

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



Estudio y análisis del uso de agregados reciclados en la elaboración de concretos

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

AUTOR

Christian Roger Diaz Edquen

ASESOR

Hector Augusto Gamarra Uceda

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

Chiclayo, 2022

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Introducción	5
I. Marco Teórico	7
1.1. Antecedentes	7
1.1.1. Antecedente 01	7
1.1.2. Antecedente 02	7
1.1.3. Antecedente 03	7
1.1.4. Antecedente 04	8
1.1.5. Antecedente 05	8
1.1.6. Antecedente 06	8
1.1.7. Antecedente 07	9
1.2. Bases Teórico-Científicas.....	9
1.2.1. Residuos	9
1.2.2. Residuos de Construcción y Demolición	9
1.2.3. Agregado	9
1.2.4. Agregado Reciclado	10
1.2.5. Concreto	10
II. Metodología.....	10
2.1. Tipo de Investigación	10
2.2. Hipótesis.....	10
2.3. Variables – Operacionalización.....	10
2.3.1. Variable Independiente.....	10
2.3.2. Variable Dependiente	10
2.4. Población, Muestra de Estudio y Muestreo.....	11
2.4.1. Población.....	11
2.4.2. Muestra de Estudio.....	11
2.4.3. Muestreo.....	11
2.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	12
2.5.1. Técnicas.....	12
2.5.2. Instrumento.....	12
2.6. Procesamiento para Análisis de datos	12
III. Resultados y discusión	14
IV. Conclusiones y recomendaciones.....	16
Referencias	17

Resumen

El presente informe de investigación descriptiva, tiene como objetivo dar a conocer las diferentes investigaciones realizadas que tienen como tema principal el uso de agregados reciclados en la elaboración de concreto. Esto debido a que, en la actualidad, en el Perú se generan grandes cantidades de Residuos de Construcción y Demolición que son depositados en botaderos informales, riveras de ríos, mares, etc., lo cual a su vez generan un impacto negativo al medio ambiente, y una de las soluciones para minimizar dicha problemática es la reutilización de los RCD como agregados en la elaboración de nuevos concretos. Las investigaciones seleccionadas comprenden tres artículos de investigación internacionales y cuatro tesis de pregrado nacionales; de estas se analizó cual es la influencia del uso de agregados reciclados en la elaboración de concretos, teniendo en cuenta las propiedades físicas de los agregados reciclados y propiedades mecánicas del concreto obtenido. Del análisis de la bibliografía se determinó la viabilidad del uso de agregados reciclados en nuevos concretos.

Palabras clave: Concreto Reciclado, Agregado Grueso Reciclado, Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

Abstract

The objective of this descriptive research report is to present the different investigations carried out whose main theme is the use of recycled aggregates in the manufacture of concrete. This is due to the fact that, at present, in Peru large amounts of Construction and Demolition Waste are generated that are deposited in informal dumps, riverbanks, seas, etc., which in turn generate a negative impact on the environment. environment, and one of the solutions to minimize this problem is the reuse of RCD as aggregates in the preparation of new concrete. The selected research includes three international research articles and four national undergraduate theses; Of these, the influence of the use of recycled aggregates in the production of concrete was analyzed, taking into account the physical properties of the recycled aggregates and the mechanical properties of the concrete obtained. From the analysis of the bibliography, the feasibility of using recycled aggregates in new concretes was determined.

Keywords: Recycled Concrete, Recycled Coarse Aggregate, Construction and Demolition Waste (RCD).

Introducción

A lo largo de los años, el sector construcción ha avanzado notablemente, con el crecimiento poblacional, las necesidades del hombre son muchas, desde carreteras, presas, hidroeléctricas, viviendas, departamentos, parques, puertos, aeropuertos, terminales, etc.; requieren la intervención de la industria de la construcción. La construcción de estos es muy beneficiosa, pero trae consigo enormes problemas que afecta a todo el mundo, desde países primermundistas hasta países tercermundistas, me refiero a la gran cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD) que se genera y a las grandes cantidades de materia prima que son usados en la construcción (Las materias primas utilizadas en el sector construcción representan aproximadamente el 70% de la producción total anual de minerales a nivel mundial [1]).

La gran cantidad de residuos provenientes de la construcción son una preocupación en la actualidad, por ejemplo, en Europa, se genera un aproximado de 850 millones de toneladas de RCD al año, lo cual llega a representar un 31% del total de residuos (todo tipo) que se generan en Europa [1]. Otro ejemplo es Colombia, donde el Ministerio del Ambiente y Desarrollo [2] sostuvo que, según sus investigaciones, en el año 2011 se generaron aproximadamente 22 millones de toneladas de Residuos de Construcción y Demolición en Colombia, esto sumando todos los residuos producidos en las principales ciudades del país vecino.

