .....	8
Resultados y discusión .....	9
a) Relación de estudios sobre la viabilidad del agregado reciclado para su uso en elementos de concreto no estructurales .....	9
b) Resistencia a la compresión alcanzada para distintos porcentajes de reemplazo ..	13
c) Método de diseño de mezcla y tipo de cemento utilizado.....	14
d) Porcentaje de absorción obtenido en cada estudio .....	15
e) Análisis económico de los agregados reciclados frente a los naturales .....	16
Conclusiones.....	17
Recomendaciones .....	17
Referencias .....	18
Anexos.....	20

## Lista de tablas

<b>Tabla 1:</b> Método de recolección de Datos .....	8
<b>Tabla 2:</b> Tesis seleccionadas según año de publicación. ....	8
<b>Tabla 3:</b> Repositorios de tesis de donde fueron obtenidas las muestras. ....	9
<b>Tabla 4:</b> Análisis global de datos obtenidos de las investigaciones.....	10
<b>Tabla 5:</b> Comparación de la resistencia a la compresión según porcentaje de reemplazo de agregado grueso de 5% a 75%.....	13
<b>Tabla 6:</b> Comparación de la resistencia a la compresión con un porcentaje de reemplazo de 100% de agregado grueso. ....	14
<b>Tabla 7:</b> Porcentaje de absorción de los agregados naturales y reciclado empleados en las investigaciones .....	15
<b>Tabla 8:</b> Costo unitario de los agregados reciclados en 1 m <sup>3</sup> de concreto. ....	16

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar la viabilidad de los agregados reciclados para su uso en elementos de concreto no estructurales, ya que existe gran cantidad de residuos generados en las construcciones que no son aprovechados y que generan focos infecciosos de enfermedades y también impactan de manera negativa en el medio ambiente. Para ello, se realiza la revisión de 10 tesis ejecutadas en el Perú a partir del 2018 buscando en bases de datos como Google académico, Redalyc, Alicia y en los repositorios de tesis de las universidades del Perú. En las investigaciones seleccionadas, se ha evaluado la influencia del reemplazo de agregado reciclado en un diseño de mezcla convencional, el método empleado para el diseño de mezcla y el grado de absorción de estos agregados frente a los naturales. Finalmente, se concluye que el uso de agregados reciclados es viable en elementos de concreto no estructurales en función a la resistencia a la compresión.

**Palabras clave:** Agregado reciclado, concreto reciclado, elementos no estructurales, 175

### **Abstract**

The present research aims to determine the viability of recycled aggregates for use in non-structural concrete elements, since there is a large amount of waste generated in constructions that is not used and that generate infectious sources of diseases and also have an impact negative on the environment. For this, a review of 10 theses executed in Peru from 2018 is carried out by searching databases such as Google Academic, Redalyc, Alicia and the thesis repositories of Peruvian universities. In the selected investigations, the influence of the replacement of recycled aggregate in a conventional mix design, the method used for the mix design and the degree of absorption of these aggregates compared to natural ones has been evaluated. Finally, it is concluded that the use of recycled aggregates is viable in non-structural concrete elements based on compressive strength.

**Keywords:** Recycled aggregate, recycled concrete, non-structural elements, 175

## **Introducción**

La industria de la construcción es uno de los ejes que rige la economía mundial, ya que ha beneficiado al desarrollo de los países. Por otro lado, genera grandes cantidades de residuos de construcción y demolición contribuyendo de esta manera a la degradación ambiental y el consumo de volúmenes importantes de recursos naturales [1]. Según [2], este sector aporta alrededor del 50% de los residuos sólidos inorgánicos al planeta, generando desmonte, que depende directamente del crecimiento poblacional y el desarrollo urbanístico.

A nivel internacional, en el año 2016, de los residuos generados en la Unión Europea, el 36.4% corresponde al sector construcción [3]. En Costa Rica, al igual que en otros países, el problema radica en la cantidad de escombros generados y en que no existe una adecuada gestión para éstos, ocasionando que se dispongan en botaderos clandestinos y sea mínima su recuperación [4].

