



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“LOS AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO COMO UNA  
ALTERNATIVA DE RECICLAJE PARA LOS RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:  
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Fiorella Saravia Zuñiga

Asesor:

Percy Iribarren Ibañez

Lima – Perú

2019



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°133-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 30 de septiembre de 2019

**VISTO:**

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Los agregados reciclados de concreto como una alternativa de reciclaje para los residuos de construcción y demolición**, presentado por:

- **Fiorella Saravia Zuñiga**

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller en **Ingeniera Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Los agregados reciclados de concreto como una alternativa de reciclaje para los residuos de construcción y demolición** con N° de registro de la carrera: **022-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Ing. Percy Irribarren Ibañez** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**  
Director Académico de Carrera  
Ingeniería Ambiental

**LOS AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO COMO UNA ALTERNATIVA DE  
RECICLAJE PARA LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

Fiorella Saravia Zuñiga

*Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima-Perú*[100026655@ucientifica.edu.pe](mailto:100026655@ucientifica.edu.pe)**RESUMEN**

El presente estudio muestra diferentes alternativas de reaprovechamiento y reciclaje de los residuos de construcción y demolición (RCD) y se enfoca principalmente en los agregados reciclados de concreto, provenientes del reciclaje del concreto de demolición y construcción que representa la mayor cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD). Asimismo se expone la composición, contaminación e impactos negativos que causa la generación de grandes de cantidades de RCD al ambiente como la disminución de espacio en los vertederos, agotamiento de agregados naturales, contaminación de las aguas superficiales debido a que la disposición de estos residuos en las costas o en las riberas de los ríos, entre otros. La mayor parte de la presente investigación esta relacionada a presentar alternativas de reciclaje y su potencial como materia prima secundaria para el uso en materiales de construcción. Por último se concluyó que los agregados reciclados provenientes de los residuos de construcción y demolición representan una alta viabilidad en lo técnico, económico y ambiental.

Palabras clave: Residuos de construcción, Residuos de demolición, Reciclaje, Agregados reciclados, Impacto Ambiental, Contaminación, Concreto Reciclado, Ambiente.

**ABSTRACT**

This study shows different alternatives to reuse and recycling of construction and demolition waste (CDW). It focuses mainly on recycled concrete aggregates from the recycling of demolition concrete and construction that represents the largest amount of

2

construction and demolition waste (CDW). It also exposes the composition, pollution and negative impacts caused by the generation of large amounts of RCD stomping into the environment such as decreasing landfill space, depletion of natural aggregates, contamination of surface water because of the disposal of this waste on the coasts or on the banks of rivers, among others. Most of this research is related to presenting recycling alternatives and their potential as secondary raw material for use in building materials. Finally, it was concluded that recycled aggregates from construction and demolition waste represent a high technical, economic and environmental viability.

Keywords: Construction Waste, Demolition Waste, Recycling, Recycled aggregates, Environmental Impact, Contamination, Recycled concrete, Environment.

### REVISIÓN TEÓRICA

Durante la última década, la industria de la construcción se ha convertido en uno de los sectores de la economía con aportes de hasta 7% en el PBI, convirtiéndose en unos de los sectores importantes de desarrollo a nivel mundial (Bravo, De Brito, Pontes, y Evangelista, 2015). Además, según World Construction Aggregates la demanda global de los agregados de construcción es alrededor de 51 toneladas métricas anuales. El crecimiento del sector de la construcción tiene un impacto positivo a la economía no solo alrededor del mundo, si no en cada país. Sin embargo, la generación y disposición de los componentes provenientes de las actividades de construcción o remodelación de viviendas, genera impactos negativos como la disminución del espacio público, deterioro de la calidad de aire (Chávez, Palacio, y Guarín, 2013) además de emisiones, polución y entre los más preocupantes, la generación de residuos sólidos como los

residuos de construcción y demolición (RCD) (Di Maria, Bianconi, Micale, Baglioni, y Marionni, 2016; Xiao, Ma, Sui, Akbarnezhad, y Duan, 2018).

### **2.1 Residuos Sólidos**

Los residuos sólidos son cualquier objeto, material, subproducto o sustancia en fase sólida o semisólida resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual el poseedor se desprende, para ser manejados priorizando su valorización y en último caso su disposición final (Ley N° 1278, 2017). Es decir, se generan como consecuencia de las actividades que realizan los seres humanos así como los animales.

En el mundo, se generan aproximadamente 2.01 billones de toneladas de residuos sólidos por año. Esta cifra varía de acuerdo a las regiones o países en el mundo, En Latinoamérica y el Caribe se generan 231 millones de toneladas siendo la generación per cápita de 0.99 kg por día. En Asia, por ejemplo, se genera la mayor cantidad de residuos en el mundo, 468 millones de toneladas por año con una tasa de generación per cápita 1.36 kg por día. Para el 2050 se prevé que esta tasa se incrementará a 3.40 billones de toneladas por año, esto significa que aproximadamente cada persona en el mundo generará hasta 1.87 kg de residuos sólidos por día (Kaza, Yao, Bhada-Tata y Van Woerden, 2018).

Los residuos sólidos son una amplia fuente de producción de metano en el mundo, este componente contribuye a la generación de gases de efecto invernadero en el mundo trayendo consigo problemas que pueden causar alteración en los ecosistemas y en la salud de las personas (Abdel-Shafy y Mansour, 2018). Desafortunadamente la inadecuada gestión en cuanto a transporte, reciclaje, valorización y disposición final son amenazas potenciales para el medio ambiente que pueden causar riesgos para salud humana, contaminación del suelo, contaminación de aguas subterráneas y superficiales,

emisiones contribuyendo a la contaminación del aire, enfermedades a las personas, así como proliferación de vectores (David, Wenchaoa, Johna, y Mmerekib, 2019; Rodríguez, 2002).

En el Perú, el 50% de los residuos no se disponen adecuadamente teniendo ciudades, calles, ríos, playas y quebradas con gran acumulación de residuos sólidos. Hasta el año 2018, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) identificó 184 puntos críticos de acumulación de residuos sólidos en Lima Metropolitana, entre los cuales los distritos de Villa María del Triunfo, Villa El Salvador, Chorrillos y Puente Piedra son los distritos con mayor cantidad de puntos de acumulación de residuos sólidos (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2018). Actualmente, uno de los problemas del manejo de los residuos sólidos es la escasez de lugares adecuados para realizar una disposición final adecuada, según El Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PLANRES) (2018) se requieren de alrededor de 190 infraestructuras para la disposición de los residuos sólidos en el Perú, sin embargo hasta el año 2014, solo existían 11 rellenos sanitarios en el Perú con autorizaciones y permisos vigentes (Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016). Uno de los ejemplos sobre la deficiente disposición de los residuos se da en el caso de los residuos de construcción y demolición (RCD).

Para Carlos Valdivia (citado en Carbajal, 2018), las grandes cantidades de residuos de construcción y demolición en cuanto a volumen y cantidad ya sea por levantamiento de construcciones nuevas o remodelación de estructuras, contribuyen a la cantidad total de residuos sólidos generados.

### ***2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos***

De acuerdo con el artículo N°31 de la ley N° 1278, Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, los residuos sólidos se clasifican de acuerdo a la autoridad para su gestión en residuos municipales y no municipales y de acuerdo al manejo que reciben en residuos peligrosos y no peligrosos.

#### **A. Residuos municipales**

Incluyen los residuos domiciliarios que comprenden restos de alimentos, revistas, botellas, latas, cartón, revistas generadas por actividades domésticas; los residuos comerciales generados en locales de establecimiento público como supermercados, restaurantes, bancos, etc. y los residuos de limpieza de espacios públicos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, parques, etc. (OEFA, 2014).

#### **B. Residuos no municipales**

Incluyen los residuos de las actividades industriales, residuos agropecuarios así como de actividades de la construcción y de los diversos subsectores como pesquería, agricultura, minería, salud (Ley N° 1278, 2017).

#### **C. Residuos peligrosos**

Son aquellos que debido a su peligrosidad (tóxico, corrosivo, reactivo, inflamable, explosivo, infeccioso y eco tóxico) puede causar daño en la salud de las personas y al medio ambiente (Martínez, 2005). Según Bazán (2018) estos residuos han incrementado su generación debido al crecimiento económico de las industrias, además entre los más comunes se encuentran los residuos generados por industrias químicas, los hospitalarios y los generados por la construcción o ampliación de estructuras de viviendas, colegios, centros comerciales, etc.

## **D. Residuos no peligrosos**

De acuerdo con OEFA (2014) son aquellos residuos que por sus características no representan un riesgo significativo para la salud de las personas ni para el medio ambiente.

### **2.2 Los residuos de construcción y demolición (RCD)**

Un tipo de residuos sólidos son los residuos de construcción y demolición (RCD). La Comisión Europea los define como resultado de la demolición parcial o total de infraestructuras, veredas, y remodelación de viviendas, siendo uno de los residuos más pesados y voluminosos, representando entre el 25% - 30% de la cantidad total de residuos (Domínguez, Domínguez, Ivanova, Centeno, y Odriozola, 2016; European Commission, 2014). En el Perú, el Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA, define a los RCD como aquellos que cumpliendo con la definición de residuos sólidos, son generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones y estructuras.

#### **2.2.1 Caracterización de los residuos de construcción y demolición (RCD)**

Este tipo de residuos compiten con los residuos municipales debido a la forma de su disposición final en vertederos o escombreras. Asimismo, la tasa global promedio de generación de RCD en el mundo es de 1.68 kg/per cápita por día. (Kaza *et al.*, 2018). Estos residuos incluyen la mezcla de materiales que pueden ser peligrosos y no peligrosos formados durante las etapas de construcción, renovación o demolición de edificios o estructuras (Ansari y Ehrampoush, 2018).



Los materiales que causan su generación provienen de diferentes fuentes tales como hormigón, ladrillos, materiales bituminosos, suelo, acero, madera, cerámicas, cartón, químicos y de una mezcla de todos estos componentes pudiendo producir residuos peligrosos si no son separados correctamente (Sormunen y Kärki, 2019). Para Blaisi (2019) se han identificado metales pesados como arsénico, plomo y mercurio, como originarios de este tipo de residuos así como amianto, productos que representan un riesgo para la salud humana.

La caracterización de este tipo de residuos se refiere a un procedimiento en el que se identifica y se estima en volumen, peso y proporciones la cantidad de residuos de construcción y demolición que puede existir en un lugar con la finalidad de saber cómo están compuestos, sus propiedades y como pueden actuar estos residuos dependiendo del medio en el que se encuentren (Bazán, 2018). Si bien es un proceso que aún no se lleva a cabo en Perú, la implementación de estudios de caracterización podría generar mayor información acerca de la composición y como podrían implementarse alternativas de reciclaje de acuerdo a cada componente.

### ***2.2.2 Composición de los residuos de construcción y demolición (RCD)***

La composición de los RCD depende del tipo de infraestructuras y está en función al sitio donde se genera la actividad, por ejemplo para la construcción de carreteras los RCD estarán compuestos por gran cantidad de materiales excavados; en el caso de la demolición de edificios, estos estarán compuestos en su mayoría por hormigón (Gálvez-Martos, Styles, Schoenberger, y Zeschmar-Lahl, 2018).

Además, según sus características químicas estos materiales pueden ser inertes y no inertes (Mahpour, 2018). Los materiales inertes como el concreto y el ladrillo son

componentes que no van a causar reacciones químicas en circunstancias comunes. Sin embargo, los materiales no inertes estarán fácilmente involucrados en reacciones químicas que pueden ocasionar impactos ambientales negativos (Wu, Yu, y Shen, 2017). Por ello, se identificaron que entre los materiales más comunes que se generan están: los residuos de concreto que representan un 40% del total de RCD, ladrillos (12-40%), madera tratada entre 2-4%, asfalto (4-26%), metales 4%, plásticos (0.1-2%) y otros que incluye, aerosoles, restos electrónicos, envases removedores de grasa, restos de tubos fluorescentes, restos de cerámicos, baterías, filtros de aceite, envases lubricantes, que representan de 2 a 36% (Deloitte, 2017).

Por ejemplo en Francia, Italia y Portugal los RCD están compuestos en mayor porcentaje, entre 70% - 90%, por concreto, ladrillos cerámicos y azulejos debido a su uso en estructuras pesadas (Sormunen y Kärki, 2019).

### **2.2.3 Clasificación de los Residuos de construcción y demolición (RCD)**

Según De Brito, Agrela & Vasco (2018) los RCD generalmente se clasifican de acuerdo a la variedad de materiales que contienen y al destino del cual provienen. Es decir dependiendo de su naturaleza y composición. Los RCD pueden ser:

- *Bloques de concreto*: tipo de RCD más estudiado debido a que se obtienen los agregados reciclados (AR) de alta calidad y pureza. Este tipo de RCD se obtiene del proceso de demolición de estructuras como paredes, edificios, etc.
- *RCD mezclados y limpios*: Este tipo de RCD contiene principalmente concreto o material bituminoso y se obtiene de un proceso de separación previo.
- *Escombros de demolición mixta*: Son aquellos que no han sido seleccionados en su fuente y necesitan de un tratamiento previo.

En el Perú, los RCD se pueden clasificar de dos maneras dependiendo de la norma a la cual se hace referencia. De acuerdo con el artículo N°7 del Reglamento del DS N° 003-2013-VIVIENDA los RCD se clasifican en residuos peligrosos y no peligrosos, los no peligrosos se refieren a los reutilizables, reciclables, o aprovechables.

Por otro lado, la Norma Técnica Peruana (NTP 400.050) clasifica a los RCD teniendo consideraciones distintas y separando los de residuos de construcción de los de demolición. Además, brinda opciones de manejo en cuanto a reciclaje, reutilización o disposición final en caso los RCD contengan algún material peligroso.

La Tabla 1 muestra la comparación entre la clasificación de los RCD de acuerdo a las dos normas mencionadas anteriormente.

**Tabla 1**

Comparación entre dos normas peruanas sobre la clasificación de los RCD

| Normativa                                     | Clasificación | Tipo de Residuos                             | Componentes              |
|---|---------------|--|--------------------------|
| <b>Reglamento del DS N° 003-2013-VIVIENDA</b> | Peligroso     | Restos de madera tratada                     | Arsénico, plomo          |
|   |               | Envases de pinturas                          | Cloruro de metileno      |
|   |               | Envases de adhesivos                         | tricloroetileno          |
|   |               | Envases de pesticidas, colas                 | Formaldehido             |
|   |               | Restos de tubos fluorescentes                | Mercurio, etc.           |
|   |               | Restos de PVC sometidos a altas temperaturas | Aditivos, estabilizantes |
|   |               | Restos de planchas de asbesto                | Asbesto, amianto         |

|  |   | Restos de batería y<br>cerámicos   | Níquel   |
|--|---|--|--|
| <b>Norma<br/>Técnica<br/>Peruana<br/>(NTP<br/>400.050)</b> | No peligroso<br>(reutilizables<br>o reciclable) | Instalaciones  | Mobiliario de<br>cocina                                    |
|  |   | Cubiertas  | Tejas, tableros  |
|  |   | Fachada  | Puertas, ventanas y<br>hormigón.                           |
|  |   | Particiones<br>interiores  | Mamparas,<br>barandillas, etc.                             |
|  |   | Acabados interiores  | Cielo raso,<br>Pavimentos<br>flotantes,<br>alcatados, etc. |
|  |   | Estructura   | Vigas, pilares,<br>hormigón.                               |
|  | Excedentes<br>de<br>Remoción                    | Agregados de<br>concreto   | Tierras con<br>contenido orgánico                          |
|  | Excedentes<br>de obra                           | Materiales de<br>construcción y<br>excedentes de las<br>obras  | Concreto sobrante,<br>retazos de fierro y<br>alambres      |
|  | Escombros                                       | Mezcla asfáltica de demolición.<br>Concreto de demolición.<br>Material no bituminoso.<br>Material no clasificado de tierras.<br>Mezcla de ladrillos. |  |
|  | Otros<br>residuos                               | Fraciones<br>peligrosas de las<br>anteriores<br>categorías   | Fraciones de<br>contenido asfáltico                        |

Fuente: Reglamento del DS N° 003-2013-VIVIENDA; NTP 400.050

#### **2.2.4 Marco normativo vigente de los RCD**

La normativa que regula la gestión y el manejo de RCD en el Perú está propuesta por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) que establece que las obligaciones de las instituciones para el manejo de este tipo de residuos, así como para el reaprovechamiento y planteamiento de alternativas de minimización de impactos al ambiente. Además, regula los procesos y etapas de la gestión y el manejo promoviendo la inversión privada para ellos (MVCS, 2013). De la misma manera, El Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PLANRES) 2016-2024 determina que el Ministerio del Ambiente en coordinación con otros sectores competentes plantea que el principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) debe aplicarse para los RCD fomentando que los productores sean responsables de la disposición final, así como de formas de reutilización de estos residuos.

Por otro lado, existen ordenanzas municipales que regulan de la misma manera la generación de RCD en un ámbito mas pequeño como lo son los distritos. Por ejemplo mediante el decreto de alcaldía N°034-2013 de la municipalidad de Jesús María se aprobó el Plan de Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición depositados en espacios públicos y de obras menores donde se establecen las responsabilidades para el manejo adecuado de los RCD.

### ***2.2.3 Impactos ambientales, sociales y económicos que causa la generación de RCD***

La generación de RCD puede traer consigo impactos que afectan tanto de manera ambiental, económica, técnica, organizacional a los países. Estos efectos incluyen acidificación terrestre y acuática, agotamiento de la capa de ozono, calentamiento global, impactos respiratorios, consumo de energía, residuos ilegales vertidos en los

lados de carreteras o espacios abiertas afectando el paisaje (Mahpour, 2018; Marzouk y Azab, 2014). Además estos problemas incluyen una disminución de espacio en los vertederos, agotamiento de agregados naturales (arena fina, grava) y contaminación de las aguas superficiales debido a que la disposición de estos residuos generalmente se da cerca a las costas o en las riberas de los ríos (Madi y Srour, 2019).

Otros impactos negativos incluyen el aumento de la contaminación por rellenos que conlleva a efectos en la salud y aumento en el consumo de energía por la fabricación de nuevos materiales para la construcción. A esto se le incluye una pérdida de energía incorporada en los residuos eliminados que pueden utilizarse para producir nuevos materiales de construcción (Marzouk y Azab, 2014).

#### ***2.2.4 Alternativas de reutilización y reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)***

A pesar del impacto que los RCD ocasionan al medio ambiente, este tipo de residuos tiene un gran potencial para el reuso y reciclaje por lo que hoy en día muchas investigaciones se dirigen a tener una alternativa de valorización separando la mayoría de sus componentes como el vidrio, madera, metales, plásticos y utilizando los restos de hormigón o la fracción inerte no peligrosa de los RCD para procesarlos como agregados reciclados naturales y utilizarlos en construcción civil, vial como sustitución de ellos o en combinación con otros recursos minerales (Borghini, Pantini, y Rigamonti, 2018; Domínguez et al., 2016; Silva, De Brito, y Dhir, 2014). El reciclaje de los RCD tiene ventajas medioambientales y económicas ya que se puede reducir el consumo de áridos de naturaleza virgen, reciclaje de RCD para pavimentación y

senderos, ya que son alternativas técnicamente viables y tienen un efecto positivo en el medio ambiente (Hu, Chen, Naz, Zeng, y Cao, 2019). Para Contreras et al. (2016) el potencial de reciclaje de los RCD no solo reduciría el costo de la construcción civil, sino, se lograría retirar una gran cantidad de RCD desechado al medio ambiente. Además, esto daría lugar a una serie de importantes cambios e impactos sociales como: casas construidas a bajo costo, reducción en la utilización de materias primas, protección de áreas de conservación y reducción de enfermedades debido a la propagación de vectores atraídos por los RCD, lo que resulta en un ahorro para la localidad, el gobierno y las personas. Según las investigaciones de Cai, Wang, y Xiao (2018) una forma de hacer eficiente el proceso de reciclaje es retirar la mayor cantidad de impurezas de los RCD para poder alcanzar entre un 40-50% de concreto aprovechable. De acuerdo con las investigaciones realizadas por Contreras et al. (2016) los RCD pueden ser utilizados para la fabricación de ladrillos. Si se mantiene una composición de 50% restos de cerámica, 20% residuos de concreto y 30% cal y cemento. Por ejemplo, en algunos países europeos se ha propuesto el uso de los RCD reciclados para la construcción de carreteras y caminos donde se aprovecha hasta un 90% del total de RCD (Blaisi, 2019).

Por otro lado, los RCD pueden ser utilizados para la producción de agregados reciclados (AR), estos pueden ser agregados reciclados de concreto, agregados reciclados de restos de ladrillos, agregados de asfalto recuperados, etc. Estos agregados reciclados pueden reemplazar a los agregados naturales (cemento, arena fina y gruesa) en la construcción de pavimentos articulados, en la producción de hormigón reciclado o en la fabricación de ladrillos presentando valores de absorción y resistencia similares a los de los materiales convencionales (Seco, Omer, Marcelino,

Espuelas, y Prieto, 2018) Por ejemplo, los agregados recuperados de asfalto pueden ser utilizados para nuevos pavimentos, así como sub-base de carreteras o pistas (Sabai, 2013). Sin embargo, Akhtar y Sarmah (2018) sugieren que estos agregados reciclados deben utilizarse entre un 30% -50% con cemento complementario y con tratamientos como carbonatación o tratamientos con ácido sulfúrico para producir resultados más óptimos en cuanto a durabilidad y resistencia al congelamiento.

Por otro lado, Zhang, Gu, y Zhang (2019) sugieren que los agregados reciclados provenientes de los RCD muestran valores similares de estabilidad a los agregados naturales. Además, sugieren su uso como material base alternativo de pavimento asfáltico, caminos rurales. Por ejemplo, sustituyendo entre un 10% - 20% de los agregados naturales se puede lograr una reducción en la producción de la mezcla de asfalto.

La sustitución del 50% o más de los agregados naturales por agregados reciclados de RCD resulta en un aumento de la resistencia a la compresión. Esto significa que es técnicamente viable utilizar diferentes tamaños de agregados reciclados y diferentes tipos, como los que se extraen de los ladrillos de arcilla, o los de concreto: el uso de estos materiales significa una reducción en costos e impactos ambientales que traen consigo la fabricación de los materiales convencionales (Sharkawi, El Mofty, Showaib, y Abbass, 2018). Según Özalp, Yilmaz, Kara, Kaya, y Şahin (2016), los agregados de los RCD pueden ser utilizados en productos como remplazo de materia prima secundaria utilizando tasas de sustitución menores al 30% garantizando las propiedades mecánicas sugeridas por normas vigentes aplicadas a un producto.



Poon y Lam (2008) realizaron investigaciones para el uso de estos materiales reciclados en la producción de concreto ecológico. Estos bloques fueron fabricados con el 100% de materiales reciclados dentro de los cuales se utilizó 50% de vidrio triturado reciclado y 50% de agregado reciclado junto con una relación de agregado/cemento menor a 4. Sabai, Cox, Mato, Egmond, y Lichtenberg (2013) investigaron la posibilidad de reutilizar ladrillos triturados gruesos y finos como agregados en la producción de concreto, ellos encontraron que el nivel de sustitución debería ser 25% - 30%. Estos estudios muestran que se viene haciendo un gran esfuerzo para reciclar los residuos de construcción y demolición en material de construcción. El reemplazo de estos materiales minimizaría los problemas ambientales que se originan a partir del sector construcción trayendo consigo beneficios como el menor uso de los recursos no renovables, menor uso de concreto, reducción en las emisiones y ahorro de energía en la producción de cemento teniendo siempre en consideración la pureza del agregado reciclado y todos los procedimientos posibles para su descontaminación (Olofinnade et al., 2018).

### ***2.3 Los agregados reciclados de concreto (ARC): Una alternativa de reciclaje de los RCD***

Los residuos de concreto representan la mayor parte de los RCD, países como India y Malasia estiman que alrededor de un 60% del total de RCD son de este tipo y provienen de esta fuente (Islam et al., 2019). Los agregados reciclados de concreto están conformados por agregados de materiales que son reciclados, mediante procesos de triturado, cribado, etc. (Gonzales, 2018), estos ARC pueden ser utilizados en la parte estructural de los edificios, aunque pueden presentar dificultades en las propiedades mecánicas por el hecho de que sus cualidades son diferentes a la de los agregados

naturales (Wang et al., 2019), estudios realizados por Behera et al. (2014) muestran que los agregados reciclados de concreto (ARC) pueden presentar valores altos de durabilidad. Sin embargo el aumento de la porosidad por los componentes que lo conforman puede provocar un alto consumo de agua lo que resulta en menos disponibilidad para la hidratación de las partículas de cemento y por lo tanto reducción en la resistencia. Cement Concrete & Agregates Australia CCAA (2013) recomienda que los agregados de concreto reciclado (ACR) deben cumplir con la característica de una contaminación total típica menor al 1% y el remplazo como un agregado de construcción reciclado debe ser mayor al 30%, ya que estos agregados han demostrado su practicidad en su uso para los hormigones no estructurales como el pavimento, base de carreteras y hasta cierto punto en algunos concretos de grado estructural (Sabai, 2013).

Otro uso para los agregados reciclados de concreto se da en la fabricación de adoquines o bloques de concreto que son utilizados como base para pavimentos, veredas y algunos casos pistas. Estudios realizados por Poon y Chan (2007) demuestran que es factible utilizar estos agregados en la fabricación de adoquines y bloques de concreto.

Los agregados reciclados de concreto (ARC) que se obtienen de los residuos de construcción y demolición pueden ser utilizados como materia prima secundaria, al usarlos se estaría minimizando los problemas ambientales que se originan a partir del sector de la construcción implementando soluciones alternativas que significan ahorro en el uso de recursos naturales y minimización del impacto que causa su disposición final (Özalp et al., 2016).

## **CONCLUSIÓN**

Los residuos de construcción y demolición (RCD) actualmente representan un problema que no solo puede impactar negativamente en el medio ambiente, sino también de manera social y económica. Sin embargo, existen alternativas de reaprovechamiento, reciclaje y reutilización de este tipo de residuos para reducir el impacto que se genera cuando estos residuos son desechados en lugares que no son autorizados. Los RCD han demostrado tener una amplia viabilidad técnica, económica y ambiental para su reciclaje como materia prima secundaria, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, reduciendo los costos para mitigar la contaminación del aire y conservando espacios en rellenos sanitarios que se pueden utilizar para la disposición final de otro tipo de residuos.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abdel-Shafy, H. I., y Mansour, M. S. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275–1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
- Akhtar, A., y Sarmah, A. K. (2018). Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. *Journal of Cleaner Production*, 186, 262–281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.085>
- Ansari, M., y Ehrampoush, M. (2018). Quantitative and qualitative analysis of construction and demolition waste in Yazd city, Iran. *Data in Brief*, 21, 2622–2626. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.141>
- Bazan, I. (2018). Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (estudio de caso) (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10189>

- Behera, M., Bhattacharyya, S., Minocha, A., Deoliya, R., y Maiti, S. (2014). Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete e a breakthrough towards sustainability in construction sector: a review. *Construct Build Mater*, *68*, 501-516. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.003>
- Blaisi, N. (2019). Construction and demolition waste management in Saudi Arabia: Current practice and roadmap for sustainable management. *Journal of Cleaner Production*, *221*, 167–175. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.264>
- Borghi, G., Pantini, S., y Rigamonti, L. (2018). Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy). *Journal of Cleaner Production*, *184*, 815–825. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.287>
- Bravo, M., De Brito, J., Pontes, J., y Evangelista, L. (2015). Durability performance of concrete with recycled aggregates from construction and demolition waste plants. *Construction and Building Materials*, *77*, 357–369. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.103>
- De Brito, J., Agrela, F. y Vasco R. (2018). New trends in Eco-efficient and Recycled Concrete. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01898-0>
- Deloitte (2017). Study on Resource Efficient Use of Mixed Wastes, Improving management of construction and demolition waste – Final Report. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Carbajal, M. (2018). 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 (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3215>

- Cai, J., Wang, S., y Xiao, Z. (2018). A study on the CO<sub>2</sub> capture and attrition performance of construction and demolition waste. *Fuel*, 222, 232–242. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.155>
- Chávez, Á., Palacio, Ó., y Guarín, N. (2013). Unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición: estudio de caso bogotá d.c tt. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2), 95–118.
- Contreras, M., Teixeira, S. R., Lucas, M. C., Lima, L. C. N., Cardoso, D. S. L., da Silva, G. A. C., Gregório, G.C., de Souza A.E., y dos Santos, A. (2016). Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). *Construction and Building Materials*, 123, 594–600. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.044>
- David, V. E., Wenchao, J., Johna, Y., y Mmerekib, D. (2019). Solid Waste Management in Monrovia, Liberia: Implications for Sustainable Development. *The Journal of Solid Waste Technology and Management*, 45(1), 102–110. <https://doi.org/10.5276/jswtm.2019.102>
- Decreto de Alcaldía N° 034-2013-MDJM. Disponible en <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-plan-de-gestion-de-residuos-de-la-construccion-y-de-da-n-034-2013-mdjm-1036436-1/>
- Di Maria, F., Bianconi, F., Micale, C., Baglioni, S., y Marionni, M. (2016). Quality assessment for recycling aggregates from construction and demolition waste: An image-based approach for particle size estimation. *Waste Management*, 48, 344–352. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.005>
- Domínguez, A., Domínguez, M. I., Ivanova, S., Centeno, M. A., y Odriozola, J. A. (2016). Recycling of construction and demolition waste generated by building

- infrastructure for the production of glassy materials. *Ceramics International*, 42(14), 15217–15223. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.06.157>
- European Commission. (2014). Construction and demolition waste - Environment - European Commission. Retrieved May 11, 2019, from [http://ec.europa.eu/environment/waste/construction\\_demolition.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm)
- Gálvez-Martos, J., Styles, D., Schoenberger, H., y Zeschmar-Lahl, B. (2018). Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, 136(April), 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.016>
- Gonzales, E. (2018). Evaluación del diseño de concreto FC=175 Kg/cm<sup>2</sup> utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2554>
- Hu, K., Chen, Y., Naz, F., Zeng, C., y Cao, S. (2019). Separation studies of concrete and brick from construction and demolition waste. *Waste Management*, 85, 396–404. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.007>
- NDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de la Propiedad Intelectual). (1999). NTP 400.050: Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Lima, Perú.
- Islam, R., Nazifa, T., Yuniarto, A., Shanawaz Uddin, A., Salmiati, S., y Shahid, S. (2019). An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. *Waste Management*, 95, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.049>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. y Van, F. (2018). What a Waste 2.0. A Global Snapshot of

Solid Waste Management to 2050. 10.1596/978-1-4648-1329-0.

Madi, N., y Srour, I. (2019). Managing emergency construction and demolition waste in Syria using GIS. *Resources, Conservation and Recycling*, 163–175.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.018>

Mahpour, A. (2018). Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 134, 216–

227. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.026>

Martínez, J. (2005). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligosos. Fundamentos.*

Recuperado de

[http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia\\_para\\_la\\_gestion\\_integral\\_residuos/gestion\\_respel01\\_fundamentos.pdf](http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia_para_la_gestion_integral_residuos/gestion_respel01_fundamentos.pdf)

Marzouk, M., y Azab, S. (2014). Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. *Resources, Conservation and Recycling*, 82, 41–49.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.015>

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.015>

Ministerio del Ambiente (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos

(PLANRES) 2016-2024. Lima. Recuperado de

<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-planres>

Ministerio del Ambiente (2017). Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos- Decreto

Legislativo N° 1278. Disponible en [http://www.minam.gob.pe/wp-](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf)

[content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf)

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). Reglamento para la gestión de residuos sólidos de la construcción y demolición D.S. N° 003-2013-VIVIENDA. Disponible en <http://spij.minjus.gob.pe/libre/main.asp>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA (2014). Fiscalización ambiental en residuos sólidos municipales 2013-2014. Recuperado de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13926](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA (2018). OEFA en cifras I trimestre -2018. Recuperado de <https://www.oefa.gob.pe/es/publicaciones/oefa-en-cifras-reporte-estadistico-tercer-trimestre-2018>
- Olofinnade, O. M., Ede, A. N., Ndambuki, J. M., Ngene, B. U., Akinwumi, I. I., y Ofuyatan, O. (2018). Strength and microstructure of eco-concrete produced using waste glass as partial and complete replacement for sand. *Cogent Engineering*, 5(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1483860>
- Özalp, F., Yilmaz, H., Kara, M., Kaya, Ö., y Şahin, A. (2016). Effects of recycled aggregates from construction and demolition wastes on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. *Construction and Building Materials*, 110, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.030>
- Poon, C. S., & Chan, D. (2007). Effects of contaminants on the properties of concrete paving blocks prepared with recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 21(1), 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.06.031>



- Poon C., y Lam C. (2008). The effect of aggregate-to-cement ratio and types of aggregates on the properties of pre-cast concrete blocks. *Cement & Concrete Composites*, *30(4)*, 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.10.005>
- Rodríguez, L. A. (2002). Hacia la gestión ambiental de residuos solidos en las metrópolis de América Latina. *Innovar* *1(20)*, 111-120. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/24282>
- Sabai, M. M. (2013). *Construction and demolition waste recycling into innovative building materials for sustainable construction in Tanzania*. <https://doi.org/10.6100/IR757934>
- Sabai, M. M., Cox, M. G., Mato, R. R., Egmond, E. L., y Lichtenberg, J. J. (2013). Resources, Conservation and Recycling Concrete block production from construction and demolition waste in Tanzania. *“Resources, Conservation & Recycling,”* *72*, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.12.003>
- Seco, A., Omer, J., Marcelino, S., Espuelas, S., y Prieto, E. (2018). Sustainable unfired bricks manufacturing from construction and demolition wastes. *Construction and Building Materials*, *167*, 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.026>
- Sharkawi, A. M., El Mofty, S. M., Showaib, E. A., y Abbass, S. M. (2018). Feasible Construction Applications for Different Sizes of Recycled Construction Demolition Wastes. *Alexandria Engineering Journal*, *57(4)*, 3351–3366. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.11.014>
- Silva, R. V., De Brito, J., y Dhir, R. K. (2014). Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. *Construction and Building Materials*, *65*, 201–217.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.117>

Sormunen, P., y Kärki, T. (2019). Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 24(August 2018), 100742.

<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100742>

Wang, X., Yu, R., Shui, Z., Song, Q., Liu, Z., Bao, M., y Wu, S. (2019). Optimized treatment of recycled construction and demolition waste in developing sustainable ultra-high performance concrete. *Journal of Cleaner Production*, 221, 805–816.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.201>

Wu, Z., Yu, A. T. W., y Shen, L. (2017). Investigating the determinants of contractor's construction and demolition waste management behavior in Mainland China. *Waste Management*, 60, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.001>

Xiao, J., Ma, Z., Sui, T., Akbarnezhad, A., y Duan, Z. (2018). Mechanical properties of concrete mixed with recycled powder produced from construction and demolition waste. *Journal of Cleaner Production*, 188, 720–731.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.277>

Zhang, J., Gu, F., y Zhang, Y. (2019). Use of building-related construction and demolition wastes in highway embankment: Laboratory and field evaluations. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1051–1060.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.182>