En Perú es muy evidente el problema, las grandes cantidades de RCD que se generan provenientes del sector construcción generan un gran impacto ambiental. En Lima se generan aproximadamente 19 mil toneladas de RCD, los cuales provienen del recojo de grava, ripio, piedra y escombros de las construcciones o demoliciones, estos residuos no tienen un lugar para su disposición final, pues los lugares autorizados para depósito de residuos no son exclusivos para los RCD, esto provoca que los RCD sean depositados en las riberas de los principales ríos de Lima y en las playas del mar del Callao [3]. Este problema no solo es en la capital del Perú, sino también en todas las ciudades del interior del país, por ejemplo, en el distrito de Chota, en Cajamarca, se generan grandes cantidades de RCD que son depositados en lugares no autorizados y en las riberas del Río Chotano, principal río de la ciudad.

Ante la problemática descrita anteriormente nos planteamos la siguiente pregunta ¿Es viable el uso de agregados reciclados en la elaboración de concretos? Es por eso que esta investigación tiene como objetivo evaluar si el uso de agregados reciclados en la elaboración de concretos es viable, este análisis de viabilidad se realizara mediante las investigaciones revisadas, las investigaciones estudiadas han sido realizadas entre el 2017 y 2021.

Esta investigación se centra principalmente en tres justificaciones: **justificación ambiental**, pues es una forma de minimizar el impacto ambiental que generan los RCD, así como conservar mejor los recursos naturales no renovables; **justificación socio-económica**, al pasar de los años y con mejor manejo de Residuos de Construcción y Demolición, estos serán una fuente de ingreso económico, pues generar agregados reciclados de RCD generarán puestos de trabajo; justificación técnica, esta investigación servirá como un sustento técnico para el aprovechamiento y uso de agregados reciclados en la elaboración de concreto.

I. Marco Teórico

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedente 01

Silva Urrego y Delvasto Arjona en su artículo de investigación denominada: “Use of construction and demolition waste as supplementary cementitious material and recycled coarse aggregate in self-compacting concrete” [4], utilizaron residuos de mampostería y residuos de concreto para la elaboración de concretos autocompactantes. Los investigadores realizaron 4 mezclas que fueron sometidos a diferentes ensayos (trabajabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, resistencia a la compresión diagonal de muretes), durante su análisis, llegaron a la conclusión que el uso de residuos en un concreto autocompactante es técnicamente viable, pues debido a que cumplió con parámetros de trabajabilidad, así como sobrepasar la resistencia mínima de 21 MPa que está establecida en la norma NSR-10.

1.1.2. Antecedente 02

Burhan Abdulrahman y otros en su investigación titulada: “Reinforced Concrete Slabs Containing Recycled Concrete as Coarse Aggregate” [5], investigaron sobre el uso de concreto reciclado como agregado grueso en losas de concreto armado, usaron dos tipos de concreto reciclado: reciclados de concreto normal y reciclados de concreto autocompactante, además usaron aditivo Silica Fume. Las losas fueron evaluadas a carga concentrada, los autores señalaron que las losas que tienen como agregado grueso los obtenidos del reciclaje de concreto normal pierden parcialmente sus propiedades; en cambio con las losas que tienen como agregado grueso los obtenidos del reciclaje de concreto autocompactante, las losas aumentan sus propiedades mecánicas y que tienen van estas aumentan si se le adiciona el aditivo Silica Fume.

1.1.3. Antecedente 03

Xargay y otros en su investigación: “Using recycled materials in cementitious composites” [6], evaluaron al concreto elaborado con tres productos reciclados: agregados reciclados, cenizas volantes y fibras de acero. Realizaron diferentes muestras de concreto los cuales fueron evaluados, los autores mencionan que el uso de agregado reciclado en la elaboración de concreto hizo que sus propiedades mecánicas disminuyeran, pero que al adicionar las cenizas volantes estas mejoraron; en cuanto al uso de fibras de acero (obtenidas de neumáticos viejos)

para reforzar al concreto, obtuvo una eficiencia mucho menor del cuando se usa fibras de acero industriales.

1.1.4. Antecedente 04

Erazo Gonzales Nilo Eli, en su tesis de pregrado titulada: “Evaluación del diseño de concreto $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales” [7], hace una evaluación del uso de agregados reciclados (provenientes de la demolición de veredas y pavimentos rígidos) en la elaboración de un concreto no estructural de 175 Kg/cm^2 . El autor, realizó diferentes diseños de mezcla en los cuales varia porcentualmente la sustitución de agregado natural por agregado reciclado. Dichos concretos fueron evaluados tanto en estado fresco como en estado endurecido. Gonzales menciona que el concreto ideal es el que se compone por 65 % de agregado fino reciclado, 35 % de agregado grueso reciclado, 100% de agregado grueso reciclado; esto debido a que no influye de manera considerable en la resistencia a la compresión del concreto, esta mezcla sobrepasa los 175 Kg/cm^2 .

1.1.5. Antecedente 05

Caycho Hidalgo y Espinoza Rodriguez Diego, elaboraron la tesis titulada: “Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, distrito la Molina, año-2019” [8], ellos evaluaron un concreto con una resistencia requerida de 280 Kg/cm^2 , hicieron uso de dos relaciones agua cemento: $a/c = 0.53$ y $a/c = 0.60$. Ellos reemplazaron de manera porcentual el agregado grueso natural por agregado grueso reciclado, para ello realizaron ensayos a los agregados tanto naturales como reciclados; luego elaboraron los diferentes concretos, los cuales se evaluaron en esto fresco y endurecido. Los autores mencionan que, de todas las mezclas realizadas, la que cumple con la resistencia requerida es aquel concreto que contiene 25% de agregado reciclado.

1.1.6. Antecedente 06

Ramos Aucapuri José Luis, autor de la tesis: “Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de Lince, Lima 2018” [9], el autor en su investigación evaluó que porcentaje de concreto reciclado se puede usar en la elaboración de unidades de pavimentos de bajo tránsito. Ramos utilizo tanto agregados finos reciclados como agregados reciclados grueso. Elaboro una muestra patrón con resistencia de 320 Kg/cm^2 , a partir de allí empezó a elaborar los demás diseños de mezclas. Los concretos fueron sometidos

a diferentes ensayos para verificar su comportamiento mecánico. El autor concluye que se puede usar hasta un 10% de agregados reciclados. Las proporciones finales fueron: 1 (cemento), 1.46 (agregado fino natural), 1.57 (agregado grueso natural), 1.57 (agregado fino reciclado), 0.18 (agregado grueso reciclado) y 19.42 litros de agua. Este concreto es el que cumple con los parámetros normativos vigentes.

1.1.7. Antecedente 07

Tarazona Beraún Keyth Dany elaboro la tesis: “Aprovechamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido en la producción de concreto nuevo en la ciudad de Huánuco – 2018” [10], en esta ocasión la autora evaluó a los agregados reciclados para su uso en la elaboración de concretos, así como la evaluación de los concretos para verificar si cumplen con las normas vigentes. Ella realizo los diseños de mezcla para una resistencia de 210 Kg/cm², elaboro concretos con diferentes porcentajes de agregado reciclado y de diferente tamaño (½”, ¾”, 1”). Tarazona indica que se puede usar agregado grueso reciclado hasta un máximo de 40%, además menciona que la elaboración de concreto con agregado reciclado es más costoso, pero sin embargo es una solución viable con respecto a la disposición final de los RCD.

1.2. Bases Teórico-Científicas

1.2.1. Residuos

Residuos se considera a todos aquellos materiales que son producidos por la sociedad y que no son aprovechables, los cuales muchas veces pueden constituir una valiosa fuente de materiales útiles [11].

1.2.2. Residuos de Construcción y Demolición

También denominados RCD por diferentes investigadores, son todos aquellos productos provenientes única y exclusivamente de la industria de la construcción [11].

1.2.3. Agregado

Es aquel conjunto de partículas que pueden ser de origen artificial o natural, elaborados o tratados, sus dimensiones serán comprendidas entre los límites establecidos por la NTP

400.037. También son llamados como áridos, estos pueden llegar a constituir entre un 60% - 70% de lo que es el volumen total de una mezcla de concreto [12].

1.2.4. Agregado Reciclado

Material resultante del procesamiento de materiales de construcción que se han recuperado y son complementados con otros faltantes [12]. En otras palabras, es aquel agregado que proviene de la trituración de los RCD, que pueden ser: mampostería, concreto armado, concreto de pavimentos, etc.

1.2.5. Concreto

Material resultante de la mezcla de un material cementicio (cemento) con agregados (finos y gruesos) y agua, en estado fresco tiene mucha trabajabilidad y con el tiempo este se endurece, formando así un material resistente.

II. Metodología

2.1. Tipo de Investigación

En la presente investigación se ha desarrollado un tipo de investigación descriptiva, ya que se basa en la recopilación de datos de diferentes investigaciones en la que tienen como tema central el uso de agregados reciclados en la elaboración de concretos. La recolección de datos abarca investigaciones nacionales e internacionales.

2.2. Hipótesis

Como ya se mencionó, la presente investigación realizada es de tipo descriptiva-investigativa, por lo cual, una formulación de la hipótesis es innecesaria.

2.3. Variables – Operacionalización

2.3.1. Variable Independiente

- ✓ Agregados: Fino Natural, Grueso Natural y Agregado Reciclado.

2.3.2. Variable Dependiente

- ✓ Concreto elaborado con agregado reciclado.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores
Concreto elaborado con agregado reciclado.	Propiedades físicas y mecánicas del concreto	Asentamiento
		Densidad / peso unitario
		Temperatura
		Resistencia a la compresión
		Resistencia a la flexo-tracción
Variable independiente	Dimensiones	Indicadores
Agregados: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fino Natural ▪ Grueso Natural ▪ Agregado Reciclado 	Propiedades físicas	Granulometría
		Humedad
		Absorción
		Pesos unitarios
		Pesos específicos

2.4. Población, Muestra de Estudio y Muestreo

2.4.1. Población

A causa de que la naturaleza de la investigación es de tipo descriptiva, la población viene a ser el conjunto de fuentes utilizadas entre los cuales tenemos: artículos de investigación, tesis de pregrado, entre otros.

2.4.2. Muestra de Estudio

Teniendo en cuenta la población descrita anteriormente, las muestras utilizadas para el desarrollo de esta investigación son todas aquellas que giran en torno a la elaboración de nuevos concretos haciendo uso porcentual de agregados reciclados. La bibliografía fue grande, pero en este caso solo se tomaron en cuenta investigaciones que se desarrollaron entre los años 2017 y 2019, esto para poder obtener datos más actualizados.

2.4.3. Muestreo

Los datos e información en cada una de las fuentes bibliográficas ya existentes que tratan acerca del uso de agregados reciclados en la elaboración de concretos: concretos simples, concretos para losas, concretos para pavimentos rígidos, etc.

2.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

2.5.1. Técnicas

- Recopilación de documentos, revisión sistemática, análisis documental

2.5.2. Instrumento

- Guía de revisión documental, análisis bibliográficos de fuentes de información como: artículos científicos, tesis, etc.

2.6. Procesamiento para Análisis de datos

Para lograr realizar este trabajo se tuvo que obtener los diferentes datos analíticos presentados por otros investigadores de las distintas bibliografías consultadas, todas las fuentes se basan en el uso de agregados reciclados en la elaboración de concretos.

El procedimiento seguido fue realizar una selección y recolección de información, con el objetivo principal de poder darle una base para que nuestra investigación (EVALUACIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO RECICLADO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO PARA PAVIMENTOS DE BAJO TRÁNSITO EN CHOTA, CAJAMARCA) pueda sustentarse.

La bibliografía recopilada: tesis, artículos científicos, etc., tienen una antigüedad máxima de 5 años, esto debido a que queremos información actualizada para el desarrollo de nuestra investigación, es por eso que las fuentes consultadas fueron desarrolladas entre los años 2017 y 2021.

La estrategia seguida para poder buscar las investigaciones relacionadas con nuestra investigación fue consultar: bases de datos, google académico, repositorios de tesis, etc., mediante palabras clave: “agregados reciclados”, “concreto reciclado”, “residuos construcción y demolición”, “pavimentos rígidos reciclados”, “recycled aggregates”, “recycled concrete”, “construction and demolition waste”; luego de eso se seleccionaron aquellas que tienen una relación cercana con nuestro tema de investigación y se presentan en la siguiente tabla que tiene datos como: título, autor, tipo de documento, país de origen, año.

TÍTULO INVESTIGACIÓN	AUTOR	TIPO	PAÍS	AÑO
<i>“Use of construction and demolition waste as supplementary cementitious material and recycled coarse aggregate in self compacting concrete”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Yimmy Silva-Urrego ✓ Silvio Delvasto-Arjona 	Artículo de investigación	Colombia	2021
<i>“Reinforced Concrete Slabs Containing Recycled Concrete as Coarse Aggregate”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mazin Burhan Abdulrahman ✓ Ammar Saleem Khazaal ✓ Alyaa Abbas Al-Attar ✓ Saif Dawood Hamad 	Artículo de investigación	Irak	2020
<i>“Using recycled materials in cementitious composites”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hernán Xargay ✓ Marianela Ripani ✓ Antonio Caggiano ✓ Paula Folino ✓ Enzo Martinelli 	Artículo de investigación	Colombia	2019
<i>“Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, distrito la Molina, año-2019”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caycho Hidalgo Teresa Estefania ✓ Espinoza Rodriguez Diego 	Tesis de pregrado	Perú	2019
<i>“Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de lince, Lima 2018”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ramos Aucapuri José Luis 	Tesis de pregrado	Perú	2018
<i>“Evaluación del diseño de concreto $f'c=175$ Kg/cm² utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Erazo Gonzales Nilo Elio 	Tesis de pregrado	Perú	2018
<i>“Aprovechamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido en la producción de concreto nuevo en la ciudad de Huánuco - 2018”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Keyth Dany Tarazona Beraún 	Tesis de pregrado	Perú	2019

III. Resultados y discusión

BIBLIOGRAFÍA INTERNACIONAL			
TÍTULO INVESTIGACIÓN	AUTOR	PAÍS	CONCLUSIÓN
<i>“Use of construction and demolition waste as supplementary cementitious material and recycled coarse aggregate in self compacting concrete”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Yimmy Silva-Urrego ✓ Silvio Delvasto-Arjona 	Colombia	La sustitución parcial de cemento por residuos de mampostería en la producción de un concreto autocompactante es técnicamente viable, pues cumplió con los parámetros mínimos de trabajabilidad, así como sobrepaso la resistencia a la compresión mínima de 21 MPa establecida por la NSR-10.
<i>“Reinforced Concrete Slabs Containing Recycled Concrete as Coarse Aggregate”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mazin Burhan Abdulrahman ✓ Ammar Saleem Khazaal ✓ Alyaa Abbas Al-Attar ✓ Saif Dawood Hamad 	Irak	Las losas con agregados obtenidos de un concreto normal, pierden parcialmente sus propiedades, por el contrario, las losas con agregado obtenido de concretos autocompactantes aumenta sus propiedades mecánicas y que mejora aún mucho más con la adición de Silica Fume; en general se puede decir que las losas elaboradas con agregados reciclados, obtienen menos deflexiones a carga ultima a comparación con las losas de referencia.
<i>“Using recycled materials in cementitious composites”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hernán Xargay ✓ Marianela Ripani ✓ Antonio Caggiano ✓ Paula Folino ✓ Enzo Martinelli 	Colombia	El uso de agregados gruesos reciclados provoco que las características mecánicas del concreto disminuyeran, pero estas se vieron compensadas con la adición de cenizas volantes; con respecto al uso de fibras de acero recicladas de neumáticos demostró una eficiencia menor con respecto a las fibras industriales. Como conclusión final, a pesar de que se afectaron las propiedades mecánicas que presenta el concreto, estos cumplieron con los valores mínimos recomendados para su uso como concreto estructural.

BIBLIOGRAFÍA NACIONAL			
TÍTULO INVESTIGACIÓN	AUTOR	PAÍS	CONCLUSIÓN
<i>“Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, distrito la Molina, año-2019”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caycho Hidalgo Teresa Estefania ✓ Espinoza Rodriguez Diego 	Perú	Se puede reemplazar un 25% el agregado grueso natural por agregado grueso reciclado pues este cumple con la resistencia requerida, al aumentar el porcentaje de agregado grueso reciclado (50%, 75% y 100%) el concreto disminuye su resistencia, obteniéndose resistencias por debajo de lo requerido.
<i>“Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de lince, Lima 2018”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ramos Aucapuri José Luis 	Perú	Un concreto elaborado con 35% de agregado fino (reciclado), 65% de agregado fino (natural) y 100% de agregado grueso reciclado, no tienen mucha influencia en la resistencia a compresión, pues según los ensayos se obtuvo una resistencia mayor al 100%.
<i>“Evaluación del diseño de concreto $f'c=175$ Kg/cm² utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Erazo Gonzales Nilo Elio 	Perú	Un concreto elaborado con 35% de agregado fino (reciclado), 65% de agregado fino (natural) y 100% de agregado grueso reciclado, no tienen mucha influencia en la resistencia a compresión, pues según los ensayos se obtuvo una resistencia mayor al 100%.
<i>“Aprovechamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido en la producción de concreto nuevo en la ciudad de Huánuco - 2018”</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Keyth Dany Tarazona Beraún 	Perú	Usar agregado grueso reciclado hasta un máximo de 40%, además menciona que la elaboración de concreto con agregado reciclado es más costoso, esto debido a que el proceso de obtención del agregado reciclado es más costoso comparado con el proceso para obtención de agregados naturales. Sin embargo, es una solución viable con respecto a la disposición final de los RCD.

IV. Conclusiones y recomendaciones

➤ Conclusiones

- ✓ Se puede notar que en las investigaciones internacionales y nacionales el uso de agregados reciclados puede ser una solución para contrarrestar el impacto ambiental generado por los RCD.
- ✓ Una de las fuentes, estudió losas de concreto armado elaboradas con agregados reciclados. Esto quiere decir que es posible usar agregados reciclados para obtener un concreto que se puede usar en elementos estructurales. Así mismo, el uso de agregados reciclados en la elaboración de concreto para elementos no estructurales es viable. Además que en la elaboración de pavimentos rígidos de bajo tránsito también es posible usar agregados reciclados en reemplazo parcial de agregados naturales.
- ✓ En todas las investigaciones analizadas se observa que las propiedades de los agregados reciclados no son buenas y requieren una selección cuidadosa.
- ✓ Es importante resaltar que la mayoría de fuentes consultadas se basa en la resistencia a la compresión del concreto para determinar si el uso de agregados reciclados en la elaboración de nuevos concretos es viable.

➤ Recomendaciones

- ✓ Se recomienda consultar las investigaciones más recientes, pues estas nos brindan datos más actualizados.
- ✓ Es recomendable realizar ensayos a los agregados naturales y agregados reciclados en la zona de estudio, pues estos son diferentes comparados con las fuentes analizadas.
- ✓ Se recomienda promover más sobre la revalorización de los RCD mediante los agregados reciclados, pues si estos son bien tratados pueden ser aprovechados de diferentes formas, una de ellas es su uso en la elaboración de nuevos concretos.
- ✓ Es importante cumplir con la normativa nacional actualizada, pues esta puede tener algunas variaciones con las fuentes analizadas.

Referencias

- [1] O. Đokić, A. Radević, D. Zakić y B. Đokić, «Potential of Natural and Recycled Concrete Aggregate Mixtures for Use in Pavement Structures,» *Minerals*, vol. 10, n° 9, pp. 1-16, 22 Agosto 2020.
- [2] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Minambiente, Bogotá, 2017.
- [3] J. P. León, «En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos,» *Diario El Comercio*, 26 Agosto 2017.
- [4] Y. Silva Urrego y S. Delvasto Arjona, «Use of construction and demolition waste as supplementary cementitious material and recycled coarse aggregate in self-compacting concrete,» *Informador Técnico*, vol. 85, n° 1, pp. 20-33, 2020.
- [5] M. Burhan Abdulrahman, A. Saleem Khazaal, A. Abbas Al-Attar y S. Hamad Dawood, «Reinforced Concrete Slabs Containing Recycled Concrete as Coarse Aggregate,» *3rd International Conference on Recent Innovations in Engineering (ICRIE 2020)*, vol. 978, 18 Mayo 2020.
- [6] H. Xargay, M. Ripani, A. Caggiano, P. Folino y E. Martinelli, «Using recycled materials in cementitious composites,» *Tecnura*, vol. 23, n° 60, pp. 38-51, 2019.
- [7] N. E. ERAZO GONZALES, *EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE CONCRETO F'C=175 KG/CM2 UTILIZANDO AGREGADOS NATURALES Y RECICLADOS PARA SU APLICACIÓN EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES*, Lima, 2018.
- [8] T. E. CAYCHO HIDALGO y D. ESPINOZA RODRIGUEZ, *MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO USANDO CEMENTO PORTLAND TIPO HS PARA CIMENTACIONES, DISTRITO LA MOLINA, AÑO-2019*, Lima, 2019.
- [9] J. L. Ramos Aucapuri, *Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de Lince, Lima 2018*, Lima, 2018.
- [10] K. D. Tarazona Beraún, *APROVECHAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO PROVENIENTE DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO NUEVO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2018*, Huánuco, 2018.
- [11] R. B. CARRASCO MONTESDEOCA, *APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL*, Quito, 2018.
- [12] INDECOPI - Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, *Norma Técnica Peruana - NTP 400.050*, Lima, 1999.