En el interior del Perú, es fácil identificar puntos donde son abandonados los RCD sin ningún criterio de protección ambiental, en muchos de los casos son arrojados en orillas de ríos, mar y lagos, en lugares descampados e incluso en la vía pública, generando focos infecciosos para la población que vive cerca.

Frente a la problemática presentada, surge la siguiente pregunta: ¿Es viable el uso del agregado reciclado en elementos de concreto no estructurales? Para ello, la investigación tiene como objetivo determinar la viabilidad de los agregados reciclados para su uso en elementos de concreto no estructurales mediante las investigaciones revisadas y de esta manera enrumbar el camino hacia una economía circular en el Perú a partir de la recopilación de estudios realizados en el país.

La justificación de esta investigación está enmarcada en los siguientes puntos: en el tema ambiental, se mitigarán los impactos ambientales negativos generados por la mala disposición y tratamiento de estos residuos. En el ámbito social, se eliminarán los focos infecciosos mejorando la calidad de vida de los pobladores; y en el aspecto científico contribuye al conocimiento para los que quieren tener una visión sobre la viabilidad del agregado reciclado para ser usado en elementos no estructurales.

En la presente revisión, se considerará los estudios que se hayan realizado desde el año 2018 en adelante, respecto al uso de agregados reciclado en elementos de concreto no

estructurales, identificando la resistencia a la compresión del concreto y el contenido de humedad como parámetros fundamentales en la evaluación.

### **Marco teórico**

#### **a) Residuos de Construcción y Demolición**

Son todos a aquellos que cumplan con la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, y, además; de acuerdo con [5], son todos los residuos que resultan durante la ejecución de un proyecto de obra civil, descritas en el expediente técnico.

#### **b) Agregado reciclado**

Es aquel agregado proveniente del tratamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD). Se puede obtener de bloques de concreto, cascote de ladrillo, residuos de cerámico, entre otros que se encuentren dentro de los residuos reciclables.

#### **c) Resistencia a la compresión**

Es el esfuerzo máximo que un material puede soportar bajo la aplicación de una carga de aplastamiento.

#### **d) Concreto**

“Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” [6]. Sus componentes son el cemento, agua, agregados, aire y aditivos (opcional).

#### **e) Elementos no estructurales**

Son aquellos elementos que no forman parte del sistema de soporte de la edificación. Dentro de estos elementos se encuentran los tabiques, cerramientos, veredas y sardineles.

### **Materiales y métodos**

#### **a) Tipo de Estudio**

La presente investigación es una revisión sistemática de la literatura científica porque se analizaron tesis permitiendo realizar la comparación de la información recopilada y dar respuesta a nuestra pregunta de investigación planteada.

#### **b) Población, Muestra de Estudio y Muestreo**

La población son las investigaciones previas que evaluaron la viabilidad de los agregados reciclados para su aprovechamiento en elementos de concreto no estructurales. Se ha



escogido como muestra las tesis realizados en los últimos 03 años en el Perú. En ellos se compararán y analizarán el porcentaje de reemplazo de agregados, algunas de sus propiedades y la resistencia a la compresión del concreto.

**Población:** Tesis que evaluaron la viabilidad de los agregados reciclados para su aprovechamiento en elementos de concreto no estructurales.

**Tamaño de muestra:** 10 tesis ejecutadas en el Perú a partir del 2018.

### c) Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

**Tabla 1:** Método de recolección de Datos

*Fuente:* Elaboración propia

TÉCNICA	INSTRUMENTO	ELEMENTO DE LA POBLACIÓN
Análisis de documentos	Ficha de análisis (Ver Anexos: ficha n°1)	Tesis

### d) Procesamiento para Análisis de Datos

Se realizó la búsqueda de la información en distintas bases de datos como Google académico, Redalyc, Alicia y en los repositorios de tesis de las universidades del Perú. Se buscó mediante palabras clave como “agregado reciclado”, “concreto reciclado”, “agregado reciclado AND elementos no estructurales”, “agregado reciclado AND 175”, entre otros, obteniendo varias tesis, seguidamente se filtraron solo las tesis cuyo año de publicación sea 2018 o posterior a éste, y que se hayan realizado en el Perú. Luego de obtenida la información y seleccionada, se usaron fichas para condensar los datos relevantes de las investigaciones que se analizaron.

**Tabla 2:** Tesis seleccionadas según año de publicación.

*Fuente:* Elaboración propia

Año	N° de tesis	Porcentaje (%)
2018	2	20
2019	6	60
2020	2	20
<b>TOTAL</b>	10	100%

**Tabla 3:** Repositorios de tesis de donde fueron obtenidas las muestras.*Fuente:* Elaboración propia

<b>Institución</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Universidad Nacional Federico Villarreal	1	10
Universidad Privada Del Norte	1	10
Universidad Peruana Unión	2	20
Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI	1	10
Universidad de Huánuco	1	10
Universidad Peruana Los Andes	1	10
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	1	10
Universidad César Vallejo	2	20
<b>TOTAL</b>	10	100%

## Resultados y discusión

### a) Relación de estudios sobre la viabilidad del agregado reciclado para su uso en elementos de concreto no estructurales

En la Tabla 4 se muestra la relación de tesis de en función a su título y los hallazgos principales obtenidos en cada investigación. Podemos notar que los estudios se realizaron en distintas regiones al interior del país como Lima, La Libertad, Lambayeque, etc.

Según lo recopilado podemos ver que la mayoría de estos estudios cumplen con su propósito principal sobrepasando la resistencia requerida, siendo viable su uso en elementos de concreto no estructurales, excepto [9] que para un  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> sus muestras evaluadas con 10%, 20%, 30% y 40% de agregado grueso reciclado no llega a la resistencia prevista.

**Tabla 4:** Análisis global de datos obtenidos de las investigaciones. *Fuente:* Elaboración propia

Título de tesis	Hallazgos
Evaluación del diseño de concreto $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales [7]	Este estudio pretende evaluar el diseño de concreto de $f'c = 175$ kg/cm <sup>2</sup> , utilizando agregados reciclados y agregados naturales para su aplicación en elementos no estructurales. Para el diseño de mezcla se usó el 35% de agregado reciclado fino y 65% de agregado natural fino y 100% de agregado reciclado grueso. En los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días, se obtuvo 243.49 kg/cm <sup>2</sup> , valor mayor al esperado, por lo cual el concreto puede ser usado en elementos no estructurales como veredas, sardineles y otros.
Resistencia a la compresión del concreto $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado [8]	Esta investigación plantea determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado. Se realizaron diseños de mezcla para los porcentajes de 50%, 75% y 100% de agregado reciclado en reemplazo del natural. Los resultados para el ensayo de resistencia a la compresión son favorables con valores de 252.60 kg/cm <sup>2</sup> , 205.88 kg/cm <sup>2</sup> y 191.24 kg/cm <sup>2</sup> para los porcentajes mencionados anteriormente, frente a una muestra patrón de 252.62 kg/cm <sup>2</sup> .
Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional [9]	El objetivo de la investigación es determinar la influencia del agregado grueso reciclado (AGR) en la resistencia a compresión para un concreto convencional. Se realizaron diseños de mezcla para 140 kg/cm <sup>2</sup> , 175 kg/cm <sup>2</sup> , 210 kg/cm <sup>2</sup> y 280 kg/cm <sup>2</sup> , con un grupo de control y cuatro grupos de reemplazo de 10%, 20%, 30% y 40% de agregado grueso. Respecto al diseño para $f'c= 175$ kg/cm <sup>2</sup> , se concluye que no cumple con la resistencia requerida.

<p>Influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido <math>f'c</math> 175 kg/cm<sup>2</sup> [10]</p>	<p>Tiene como objetivo, determinar la influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido <math>f'c</math> 175 Kg/cm<sup>2</sup>. Se realizaron diseños de mezcla para 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de agregado reciclado grueso, que fueron ensayados a los 28 días de curado. Se concluye que el porcentaje ideal de reemplazo es del 50% del agregado grueso.</p>
<p>Elaboración de concreto <math>f'c</math> = 175 kg/cm<sup>2</sup> utilizando concreto reciclado de vías peatonales como agregado grueso, Huánuco 2019 [11]</p>	<p>Tiene como objetivo, obtener concreto <math>f'c</math> = 175 Kg/cm<sup>2</sup> utilizando concreto reciclado de vías peatonales como agregado grueso, en Huánuco 2019. Se elaboran tres diseños de mezcla para los reemplazos de 15%, 30% y 45% de agregado grueso. Según los resultados, superaron en 3 Kg/cm<sup>2</sup>, 8 Kg/cm<sup>2</sup> y 5 Kg/cm<sup>2</sup> la resistencia propuesta. La mejor proporción es del 30% con 1.09% de la resistencia de diseño de la muestra patrón.</p>
<p>Utilización de materiales reciclados de edificaciones en la construcción de veredas peatonales <math>F'C</math> 175 kg/cm<sup>2</sup> [12]</p>	<p>La investigación pretende analizar la influencia de la utilización de materiales reciclados de edificaciones en la construcción de veredas peatonales. Se usó una muestra patrón y un único reemplazo de 100% de agregado grueso y se ensayaron las probetas a los 7, 14, 21 y 28 días. La resistencia a la compresión fue de 183.56 kg/cm<sup>2</sup>, con lo cual cumple lo previsto siendo viable su uso en veredas peatonales.</p>
<p>Uso de agregados reciclados proveniente del concreto de edificaciones en Lima Metropolitana para su aplicación en veredas con <math>f'c</math> = 175 kg/cm<sup>2</sup> [13]</p>	<p>Obtener la dosificación óptima de mezcla de concreto usando agregado grueso reciclado obtenido del concreto reciclado de las construcciones de edificaciones urbanas cumpliendo con la resistencia mínima requerida (<math>f'c</math> = 175 kg/cm<sup>2</sup>) para su uso en veredas. Se usaron 3 porcentajes de reemplazos para el agregado grueso (25%, 50% y 100%) y se compararán con una muestra patrón. Se concluye que el reemplazo óptimo es del 25%.</p>

<p>Dosificación para la elaboración de concreto <math>f'c=175</math> kg/cm<sup>2</sup> usando los residuos de demoliciones de concreto estructural como agregado grueso, Nuevo Chimbote – 2019 [14]</p>	<p>El estudio pretende determinar la dosificación para la elaboración de concreto <math>f'c= 175</math> kg/cm<sup>2</sup> usando los residuos de demoliciones de concreto estructural como agregado grueso. Se usó una muestra patrón y un único reemplazo de 100% de agregado grueso y se ensayaron las probetas a los 7, 14, y 28 días. Se concluye que puede usarse el agregado grueso reciclado para <math>f'c=175</math> kg/cm<sup>2</sup>, ya que cumple con la resistencia requerida. Y la dosificación necesaria es 1:3.21:2.92.</p>
<p>Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para el diseño de mezclas (<math>f'c=175</math>kg/Cm<sup>2</sup>) distrito José Leonardo Ortiz – Chiclayo –Lambayeque [15]</p>	<p>El estudio busca evaluar las propiedades mecánicas del concreto reciclado para el diseño de mezclas (<math>f'c=175</math> kg/cm<sup>2</sup>) distrito José Leonardo Ortiz – Chiclayo -Lambayeque. Se usó una muestra patrón y 3 reemplazos de 5%, 15% y 25% de agregado grueso y se ensayó las probetas a los 7, 14, y 28 días. Para estos porcentajes se obtuvieron los siguientes <math>f'c</math>: 178.78 kg/cm<sup>2</sup>, 163.76 kg/cm<sup>2</sup> y 145.78 kg/cm<sup>2</sup>, con una muestra patrón de 175.5 kg/cm<sup>2</sup>, siendo 5% el mejor porcentaje de reemplazo.</p>
<p>Evaluación de concreto reciclado, proveniente de procesos de demolición y construcción de viviendas para su reúso en concreto simple en la ciudad de Juliaca [16]</p>	<p>La investigación busca evaluar el concreto reciclado que se genera por procesos de demolición y construcción de viviendas, para el reúso en concreto simple en la ciudad de Juliaca. Se usó una muestra patrón y 2 reemplazos de 5%, 10% de agregado global y se ensayó las probetas a los 7, 14, y 28 días. Para ambos porcentajes cumple con la resistencia especificada (175 kg/cm<sup>2</sup>), por lo cual su uso es óptimo en obras de concreto simple.</p>

### b) Resistencia a la compresión alcanzada para distintos porcentajes de reemplazo

En las investigaciones presentadas en la Tabla 4, vemos que los autores utilizan distintos porcentajes de reemplazo, en su mayoría para el agregado grueso, otros optan solo por reemplazar todo el agregado grueso [7, 12, 14] y variar el agregado fino [7]. También se hacen reemplazos en distintos porcentajes de ambos agregados [8] y como agregado global [16].

En la Tabla 5, se muestra la comparación de resultados según los porcentajes de reemplazos utilizados para el agregado grueso de 5% a 75%.

**Tabla 5:** Comparación de la resistencia a la compresión según porcentaje de reemplazo de agregado grueso de 5% a 75%

Fuente: Propia

% de reemplazo de agregado grueso	Investigaciones	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
5	[15]	178.78 kg/cm <sup>2</sup>
10	[9]	169.03 kg/cm <sup>2</sup>
15	[11]	178.84 a 181.16 kg/cm <sup>2</sup>
15	[15]	163.76 kg/cm <sup>2</sup>
20	[9]	168.74 kg/cm <sup>2</sup>
25	[10]	299.8 kg/cm <sup>2</sup>
25	[13]	289.4 kg/cm <sup>2</sup>
25	[15]	145.78 kg/cm <sup>2</sup>
30	[9]	168.65 kg/cm <sup>2</sup>
30	[11]	183.81 a 186.19 kg/cm <sup>2</sup>
40	[9]	165.48 kg/cm <sup>2</sup>
45	[11]	181.20 a 182.80 kg/cm <sup>2</sup>
50	[10]	308.8 kg/cm <sup>2</sup>
50	[13]	260.5 kg/cm <sup>2</sup>
75	[10]	291.8 kg/cm <sup>2</sup>

En la Tabla 5, vemos que se supera lo requerido ( $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>) siendo viable su uso en elementos de concreto como veredas. Además, se observa los reemplazos de porcentaje de 50% de agregado grueso superan en demasía a la resistencia especificada. Y como se mencionó en párrafos anteriores, la única investigación que no cumple es la [9], no siendo viable su uso en esa localidad.

De todas las investigaciones, en las que vemos que ha medida que aumenta el porcentaje de reemplazo disminuye la resistencia a la compresión del concreto, se tiene un caso particular, ya que el pico de la investigación en [10] se encuentra en el segundo porcentaje de reemplazo (50%).

A continuación, se muestra la comparación de reemplazar todo el agregado grueso por agregado reciclado, evaluando su factibilidad.

**Tabla 6:** Comparación de la resistencia a la compresión con un porcentaje de reemplazo de 100% de agregado grueso.

**Fuente:** Elaboración propia

% de reemplazo de agregado grueso	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )			
	[10]	[12]	[13]	[14]
100 %	293.6	183.56	235.9	174.9

En la Tabla 6 se puede observar que se cumple con lo requerido, a pesar de que en [14] tenga 0.1 kg/cm<sup>2</sup> menos de lo requerido. Vemos que las investigaciones [10] y [13] superan la resistencia requerida, en un rango de 30% a 70% más de lo establecido. En este sentido, vemos que incluso reemplazando todo el agregado grueso su uso es óptimo para las localidades donde se realizaron las investigaciones, contribuyendo de esta manera con el medio ambiente y al bienestar de la población.

### c) Método de diseño de mezcla y tipo de cemento utilizado

Según los datos analizados, vemos que se usó el método del ACI-comité 211 para todas las investigaciones, a excepción de [8] que empleó el método de la combinación de los agregados y [10] que usó un método empírico con una dosificación 1:2:3, usada por los maestros de obra, por tal motivo en la Tabla 6 vemos que la resistencia a la compresión sale muy elevada.

Respecto al Tipo de cemento a usar, el escogido por todos los tesisistas fue el Tipo I, a excepción de [8] que usó cemento MS, obteniendo valores de 252.60 kg/cm<sup>2</sup>, 205.88 kg/cm<sup>2</sup> y 191.24 kg/cm<sup>2</sup> para los porcentajes de 50%, 75% y 100% de reemplazo respectivamente, frente a una muestra patrón de 252.62 kg/cm<sup>2</sup>.

#### d) Porcentaje de absorción obtenido en cada estudio

En el diseño de mezcla una propiedad importante cuando se trabaja con este tipo de agregados es el grado de absorción, ya que, al ser un concreto reciclado, cascote de ladrillo o residuo de cerámico, en general, de los ensayos de laboratorio efectuados en todas las investigaciones este valor es alto, lo que conlleva a una mayor cantidad de agua a la mezcla.

**Tabla 7:** Porcentaje de absorción de los agregados naturales y reciclado empleados en las investigaciones

*Fuente:* Elaboración propia

Investigación	% de absorción del agregado					
	Fino	Grueso	Fino reciclado	Grueso reciclado	Fino combinado	Global reciclado
[7]	2	4	-	5.3	2.92	-
[8]	3.68	1.29	8.32	6.47	-	-
[9]	3.24	0.9	-	6.66	-	-
[10]	N/E	N/E	-	N/E	-	-
[11]	2.61	1.27	-	5.66	-	-
[12]	1.36	-	-	3.7	-	-
[13]	1.11	0.27	-	3.65	-	-
[14]	1.28	0.8	-	5.04	-	-
[15]	2.30	1.43	-	8.35	-	-
[16]	2.30	2.88	-	-	-	6.64

\*N/E: No especifica

En la Tabla 7 podemos observar que los porcentajes más altos les corresponde a los agregados reciclados gruesos, ensayados por las investigaciones [14], [7], [11], [8], [9] y



[15] con valores de 5.04%, 5.3%, 5.66%, 6.47%, 6.66% y 8.35% respectivamente. Y respecto al agregado fino reciclado, la investigación [8] fue la única que realizó ese reemplazo obteniendo 8.32%, un valor altísimo.

#### e) Análisis económico de los agregados reciclados frente a los naturales

En las investigaciones de [7] y [12], se realizó un análisis de costos unitarios resultando para ambos que el agregado reciclado tendrá un costo-beneficio mayor, reduciendo en un 8% y 19% respectivamente los costos respecto a los agregados naturales. Cabe mencionar que este análisis solo sirve para los lugares donde se han realizado las investigaciones, así tenemos que para el caso de [7] solo es aplicable en el distrito de El Agustino, ubicado en el departamento de Lima y para [12] se debe usar en el distrito de Huancayo, que se encuentra en la región de Junín. Sin embargo, las tesis no evalúan el costo de la trituración del RCD, por lo cual estos valores no son muy confiables.

**Tabla 8:** Costo unitario de los agregados reciclados en 1 m<sup>3</sup> de concreto.

*Fuente:* Elaboración propia

Investigaciones	Costo unitario (S//m <sup>3</sup> )	
	[7]	[12]
Concreto convencional	211.08	266.65
Concreto reciclado	194.81	216.32

## **Conclusiones**

En general, las investigaciones analizadas, demuestran que el agregado reciclado es viable para su aplicación en elementos de concreto no estructurales, en función a la resistencia obtenida mediante ensayos de laboratorio.

Asimismo, esta resistencia a la compresión axial va a depender del porcentaje de reemplazo que se realice a la mezcla y según el origen del agregado.

El análisis de costos unitarios realizados por 2 de las tesis no son muy confiables ya que no se considera el costo de la trituración del RCD.

Además, el agregado reciclado es eco amigable con el planeta, por lo cual su uso mitigará los impactos ambientales negativos y reducirá focos infecciosos que afectan la salud humana.

## **Recomendaciones**

Antes de aplicar el agregado reciclado en una localidad específica se debe tener como referencia las investigaciones hechas cerca al lugar, si no es así se recomienda realizar ensayos de los agregados reciclados de la zona.

Se recomienda utilizar aditivos en siguientes investigaciones con el fin de disminuir la demanda de agua debida al elevado grado de absorción de los agregados reciclados.

Los resultados de las investigaciones solo aplican para el uso de agregados reciclados en elementos de concreto simple no estructurales. Si se requiere aplicar en elementos que involucren acero, se recomiendan realizar otros ensayos antes de su uso.

## Referencias

- [1] B. González Fonteboa, S. Seara Paz, J. de Brito, I. González Taboada, F. Martínez Abella y R. Vasco Silva, «Recycled concrete with coarse recycled aggregate. An overview,» *Materiales de construcción*, vol. 68, nº 330, pp. 1-29, 2018.
- [2] L. M. Jimenez Bolaños, N. F. Trochez Sánchez y Y. D. Díaz Rosero, «Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción,» *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 17, nº 1, pp. 87-93, 2019.
- [3] EUROSTAT, «Energy, transport and environment statistics,» 2019. [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-books/-/KS-DK-19-001>.
- [4] O. R. p. M. y. I. I. C. UICN, Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción., San José, 2011.
- [5] Diario El Peruano, *Decreto Supremo N°003-2013-Vivienda*, Perú, 8 de febrero del 2013.
- [6] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, Reglamento nacional de edificaciones (RNE), 2018, Décima segunda ed., Lima: Megabyte SAC., 2018.
- [7] H. A. Cubas Resurrección y J. Cabrera Herrera, «Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional,» Lima, 2019.
- [8] N. E. Erazo González, «Evaluación del diseño de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales,» Lima, 2018.
- [9] G. Rodríguez Cabanillas, «Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado,» Cajamarca, 2018.
- [10] L. A. Alva Reyes y K. L. Asmat Ruíz, «Influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>,» Trujillo, 2019.
- [11] J. L. Alanya Chamorro, «Elaboración de concreto  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando concreto reciclado de vías peatonales como agregado grueso, Huánuco 2019,» Huánuco, 2020.

- [12] C. A. García Rojas, «Utilización de materiales reciclados de edificaciones en la construcción de veredas peatonales  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ,» Huancayo, 2019.
- [13] R. A. Carbonel Macedo y B. M. Quinteros Vásquez, «Uso de agregados reciclados proveniente del concreto de edificaciones en Lima Metropolitana para su aplicación en veredas con  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ,» Lima, 2020.
- [14] L. A. Ñuñuero Luna, «Dosificación para la elaboración de concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  usando los residuos de demoliciones de concreto estructural como agregado grueso, Nuevo Chimbote - 2019,» Chimbote, 2019.
- [15] W. A. Sánchez Carranza, «Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para el diseño de mezclas ( $f'c=175\text{kg/Cm}^2$ ) distrito José L,» Chiclayo, 2019.
- [16] G. Machaca Iquiapaza, «Evaluación de concreto reciclado, proveniente de procesos de demolición y construcción de viviendas para su reúso en concreto simple en la ciudad de Juliaca,» Juliaca, 2019.

## Anexos

Ficha N° 1: Ficha de análisis de tesis

Título:							
FUENTE	PROBLEMA IDENTIFICADO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA PARA DEMOSTRAR LA HIPÓTESIS	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Autor(es): Nombre de la Institución: Fecha: Tipo:							

Url: