

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



Análisis del aprovechamiento de agregados obtenidos de residuos de construcción y demolición para la utilización en adoquines de concreto, años 2014 a 2020

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

AUTOR

Cinthia Medalith Chapia Fernandez

ASESOR

Hector Augusto Gamarra Uceda

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

Chiclayo, 2022

ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO DE AGREGADOS OBTENIDOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA UTILIZACIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO, AÑOS 2014 A 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	1%
7	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	1%
8	www.scribd.com	

Índice

Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción	7
I. Marco teórico	8
2.1. Antecedentes del problema	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	9
2.2. Bases Teórico Científicas.....	11
2.2.1. Residuos de Construcción y Demolición	11
2.2.2. Adoquines.....	11
2.2.3. Concreto	12
II. Materiales y métodos	12
3.1. Tipo de Estudio y Diseño de Contrastación de hipótesis	12
3.2. Población, Muestra de Estudio y Muestreo.....	12
3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	13
3.4. Procesamiento para Análisis de Datos	14
III. Resultados y discusión	14
4.1. Relación de estudios del aprovechamiento de agregados obtenidos de residuosde construcción y demolición para su utilización en adoquines de concreto.	14
4.2. Metodología de recolección de datos para la muestra del agregado de RCD yadoquín de concreto	15
4.2.1. Metodologías para evaluar la gestión de los RCD	15
4.2 Evaluación de las propiedades físicas del adoquín de concreto conincorporación de agregado obtenido de RCD	16
4.4 Evaluación de las propiedades mecánicas del adoquín de concreto conincorporación de agregado obtenido de RCD	16
4.3. Aportes obtenidos en cada estudio.....	19
Conclusiones	20
Recomendaciones	20
Referencias.....	21
Anexos	23

Lista de tablas

Tabla 1: Método de recolección de Datos	8
Tabla 2: Tesis y/o artículos revisados.....	9
Tabla 3: Metodología para la recolección de los RCD según cada investigación.....	10
Tabla 4: Peso promedio de muestras. Extraído de [14].....	11
Tabla 5: Aporte de las investigaciones según cada autor.....	14

Lista de ilustraciones

Ilustración 1: Peso de los adoquines. Extraído de [9].....	10
Ilustración 2: Pruebas de especímenes según ASTM C-39. Extraído de [16].....	11
Ilustración 3: Comparación de slump. Extraído de [16].....	12
Ilustración 4: Comparativo de resultados obtenidos vs NTP 399.611. Extraído de [14]	12
Ilustración 5: Gráfico de propiedades mecánicas según en peso de agregado reciclado.	12
Ilustración 6: Comparativo de resultados obtenidos del nivel de absorción en función del % de agregado reciclado.....	13

Resumen

La presente revisión bibliográfica, tiene como objetivo determinar los aportes de las investigaciones respecto a la incorporación de agregado obtenido de residuos de construcción y demolición para la utilización en adoquines de concreto entre los años 2014-2020, en América, pues actualmente existe un aumento desmedido de residuos de construcción y demolición (RCD) que no son aprovechados, generando un problema socioambiental. Para ello, se buscó en las bases de datos como Redalyc, Alicia, Google académico y repositorio de tesis de diferentes universidades, obteniendo un total de 8 estudios entre artículos y tesis, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión. De las investigaciones, se resalta las aplicaciones del agregado reciclado en adoquines de concreto en países como Perú, Colombia, Bolivia y México.

Palabras clave: RCD, concreto reciclado, adoquin, agregado reciclado,

Abstract

The present bibliographic review is to determine the contributions of research regarding the incorporation of aggregate obtained from construction and demolition waste for use in concrete pavers between 2014 -2020, in America, as there is currently an excessive increase of construction and demolition waste (RCD) that is not used, generating a socio-environmental problem. To do this, databases such as Redalyc, Alicia, academic Google and the thesis repository from different universities were searched, obtaining a total of 8 studies between articles and theses, after applying the inclusion and exclusion criteria. Research highlights the applications of recycled aggregate in concrete pavers in countries such as Peru, Colombia, Bolivia and Mexico.

Keywords: CDW, recycled concrete, paver, recycled aggregate,

Introducción

El sector de la construcción es uno de los principales promotores en la economía de cada país debido a que influye de manera positiva e inmediata en su desarrollo [1]. Sin embargo, el 50% de los residuos sólidos inorgánicos corresponden a los generados durante una obra de construcción, demolición, restauración y otras, éstos últimos se encuentran directamente relacionados con el aumento poblacional y el desarrollo urbano [2]. Asimismo, la producción de elevadas cantidades de estos residuos junto con el agotamiento de recursos naturales, están contribuyendo de forma negativa a la degradación ambiental [3].

En Colombia, existe una tasa crecimiento de 13.2% en la extracción de materiales primas con destino al sector construcción, lo cual representa una intensiva explotación del medio, ocasionando un aumento de RCD y una urgente gestión para la disposición final del mismo [4]. De igual importancia, en la ciudad de Bogotá, se estimó que en el año 2016 se generó alrededor de 5.5 millones de metros cúbicos de RCD con un equivalente igual a 9 000 000 toneladas. Pese a ello, según los datos de las instalaciones autorizadas para su disposición final se estima que solo llega un 15% de RCD, donde la mayor parte generada son tierras de excavación, restos de demoliciones y otros tipos [7].

En el Perú, los RCD se están tratando con menor importancia frente a otros residuos como los residuos domiciliarios, pues, en su gran mayoría son abandonados a las orillas del mar o en la rivera de los ríos sin ningún criterio de protección ambiental [5]. Por ello, desarrollar una metodología que permita el aprovechamiento de RCD como agregado no convencional en diferentes elementos de construcción es de suma importancia para frenar este mal silencioso que está afectando nuestro medio ambiente.

Frente a la problemática expuesta se plantea: ¿Cuáles son los aportes de las investigaciones respecto al aprovechamiento de agregados obtenidos de residuos de construcción y demolición para la utilización en adoquines? Para ello, la investigación tiene como objetivo general determinar los aportes de las investigaciones respecto a la incorporación de agregado obtenido de residuos de construcción y demolición para la utilización en adoquines de concreto entre los años 2014 – 2020 en América. Asimismo, se establecieron los siguientes objetivos específicos: Identificar los aspectos positivos y negativos de la incorporación de agregado obtenido de residuos de construcción y demolición para la utilización en adoquines de concreto y comparar las ventajas y desventajas de la incorporación de agregado obtenido de residuos de construcción y demolición para la utilización en adoquines de concreto. La justificación de la investigación está enmarcada en los siguientes aspectos: de manera técnica, el

aprovechamiento de los residuos de construcción en el Perú es deficiente y no se aporta en el conocimiento de nuevas tecnologías para la reutilización de RCD. En lo ambiental, se reducirá significativamente la contaminación de los medios como el suelo, agua y aire. En lo social, se aportará en conocimiento sobre el uso de agregados reciclados para la utilización en adoquines de concreto.

En la presente investigación se considerará los estudios que se hayan realizado desde el año 2014 en adelante, respecto al aprovechamiento de agregados obtenidos de RCD en la utilización de adoquines de concreto.

I. Marco teórico

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Caicedo Campo y Pérez Henao 2014 [6], “Estudio del uso de agregados reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de la ciudad de Cali como material para la construcción de elementos prefabricados de concreto, caso de adoquines”.

Los autores expresan que la contaminación generada por los residuos de las obras de construcción está impactando negativamente en el entorno donde se desarrolla el ser humano, ya que incurren directamente sobre las fuentes hídricas del medio ambiente, pérdida de la productividad agropecuaria del suelo y la biodiversidad. Esta investigación tiene por objetivo el estudio del uso de los agregados reciclados provenientes de RCD de la ciudad de Cali, así como su viabilidad en elementos prefabricados para pavimentos articulados con adoquines de concreto. Para lograr dicho fin se incorporó un 30% y 100% de agregado reciclado fino en la mezcla del concreto, dicho diseño se realizó utilizando el método de Füller con la finalidad de cumplir con NTC-2017. Según los resultados obtenidos, el promedio de cuatro muestras de adoquín con un 30% de agregado de RCD alcanzaron una resistencia a flexo – tracción de 4.1 MPa con una dispersión menor al 1% a los 28 días; sin embargo, con un reemplazo del 100% tan solo se logra 1.9 MPa de resistencia con una dispersión de 5.6%, por lo cual se concluye que, al no obtener un material homogéneo en la última mezcla, no se logró la resistencia requerida según la NTC – 2017

Montiel Miguel 2017 [7], “Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales”.

El autor resalta la deficiencia que existe en las superficies de rodamiento en la gran mayoría de países subdesarrollados, debido a la insuficiente inversión en infraestructura, dicha problemática provoca entre los más resaltantes accidentes y tránsito lento, tales factores se encuentran relacionados íntimamente con el costo y calidad en los trabajos de construcción, así como, la corrupción de los municipios de diferentes ciudades. Esta investigación tiene por objetivo evaluar mediante un estudio teórico y experimental el uso de agregados reciclado producidos en planta para la fabricación de adoquines. Para lograr dicho propósito, en primer lugar, realizó una exhaustiva revisión bibliográfica referente a adoquines y residuos de construcción y demolición (legislación y normativa). Posteriormente, se evaluó considerar como agregado reciclado tan solo a los elementos que han sido controlados en cuanto a diseño, resistencia y curado, proporcionados por la empresa Concretos Reciclados S.A. DE C.V con la finalidad de evitar los factores a los que se ven sometidos comúnmente los RCD, como: el intemperismo, falta de curado, etc. De manera que se procedió a realizar los siguientes ensayos: granulometría, contenido de materia orgánica, contenido de pasta de cemento adherido al agregado grueso, masa específica y absorción. De los resultados obtenidos se resalta que la resistencia a la compresión del adoquín ensayado a los 90 días logra superar la resistencia con la que fue diseñada inicialmente. Asimismo, la resistencia a flexión según la norma Europea UNE EN1338, el promedio de tres ensayos a flexión no debe ser menor a 3.6 MPa e individualmente a 2.9 MPa, por lo que se logra resultados favorables por encima de lo requerido. Se concluye que los adoquines a partir de los ensayos realizados presentan un buen desempeño, haciéndolos ideales para este tipo de elementos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Lovon Bautista y Lovon Jove 2019 [8], “Evaluación comparativa de las propiedades físico – mecánicas del adoquín 8 – tipo II, utilizando agregado grueso procedente del concreto reciclado seleccionado, agregado fino de la cantera de Cunyac y Vicho, cemento IP y agua potable comparado según la NTP 399.611”.

Los autores recalcan en particular la gran cantidad de briquetas que provienen de los laboratorios de ensayos, que a su vez aportan negativamente en el incremento de los escombros de la ciudad de Cusco, ocasionando un gran impacto ambiental perjudicial. Esta investigación evalúa el rango de los datos cuantitativos de las propiedades

mecánicas proporcionadas por los ensayos realizados al adoquín 8 tipo II según la NTP 399.611, con incorporación de agregado grueso reciclado proveniente de las briquetas de concreto cuyo $f'c$ es igual a 210 kg/cm². De acuerdo con los resultados, se obtiene que los adoquines elaborados con agregado reciclado cumplen con los parámetros establecidos en la normativa peruana en cuanto a su resistencia a la compresión, así como el porcentaje de absorción igual a 6.6% el cuál es menor que 7.5% estipulado en la norma.

Esteban Montalvo 2018 [9], "Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines, 2018".

El autor señala que el problema de los residuos de construcción y demolición (RCD) provienen de tiempos remotos, donde el hombre ya empezaba a generar estos residuos. Actualmente, algunos conciben una economía lineal, en la que los productos que adquirimos tienen una duración limitada y no ven el aprovechamiento de estos. Al aumentar las obras de construcción y demolición se genera un mayor volumen de estos residuos, que requieren ser aprovechados para que no vayan a parar a calles, parques, ríos, etc. Para el aprovechamiento de estos residuos, la investigación busca determinar el porcentaje ideal de agregado reciclado de los residuos de construcción y demolición, para elaborar adoquines con propiedades físicas mecánicas similares a los convencionales. Entonces, se elaboraron adoquines con RCD recogidos de la avenida Los Ciruelos – San Juan de Lurigancho y se obtuvieron como resultados que de los 85.98 kg recolectados (ladrillo, mayólica, concreto duro y suave), 64.892 kg son aprovechables y 21.088 no aprovechables. Respecto a la granulometría, el agregado reciclado cumple con los requerimientos establecidos por la NTP 400.12. Los adoquines con 0%, 30%, 50% y 80% de agregado reciclado presentaron un peso promedio de 2.79 kg, 2.75 kg, 2.79 kg y 2.84 kg respectivamente. Además, la textura fue rugosa y el color gris oscuro para los adoquines antes mencionados. Respecto a la resistencia a la compresión promedio, los adoquines con 0%, 30%, 50% y 80% de agregado reciclado presentaron a los 28 días una resistencia de 45 MPa, 46 MPa, 47 MPa y 48 MPa respectivamente. Y la absorción promedio a los 28 días de los adoquines con 0%, 30%, 50% y 80% de agregado reciclado fue de 5.85%, 4.39%, 6.42% y 9.17% respectivamente. Según estos resultados, se demostró que sí posible reaprovechar los RCD para la elaboración de adoquines con agregado reciclado, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente. Se cumplió con los requerimientos de las NTP 399.611 y NTP 400.012 para poder tener un agregado reciclado con características similares a los agregados naturales. En definitiva, el porcentaje más apto para la elaborar adoquines con agregado reciclado es el 50%, con 41 MPa de resistencia a la compresión y 6.42 % de absorción

promedio, cumpliendo con los requerimientos de la NTP 399.611.

2.2. Bases Teórico Científicas

2.2.1. Residuos de Construcción y Demolición

De acuerdo con [17, 18], los residuos de construcción y demolición son todos los desechos que resultan durante la ejecución de un proyecto de obra civil, descritas en el expediente técnico. Además, integran a aquellos residuos generados en el proceso de remoción, levantamiento, demolición, reparación, reforzamiento o adecuación para cambio de uso en general. Pues según lo mencionado por [27], se harán más frecuente en la sociedad moderna y se encuentran constituidos principalmente por residuos de concreto, cerámicos, maderas, metales entre otros.

2.2.2.1. Aprovechamiento de los RCD

El aprovechamiento del RCD, se basa principalmente en dos actividades: el reciclaje y la reutilización. En primer caso, se extrae los materiales del flujo de residuos y se procesa para añadirlos como insumos de otros productos; en cambio, en el segundo, la utilización es directa [12].

De acuerdo con el Decreto Supremo N°003-2013 en su anexo 4, especifica los materiales de los RCD pueden ser reaprovechados, destacando entre ellos: materiales de demolición (concreto, residuos de mampostería, cerámicos, entre otros), elementos prefabricados de concreto, desmonte limpio, tabiquería, etc [13].

2.2.2. Adoquines

Según la norma UNE-EN 1338:2004, en su artículo 22.23, lo define: como “elementos prefabricados utilizados como material de pavimentación”. Asimismo, en la investigación realizada por [14] señala que, los adoquines son piezas macizas rectangulares de concreto simple elaborados mediante el proceso de vibro compactación, donde la materia prima está conformada de cemento, arena, y agua. Por lo que, se debe tener en cuenta los análisis y ensayos de laboratorio de los agregados, para poder obtener un producto de calidad garantizada.

2.2.2.1. Clasificación

Los adoquines de concreto elaborados de acuerdo con la NTP 399.611, se clasifican en tres tipos:

- Tipo I: Se encuentran los adoquines para pavimentos de uso peatonal, usados en veredas, parques, plazas, patios, etc.
- Tipo II: Se encuentran los adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero, usados en vías internas de urbanización, avenidas con tráfico vehicular mediano, etc.

- Tipo III: Se encuentran los adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, usados en patios industriales donde se tiene cargas muy altas.

2.2.3. Concreto

De acuerdo con el Ing. Enrique Rivva López, el concreto es un producto artificial, donde se encuentran dentro de la pasta (medio ligante) las partículas del agregado (medio ligado).

2.2.3.1. Composición:

Según [15], los materiales intervinientes en una mezcla de concreto son:

- Cemento: Principal componente del concreto, el cual ocupa del 7% al 15% del volumen de la mezcla.
- Agua: Componente del concreto que permite formar una pasta con el cemento al hidratarlo, el cual le otorga trabajabilidad y la capacidad de fraguar y endurecer con el tiempo. Ocupa entre el 14% al 18% del volumen de la mezcla.
- Agregados: Ocupan mayor parte del volumen del concreto (60% - 75%), por eso varias propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido, dependen de las características de los agregados.
- Aire: En la mezcla encontramos al aire atrapado o natural (1% - 3 %) y/o aire incorporado (3% - 7 %). El primero depende de los materiales que conforman la mezcla y el segundo de las condiciones de la obra, insertándose mediante aditivos.
- Aditivos: Usados para mejorar alguna propiedad del concreto tanto en estado fresco o endurecido.

II. Materiales y métodos

3.1. Tipo de Estudio y Diseño de Contrastación de hipótesis

Por los objetivos que persigue es una revisión sistemática, ya que se analizará artículos y tesis permitiendo realizar la comparación de la información de diferentes autores con la finalidad de dar respuesta a la pregunta de investigación que se ha planteado. Los resultados de esta investigación son a partir de estudios anteriores que se aplican para obtener los objetivos propuestos.

3.2. Población, Muestra de Estudio y Muestreo

La población son las investigaciones previas que evaluaron la incorporación de agregado obtenido de RCD en la utilización para adoquines de concreto. Se ha escogido como muestra los artículos o tesis realizados en los últimos 07 años en el América. En ellos se compararán y

analizarán: las ventajas y desventajas del uso de agregado obtenido de RCD en la utilización para adoquines de concreto.

Población: Artículos y tesis donde se ha investigado sobre el aprovechamiento de agregados obtenidos de residuos de construcción y demolición para la utilización en adoquines de concreto.

Tamaño de muestra: 8 artículos y/o tesis ejecutadas en América a partir del 2014.

3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La presente investigación es una revisión bibliográfica porque se analizará artículos y tesis permitiendo realizar la comparación los aportes de diferentes autores. Para ello, se utilizó el método de análisis documental, sistematizando la información mediante hojas en el programa Excel, técnica conocida como “fichaje”. Esto permitió recolectar la información más importante de cada fuente analizada. Para la búsqueda de la información, primero, se seleccionaron las palabras claves para el proceso de búsqueda; estas fueron “RCD”, “agregado reciclado”, “árido reciclado”, “aprovechamiento de RCD”, “adoquín”. Seguidamente, usando las palabras claves, se realizó la búsqueda en las bases de datos de Google académico, Redalyc, Scielo, Alicia, repositorio de tesis de diferentes universidades, obteniendo artículos y tesis relacionados al tema de investigación. En Google académico, además, se utilizó el método bola de nieve hacia atrás y hacia adelante. De manera simultánea, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión. Se incluyeron los artículos y tesis que estén comprendidos entre los años 2014- 2020 y se descartaron los que están fuera de ese intervalo de tiempo. De los artículos que pasaron por este filtro, se seleccionó a las investigaciones de tipo aplicativas y que se hayan realizado en América.

Tabla 1: Método de recolección de Datos

Técnica	Instrumento	Elemento de la población
Análisis de documentos	Ficha de análisis (Ver Anexos: ficha N°1)	Tesis y artículos

3.4. Procesamiento para Análisis de Datos

Se realiza la búsqueda necesaria de tesis y artículos en distintas bases de datos, revistas, repositorios de tesis y otras fuentes de información educativas. Luego esta información será seleccionada mediante las fichas de análisis, donde serán evaluadas las variables como: metodología de la investigación, año de publicación, resultados obtenidos, entre otros, utilizando los softwares Excel.

III. Resultados y discusión

4.1. Relación de estudios del aprovechamiento de agregados obtenidos de residuos de construcción y demolición para su utilización en adoquines de concreto.

En la siguiente tabla 2 se muestra la relación de tesis y artículos de acuerdo con el año publicado, obtenidas de bases de datos como: repositorios de tesis, Google Académico, Scielo, etc.

Tabla 2: Tesis y/o artículos revisados.

N°	Tipo	Autor(es)	Tema	Lugar	Base de datos	Año
1	Tesis Pregrado	Mamani y Tipana	[13]	Lima	Repositorio UCV	2019
2	Tesis Pregrado	Lovon y Lovon	[8]	Cusco	Repositorio UAC	2019
3	Tesis Pregrado	Ramos Aucapuri	[16]	Lima	Repositorio UCV	2018
4	Tesis Pregrado	Chavez Beraún	[15]	Huanuco	Repositorio UDH	2018
5	Tesis Pregrado	Esteban Montalvo	[9]	Lima	Repositorio UCV	2018
6	Tesis Maestría	Montiel Miguel	[7]	Ciudad de Mexico	Repositorio UNAM	2017
7	Artículo	Palacio, Chávez y Velasquez	[4]	Francisco Jose de Caldas	Tecnura	2017
8	Tesis Pregrado	Caicedo y Pérez	[6]	Santiago de Cali	Repositorio PUJ	2014

4.2. Metodología de recolección de datos para la muestra del agregado de RCD y adoquín de concreto

4.2.1. Metodologías para evaluar la gestión de los RCD

De acuerdo con la Tabla 3, se presenta la metodología empleada para la recolección del RCD según cada tesis que son objetos de esta revisión bibliográfica. Observamos que tan solo 6 investigaciones detallan como se logrará obtener el agregado proveniente del RCD que será utilizado para la elaboración del adoquín de concreto. Entre ellas, cabe señalar que el informe de los autores [6] y [7] dispondrán de un material donado por empresas vinculadas a la disposición final del RCD.

Tabla 3: Metodología para la recolección de los RCD según cada investigación.

Autor	Investigación	Metodología
Esteban Montalvo	[9]	Recolección (RCD de avenidas y parques del distrito de San Juan de Lurigancho), traslado, caracterización (separación en ladrillo, mayólica, concreto endurecido y concreto suave), triturado (manual) y separación (homogenizar según los tamaños triturados).
Mamani y Tipiana	[13]	Recolección (residuos de demoliciones almacenado en la Av.Naranjal 651 del distrito de Los Olivos), selección del concreto reciclado (CR), triturado (empresa Focsac) y caracterización de los agregados naturales.
Montiel Miguel	[7]	Traslado del material de la empresa Concretos reciclado S.A. de C.V (dedicado al tratamiento de RCD) al laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M, preparación de los agregados y caracterización (ensayos).
Ramos Aucapuri	[16]	Recopilación de la materia prima del concreto reciclado (probetas de concreto de columnas, vigas, placas, cimientos utilizados en la construcción del edificio Park Tower del distrito de Lince), trituración del RCD (manual usando el martillo para compactación de proctor estándar).
Palacio, Chávez y Velásquez	[4]	Identificación de la escombrera artesanal de la ciudad de Bogotá D.C. (localidad Ciudad Bolívar), trituración del concreto y clasificación del agregado por tamaño de partícula.
Caicedo y Pérez	[6]	Recolección del material proveniente de la empresa Ensirvac ESP y caracterización del RCD.

4.2 Evaluación de las propiedades físicas del adoquín de concreto con incorporación de agregado obtenido de RCD

Según la investigación realizada por [9], detalla que el peso de los adoquines varía en función del porcentaje de agregado reciclado que se le añade al concreto, comparando la muestra patrón que alcanza 2.79 kg con un 30% de agregado reciclado en la mezcla, disminuye, pero con un 80% del mismo supera a la muestra inicial. De igual manera, según [14], el peso promedio para una muestra con 0% de agregado reciclado es igual a 2.246 kg, el cual aumenta a medida que se agregue 10% más del mismo; sin embargo, para una incorporación del 40% de agregado, disminuye (ver Tabla 4). Por consiguiente, se aprecia que esta variación depende del tiempo de vibrado que se ha dado a cada muestra.

Ilustración 1: Peso de los adoquines. Extraído de [9]

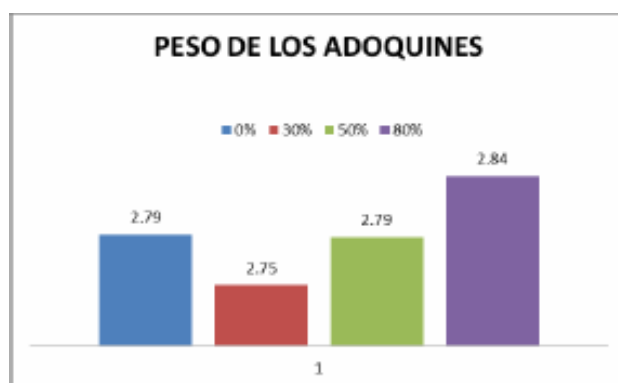


Tabla 4: Peso promedio de muestras. Extraído de [14]

Propiedades físicas de los adoquines	
porcentajes de agregado reciclado en las muestras	Peso en kg
Muestra (1) 0%	2.246
Muestra (2) 10%	2.112
Muestra (3) 20%	2.472
Muestra (4) 30%	2.625
Muestra (5) 40%	2.466

4.4 Evaluación de las propiedades mecánicas del adoquín de concreto con incorporación de agregado obtenido de RCD

En la investigación de [16] usa dos muestras para el análisis de las propiedades mecánicas del adoquín, una con aditivo reductor de PH más el agregado reciclado y otra sin el aditivo mencionado, logrando que los resultados se encuentren dentro de lo establecido por la norma

CE – 010, ya que como mínimo deben estar en un rango de 28MPa a 31MPa (ver ilustración 2). Asimismo, en ambos casos se lograr obtener una buena trabajabilidad del concreto, pues los especímenes se encuentran en el intervalo de 4” a 6” (ver ilustración 3). Por lo que, se cumple la hipótesis que se planteó el autor en la investigación. No obstante, los resultados obtenidos por [14] señalan que a mayor porcentaje de agregado reciclado (sin uso de aditivos) su resistencia a compresión disminuye, por lo que con una adición de 40% se logra 30.18 MPa estando por debajo en lo establecido en la NTP 399.611 cuya resistencia mínima debe de ser 31MPa. Sin embargo, [9] difiere respecto a los anteriores autores ya que según su estudio el porcentaje óptimo de agregado reciclado que se le puede incorporar al adoquín de concreto es del 50% obteniendo como resultado 41MPa (ver Ilustración 5).

Ilustración 2: Pruebas de especímenes según ASTM C-39. Extraído de [16].

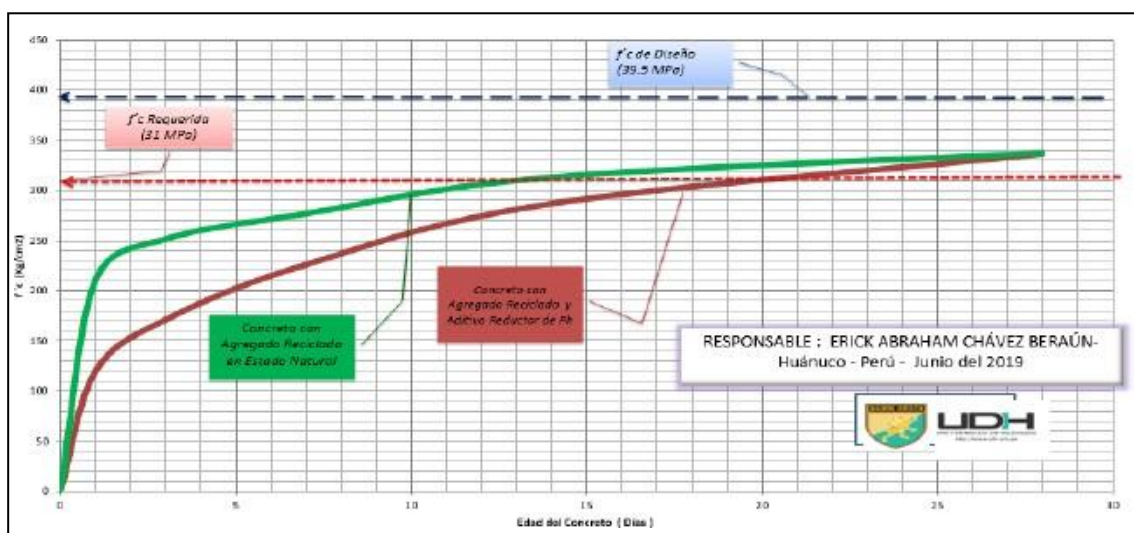


Ilustración 3: Comparación de slump. Extraído de [16].

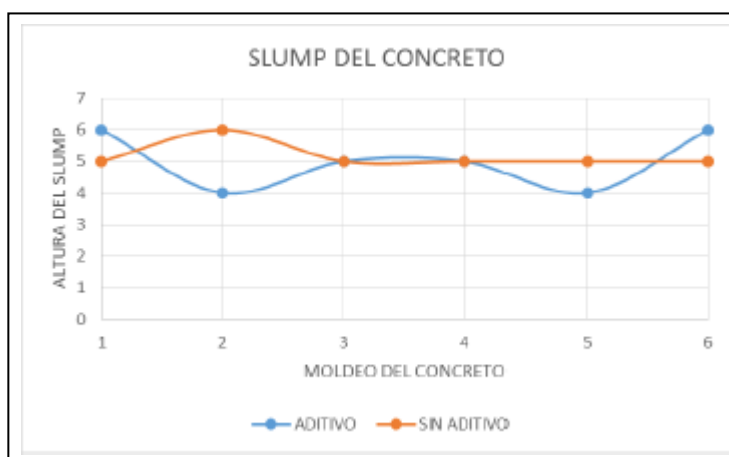


Ilustración 4: Comparativo de resultados obtenidos vs NTP 399.611. Extraído de [14]

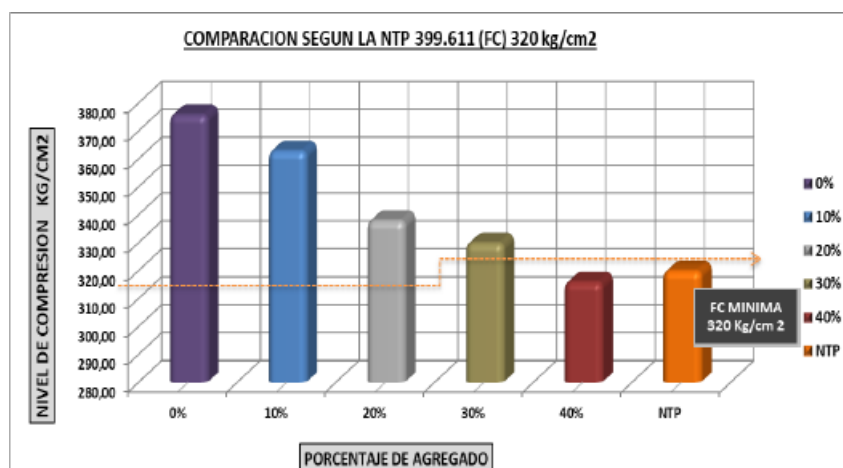
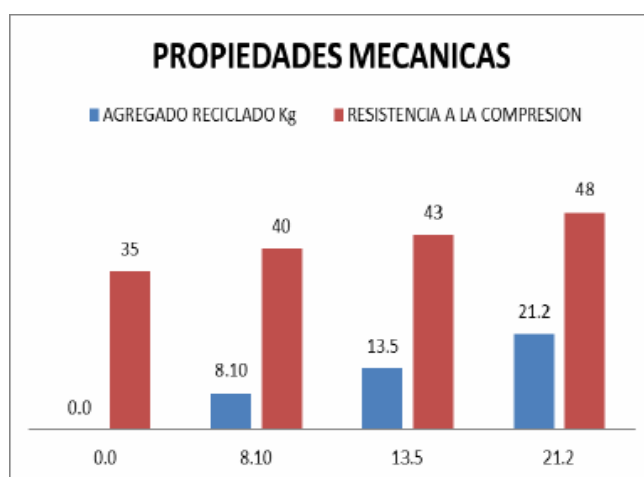
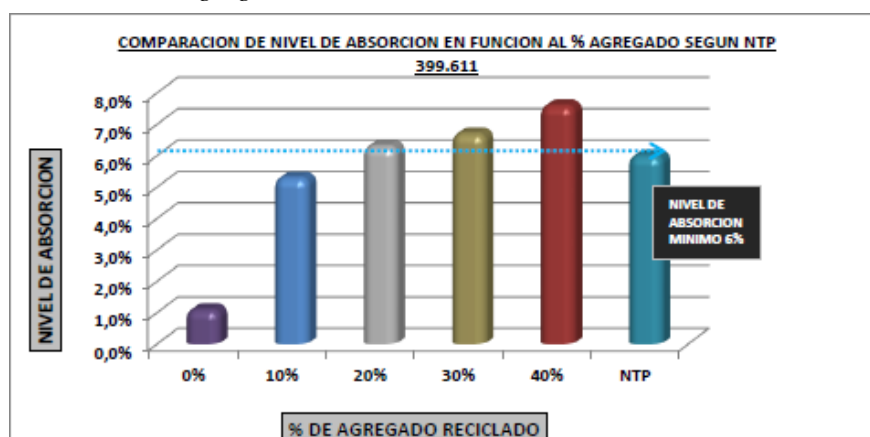


Ilustración 5: Gráfico de propiedades mecánicas según en peso de agregado reciclado.



Por otro lado, de acuerdo con [14], el único porcentaje que cumple con la propiedad de absorción del adoquín de concreto es de 10%, ya que si se le incrementa no se cumpliría con lo establecido en la NTP 399.611, ya que se debe tener como máximo 6%.

Ilustración 6: Comparativo de resultados obtenidos del nivel de absorción en función del % de agregado reciclado. Extraído de [14].



4.3. Aportes obtenidos en cada estudio

Los hallazgos encontrados en las tesis y artículos objeto de nuestra investigación son los presentados en la tabla 5:

Tabla 5: Aporte de las investigaciones según cada autor.

Autor	Hallazgo
Mamani y Tipiana	<p>-El porcentaje de absorción del adoquín de concreto es mayor a medida que seaument el porcentaje de agregado reciclado fino a la mezcla, por lo que es recomendable tan solo se le adicione como máximo un 10%.</p> <p>-La resistencia a compresión de los adoquines de concreto, disminuye a medida que se le añada mayor porcentaje de agregado reciclado fino.</p> <p>-El porcentaje de agregado reciclado fino es del 10%, ya que se cumple con todos los parámetros establecidos en la NTP 399.610</p>
Esteban Montalvo	<p>-El porcentaje óptimo de agregado reciclado para la elaboración de adoquines es del 50%, alcanzando una resistencia a la compresión de 41 MPa</p>
Chávez Beraún	<p>-La investigación incorporó el uso de aditivo reductor de PH, pues según el control de materiales detecto que el concreto reutilizado contenía una ligera elevación. Para ello, se realizaron dos tipos de muestra para su análisis, en ambos casos cumple con la norma CE-010</p>
Palacio, Chávez y Velásquez	<p>-El análisis granulométrico de las muestras de agregado proveniente de RCD, no cumplen con las especificaciones dadas por la NTC 174 para agregados naturales; sin embargo, recalca que no debe desestimarse su uso en obras, ya que según la NTC 579, se podría usar si la resistencia de mortero no es menor del 95% requerida.</p>
Montiel Miguel	<p>-Mediante el ensayo a flexión determinó que el promedio de 3 adoquines cumple con la norma guatemalteca NTG 41086, pues al no existir parámetros en la norma Europea UNE EN 1338, se consideró la mencionada en un inicio.</p> <p>-En el ensayo de absorción se observó que el porcentaje es inferior de 6%, por lo que se cumple con la norma: NMX-C-314.ONNCCE-2014, NTG 41086 y UNE EN1338.</p>
Lovon y Lovon	<p>-Esta investigación establece que la resistencia a la compresión mínima es de 380 kg/cm² por cada unidad de adoquín fabricado con concreto reciclado como agregado grueso, cumpliendo con la NTP 399.611.</p> <p>-El agregado reciclado no cumple con el módulo de fineza estipulado en la norma con un porcentaje máximo permisible de 5%.</p>

Ramos Aucapuri	-El porcentaje recomendado para adoquines de concreto de bajo tránsito es del 10% de agregado reciclado. -Si se considera un porcentaje de 30% y 50% como agregado reciclado ya no se cumpliría con la normativa vigente.
Caicedo y Pérez	-La investigación comprueba que no es viable realizar adoquines de concreto con un reemplazo del 100%, ya que a tempranas edades existe una reducción en el módulo de rotura del 64% con respecto a la muestra patrón. Por lo que no se alcanzaría a cumplir con lo establecido en la NTC-2017

Conclusiones

En los últimos siete años, el aprovechamiento del agregado reciclado se resalta a través de las diversas investigaciones que se vienen llevando a cabo en Perú, México, Colombia y Bolivia, siendo uno de sus en la incorporación de adoquines de concreto.

En general, la resistencia a la compresión del adoquín va a depender del porcentaje de agregado reciclado que se incorpore a la mezcla y del tiempo de curado. Pues, el porcentaje óptimo es de 10%, debido a que si se incrementa no cumpliría con los parámetros establecido en las diferentes normativas de cada país.

Asimismo, la aplicación del agregado reciclado logra minimizar la contaminación del medio ambiente, ya que los residuos de construcción y demolición (RCD) contribuyen de forma continua y negativa.

Recomendaciones

Se recomienda evaluar las propiedades del concreto y mortero (con incorporación de agregado reciclado) en estado fresco, debido a las dificultades de trabajabilidad que se presentan.

Se recomienda profundizar la investigación y experimentación con la finalidad de lograr mayor conocimiento respecto al alcance del $f'c$ de concretos hechos con agregados reciclado a edades tempranas.

Referencias

- [1] A. L. Sánchez Luyo, «Análisis de residuos de construcción y demolición para su reutilización como materia prima de agregados de construcción, Lima – 2018,» Lima, 2019.
- [2] C. A. Pacheco Bustos, L. G. Fuentes Pumarejo, É. H. Sánchez Cotte y H. A. Rondón Quintana, «Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión,» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, n° 2, pp. 533-555, 2017.
- [3] 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, n° 330, pp. 1-29, 2018.
- [4] O. Palacio León, Á. Chávez Porras y L. Vellásquez Castiblanco, «Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de los agregados naturales y reciclado,» *Tecnura*, vol. 53, n° 21, pp. 96-106, 18 Noviembre 2017.
- [5] M. A. Carbajal Silva, «Situación de la gestión y manejo de los residuos sólidos de las actividades de construcción civil del sector vivienda en la ciudad de Lima y Callao,» Lima, 2018.
- [6] S. L. Caicedo Campo y J. M. Pérez Henao, «Estudio del uso de agregados reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de la ciudad de Cali como material para la construcción de elementos prefabricados de concreto, caso de adoquines,» Santiago de Cali, 2014.
- [7] J. L. Montiel Miguel, «Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales,» Ciudad de México, 2017.
- [8] A. Lovon Bautista y D. R. Lovon Jove, «Evaluación comparativa de las propiedades físico – mecánicas del adoquín 8 – tipo II, utilizando agregado grueso procedente del concreto reciclado seleccionado, agregado fino de la cantera de Cunyac y Vicho, cemento IP y agua potable comparado según la NT,» 2019.
- [9] K. N. Esteban Montalvo, «Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines, 2018,» Lima, 2018.

- [10] MINEM, «Ministerio de Energía y Minas,» 21 Octubre 2016. [En línea].
Available:
https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/5_%20DECRETO%20SUPREMO%20N%C3%82%C2%BA%20003-2013-VIVIENDA.pdf. [Último acceso: 23 Julio 2020].
- [11] DIGESA, Gestión de los Residuos en el Perú, Lima : Dirección General de Salud Ambiental , 2006.
- [12] Ministerio de viviendas, construcción y saneamiento, «Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Generalidades NTP 400.050,» 17 Septiembre 1999. [En línea].
- [13] Diario El Peruano, *Decreto Supremo N°003-2013-Vivienda*, Perú, 8 de febrero del 2013.
- [14] J. A. Mamani Quispe y L. E. Tipiana Contreras, «Uso del concreto reciclado como agregado y su comportamiento en la resistencia, en adoquines de uso peatonal, Lima 2019,» Lima, 2019.
- [15] A. Torre Carrillo, «Diseño de mezclas,» de *Curso básico de tecnología del concreto*, Lima, Universidad Nacional de Ingeniería, 2004, pp. 86-104.
- [16] E. A. Chávez Beraún, «Adoquines de concreto elaborados con agregado reciclado para pavimentos en la Esperanza - Amarilis - Huánuco 2018,» Huánuco, 2018.
- [17] Y. F. Silva Urrego, M. Gordillo y S. Delvasto Arjona, «Influencia del residuo de mampostería (RM) como material cementicio suplementario en la elaboración de morteros.,» *Informador Técnico.*, vol. 81, n° 1, pp. 44-54, 2017.

Anexos

Ficha N° 1: Ficha de análisis de artículo.

Título:									
FUENTE	PROBLEMA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	JUSTIFICACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSIONES	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
Autor(es): Nombre Revista: Vol. N° Fecha: Páginas:									

Url:

Ficha N° 2: Ficha de análisis de tesis.

Título:										
FUENTE	PROBLEMA IDENTIFICADO	FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVO	JUSTIFICACIÓN	VARIABLE	HIPÓTESIS	TIPO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Autor(es): Nombre de la Institución: Fecha: Tipo:										

Url: