

Gestión de residuos de construcción y demolición, para mitigar el impacto Ambiental y preservar nuestros recursos naturales: Una revisión de la literatura



Management of construction and demolition waste, to mitigate environmental impact and preserve our natural resources: A literature review.

Pedro Muñoz Pérez, Sócrates; Bayona Reyes, Marco Junior; Yovera Santisteban, Julio Ricardo

Sócrates Pedro Muñoz Pérez
msocrates@crece.uss.edu.pe
Universidad Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, Perú

Marco Junior Bayona Reyes
breyesmarco@crece.uss.edu.pe
Universidad Señor de Sipán, Perú

Julio Ricardo Yovera Santisteban
ysantistebanjul@crece.uss.edu.pe
Universidad Señor de Sipán, Perú

Ecuadorian Science Journal
GDEON, Ecuador
ISSN-e: 2602-8077
Periodicidad: Semestral
vol. 5, núm. 2, 2021
esj@gdeon.org

Recepción: 10 Diciembre 2020
Aprobación: 20 Agosto 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062590009/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.2.90>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Muñoz Pérez, S. P., Bayona Reyes, M. J., & Yovera Santisteban, J. R. (2021). Gestión de residuos de construcción y demolición, para mitigar el impacto Ambiental y preservar nuestros recursos naturales: Una revisión de la literatura. Ecuadorian Science Journal, 5(2) 100-106. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.2.90>

Resumen: Muchos países han progresado en el aspecto constructivo, se habla de las grandes obras que se ejecutan como los enormes rascacielos, entre otras construcciones, pero no se habla de los impactos negativos al medio ambiente que estos generan. Uno de los principales generadores de impacto negativo que generan las construcciones son los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), estos son arrojados en lugares no autorizados, como son descampados, ríos, terrenos abandonados, etc., solo pocas veces son arrojados en botaderos autorizados. El objetivo de esta investigación es revisar las gestiones que realizan los diferentes países, con el fin de minimizar el impacto que estos generan, mediante un análisis descriptivo y una recopilación documental de los años 2015 - 2021; teniendo como muestra a las diferentes investigaciones a través de 29 artículos científicos, siendo 12 de estos de la base científica de Scopus y 17 de ScienceDirect, los cuales datan de medidas políticas de supervisión, plantas procesadoras, incentivos a empresas recicladoras, reutilización de residuos con distintas metodologías, etc., destacando la importancia ecológica que comprende reutilizar los residuos mediante dichas gestiones que son para el bien del ambiente. De la revisión sistemática se concluye que el uso de plantas procesadoras con tecnologías de Recuperación en Seco Avanzada (ADR) Y el Sistema de clasificación de aire de calefacción (HAS), es una eficaz manera de triturar los desechos de concreto y convertirlos en agregados reciclados, convirtiéndolos en materia reutilizable para fines de construcción

Palabras clave: Construcción civil, gestión ambiental, impacto ambiental, reciclaje de basuras.

Abstract: Many countries have made progress in the construction aspect. They talk about the large projects that have been carried out, such as the construction of huge skyscrapers, among other constructions, but they do not talk about the negative impacts on the environment that they generate. One of the main generators of the negative impact generated by construction is construction and Demolition Waste (RCD). These are dumped in unauthorized places, such as open fields,

rivers, abandoned land, etc. Only rarely are they dumped in landfills, which is authorized. The objective of this research is to review the steps taken by the different countries, in order to minimize the impact they generate, through a descriptive analysis and a documentary compilation of the years 2015 - 2020; taking as a sample the different investigations through 29 scientific articles, 12 of these from the scientific base of Scopus and 17 from ScienceDirect, which date from supervisory political measures, processing plants, incentives to recycling companies, reuse of waste with different methodologies, etc., highlighting the ecological importance that includes reusing waste through these steps that are for the good of the environment. From the systematic review it is concluded that the use of processing plants with Advanced Dry Recovery (ADR) technologies and the Heating Air Classification System (HAS) is an effective way to crush concrete waste and convert it into recycled aggregates, turning them into reusable material for construction purposes.

Keywords: Civil construction, environmental management, environmental impact, garbage recycling.

INTRODUCCIÓN

El ámbito de la construcción viene generando grandes avances para el desarrollo de los países desarrollados y subdesarrollados, sin embargo, esto genera un gran impacto a nivel ambiental (Shahzad Aslam, Huang, & Cui, 2020), siendo responsable de emitir gases que forman parte del efecto invernadero, por el uso de materiales como el cemento y también por el pesado tráfico que generan las actividades en la construcción, la cual está vinculado con la emisión de dióxido de carbono (Krausmann et al. 2017). Otro punto referido al sector construcción es que tanto la arena como la grava son los materiales más explotados a nivel global, inclusive llegando a superar a los combustibles fósiles. Presentando a la escasez de arena como un tema sumamente vital (Torres et al., 2017).

Entre los estados que conforman el continente europeo, generan cerca de 350 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD), teniendo entre los más destacados al concreto y los escombros rocosos (Comisión Europea, 2017). Siendo un 35% de estos residuos arrojados en los diferentes vertederos que existen a nivel mundial (Kabirifar, Mohammad, Wang, & Tam, 2020). Y según el informe del Banco Mundial, en el año 2025 llegarán a alcanzar 5000 millones de toneladas, por este motivo se está gestionando diversos métodos de reutilización para crear un ecosistema sostenible (Jayatheja et al. 2020). Además, del deber que corresponde de preservar los recursos naturales, ya que los materiales de buena calidad se están agotando (Ikau, Corina, & Tawie, 2016).

Un caso particular del sector construcción, ocurre en el distrito de Nanshan, ciudad de Shenzhen de la República Popular China, la práctica de construir muro cortina de vidrio para edificios se ha impulsado completamente, generando a través de su construcción 2 kg de residuos por cada m², de los cuales posteriormente serán demolidos debido a su corto periodo de vida (10 a 20 años), provocando aproximadamente 1,92 kg/m² de residuos de muro de cortina de vidrio (Mao et al., 2016). De la misma forma, en Río de Janeiro, ciudad de Brasil, que en la última década ha tenido una fuerte inversión económica producto del Mundial de fútbol en el año 2014 y los Juegos Olímpicos en 2016, los que para ser posible su ejecución se tuvo que construir obras de gran envergadura, como carreteras, aeropuertos y hoteles, desencadenando fuertes cantidades de residuos de construcción y demolición (RCD) (Cruz et al. 2019). La

Asociación Brasileña de Residuos de Demolición (ABRECON), indica que generan cerca de 84 Mm³/año, siendo el 70% de estos residuos desechados en vertederos (Peixoto et al. 2019). A raíz de esto, se creó una legislación de reciclaje, siempre y cuando se utilice como mínimo un 5% en otras obras civiles (Contreras et a. 2019). Posteriormente adecuando leyes donde el reciclar no sería una opción, sino un acto que se tiene que cumplir de manera obligatoria (Brasileiro & Mato, 2015) y lograr así darle un uso adecuado, por ejemplo, ser arrojados en áreas donde se necesiten rellenos sanitarios, es decir emplear la técnica de las 3R para reducir, reutilizar y reciclar estos RCD (Patty, Bera, & Rath, 2020). Un ejemplo de ello es que, se han realizado investigaciones en las que se ha desarrollado del uso del material reciclado, en la que (Soni & Shukla, 2021), indican que ciertos lugares de la India presentan escasez de arena, para esto, la trituración de agregados gruesos reciclados para obtener la arena es completamente necesaria, dando como resultado una arena reciclada con menor rendimiento y alta absorción de agua, respecto a la natural. Sin embargo, resulta positivo, ya que es posible utilizar esta arena precedente de agregados gruesos reciclados para elaborar concreto. De igual forma, en Argelia estudian la creación de concretos nuevos utilizando cierto porcentaje de residuos de construcción, para comprender las características físicas y mecánicas y así concluir si es viable el uso de estos residuos (Sekkel et al. 2020), no obstante, abundan países que carecen de lineamientos para enfrentar este problema (Liu, Yi, & Wang, 2020).

METODOLOGÍA

Para esta revisión literaria se realizó una destacada exploración de las diferentes investigaciones obtenidas de las bases de datos científicas, recopilándose 11 artículos indexados de Scopus y 16 de ScienceDirect, de los cuales 1 es del 2013, 2 del 2015, 5 del 2016, 3 del 2017, 2 del 2019, 14 del 2020 y 2 del 2021. Que para su búsqueda se emplearon palabras claves como construcción civil, gestión ambiental, impacto Ambiental, reciclaje de basuras. A continuación, se muestra la tabla 1 que detalla la distribución de artículos recopilados. Los cuales informan acerca de los tipos de gestión para los residuos de construcción y demolición, factores que lo originan y las formas de reutilizarlos. Todo esto, mediante un método descriptivo, utilizando la técnica de observación, y un análisis documental como instrumento.

TABLA 1.
Distribución de artículos empleados como referencia, según base de datos y año de publicación

BASE DE DATOS	AÑO DE PUBLICACIÓN						TOTAL
	2015	2016	2017	2019	2020	2021	
Scopus	0	2	2	0	6	0	10
Science Direct	1	3	1	2	8	2	17
Total	1	5	3	2	14	2	27

Autores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores que originan la generación de residuos de construcción.

Los RCD son generados en todo el proceso de la construcción desde el inicio hasta el fin de una obra, desde la limpieza del terreno, trabajos considerados en el proyecto, compra de materiales no adecuados (adquisición), manipulación de estos durante el transporte provocando rajaduras y que sean desechados, mala gestión de

almacenamiento, incapacidad de la mano de obra, también a condiciones climáticas y errores en el tema de diseño (Gul et al., 2017). Siendo, las modificaciones a último momento por parte del cliente la principal causa de los desperdicios en la fase de diseño de una construcción. Además de los desastres naturales, como tornados, terremotos, tsunamis, derrumbes, incendios, etc. (Olanrewaju & Ogunmakinde, 2020).

En Malasia, se realizó un estudio cuantitativo mediante un cuestionario a una población de 306 contratistas dedicados a las obras de construcción, en la que analizaron y tabularon usando un paquete de software estadístico (SPSS), resultando que cierto número de encuestados referencian que la adquisición, el manejo de materiales y la construcción es capaz de generar entre el 0 y el 20% de las fuentes de desechos de la construcción, así mismo otros dos grupos mencionan un rango de 41 a 60% y 81 al 100%, respectivamente (Ikau, Corina Joseph, & Tawie, 2016).

Tipos de Gestión para los Residuos de construcción y demolición

A raíz de la gran acumulación de residuos en depósitos irregulares, se está implementando la reutilización de escombros de concretos. Para esto, se desarrolló dos tecnologías, la primera es la Recuperación en Seco Avanzada (ADR) con el fin triturar los desechos de concreto y obtener agregados reciclados, clasificándolas por su tamaño a partir de partículas gruesas (4-12 mm), finas (0,25-4 mm) y ultrafinas (<0,25 mm), y la segunda, un Sistema de clasificación de aire de calefacción (HAS), en la que combina formas de clasificación térmica y de aire, con el propósito de diferenciar las partículas finas y ultrafinas, dando encuentro a la activación de pasta de cemento. Finalmente, dichos agregados pueden llegar a tener las mismas características físicas y mecánicas que las de un agregado natural (Gebremariam et al. 2020). En la Figura 1, se muestra el procesamiento de los RCD.

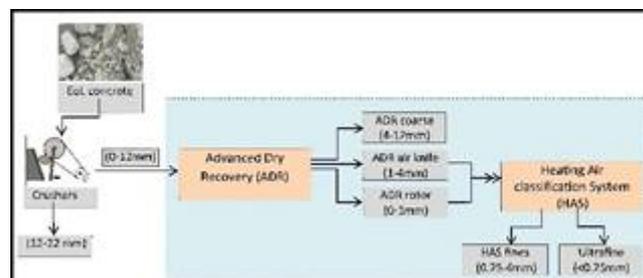


FIGURA 1.

Un boceto del procesamiento de hormigón EoL utilizando tecnologías ADR y HAS.

Gebremariam, A. T., Di Maio, F., Vahidi, A., & Rem, P. (2020). Innovative technologies for recycling End-of-Life concrete waste in the built environment. *Resources, Conservation and Recycling*.

Por otra parte, en el municipio brasileño de Pernambuco (Petrolina), crearon una Planta Procesadora de Escombros, para minimizar la cantidad de residuos, logrando identificar las debilidades y gestionando una buena práctica de recolección y transporte. De la planta procesadora se obtiene una correcta eliminación de los residuos, a pesar de no rendir lo esperado de acuerdo con su capacidad, producto a la falta de calidad del material en cantidad (Vasconcelos et al 2016). En el mismo estado, una empresa brasilera dedicada a la construcción civil desarrolló una propuesta para el sistema de la planificación y control de residuos (PCR), implantando un indicador de funcionamiento, denominándose “Porcentaje de Planes de Control de Residuos 100% Completados (PPCRC)”, teniendo un plan a largo, mediano y corto plazo, eligiendo la construcción de un condominio residencial como proyecto. Dicha propuesta concierne a los desechos producidos durante la ejecución, teniendo como resultado un factible control de los RDC (Stumpf, Kern, & Maciel, 2016).

En China existen partes interesadas en el reciclado de RCD, ya que hay plantas recicladoras que compran estos residuos para reutilizarlos y fabricar otras estructuras para la construcción, pero esto se ve afectado por

la infracción en los altos costos que plantean las políticas de supervisión, como también se solicita que los precios de estas estructuras elaboradas a base de RCD sean pagados a un precio razonable (Su et al. 2020). De igual manera, un subsidio por parte del gobierno a las empresas dedicadas al reciclaje es importante para incentivar el reciclaje de los residuos de construcción. También, una forma de aumentar la cooperación de los recicladores es el incrementar los costos del relleno sanitario, cuando el país no ofrezca alguna recompensa o subsidio (Li & Zhang, 2020).

Otro tipo de solución para gestionar de manera adecuada es la utilización de la metodología BIM, por su gran capacidad y visualización de simulaciones y así plantear las mejores soluciones en el desarrollo de la obra generando menos desperdicios, además que generan algoritmos para la planificación de estos residuos, ya que de esta manera se puede simplificar y reutilizar los RCD en el mismo sitio o fuera de la obra (Guerra, Leite, & Faust, 2020).

La industria de la construcción por sostenibilidad.

Hasta la fecha, se han llevado a cabo diversas investigaciones en cuanto al uso de desechos de construcción, los cuales presentan una limitación en cuanto a sus propiedades en comparación a recursos naturales, lo que genera que solo se utilice un pequeño porcentaje de estos para el desarrollo de materiales de construcción, que conlleva a adicionar aditivos como cal, cemento, cenizas, etc., a estos residuos para mejorar sus características y que tengan mayor tiempo de vida (Vidyashree, Mamath, & Dinesh, 2020). Sin embargo, en España utilizan de estos residuos en capas de carreteras, obteniendo como resultado un comportamiento admisible y un ciclo de vida adecuado para ser utilizados en este aspecto, a través de la determinación de sus características mecánicas y fisicoquímicas. Además, que al realizar una correcta selección de RCD, existe menor contaminación del ambiente, comparado con el uso de agregados naturales para la conformación de la estructura de los pavimentos (Agrela et al. 2020).

(Hameed & Hamza, 2019), fabricaron un hormigón polímero utilizando RCD, entre ellos desperdicios de concreto, cerámicas, bloques de concreto, arena de río y natural, como remplazo de los agregados y resina de poliéster insaturado en lugar de cemento, en porcentajes de 20%, 25% y 30%. Dichas mezclas fueron sometidas a ensayos físicos y mecánicos, demostrando una reducción en la densidad aparente a medida que se aumenta la cantidad de resina, teniendo como valor mínimo 1,6 gr/cm³ y máximo de 1,8 gr/cm³, al emplear 30% y 20% de resina polimérica respectivamente, además del 70% de arena de río. Lo contrario ocurre con los ensayos mecánicos, que presentó una resistencia a la compresión máxima de 132 MPa empleando 30% de resinas y desechos de cerámicos (70%). Y una resistencia mínima de 28 Mpa, usando residuos de concreto (80%). Además, evidencia una máxima resistencia a la flexión de 31,85 Mpa, al emplear los distintos agregados. Las mezclas realizadas con cemento ordinario y arena natural tienen un valor de densidad de 1,95 gr/cm³ y flexión 4,84 Mpa.

CONCLUSIONES

anto las plantas procesadoras de residuos, como los otros métodos y lineamientos dispuesto por los

Tanto las plantas procesadoras de residuos, como los otros métodos y lineamientos dispuesto por los gobiernos van actualizándose constantemente y todos conllevan a un mismo fin de reciclar.

Entre las diferentes formas para minimizar el impacto ambiental, se destaca el uso de las dos tecnologías, que son: recuperación en seco avanzada (ADR) y el sistema de clasificación de aire de calefacción (HAS) para la trituración y reducción del tamaño de los RCD, teniendo agregados reciclados. Presentando una calidad razonable muy parecida a los agregados natural, con la única limitación que es su alta absorción de agua y baja densidad. Puesto que, al desarrollar un concreto con estos agregados reciclados obtenidos en esta gestión, se

tuvo un 68,2 Mpa como valor a la resistencia a la compresión, que es muy cercano a los 72 Mpa que resulta de un concreto convencional.

Así mismo, emplear la metodología BIM es una medida muy útil para gestionar todo proyecto de construcción, puesto que genera menor cantidad de desperdicios.

Estas tecnologías, en general, tienen potencial para aumentar la sostenibilidad y, por lo tanto, ecologizar el sector de la construcción. Esta es una contribución conveniente al desarrollo sostenible y un gran paso hacia el ciclo de reciclaje en el sector de la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrela, F., Díaz López, J. L., Rosales, J., Cuenca Moyano, G. M., Cano, H., & Cabrera, M. (2020). Environmental assessment, mechanical behavior and new leaching impact proposal of mixed recycled aggregates to be used in road construction. *Journal of Cleaner Production*, 280, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124362>.
- Brasileiro, L. L., & Mato, J. M. (2015). Literature review: reuse of construction and demolition waste in the construction industry. *Ceramics*, 61(358), 178-189. <https://doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>.
- Comisión Europea. (2017). Resource Efficient Use of Mixed Wastes Improving management of construction and demolition waste. Brussels. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/waste/>
- Contreras, Teixeira, S., Lima, L., Cardoso, Silva, D., Gregório, G., . . . 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, <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.044>.
- Cruz, A., Calderon, E., Franca, B., Réquia, W., & Gioda, A. (2019). Evaluación del impacto de los juegos Olímpicos Río 2016 en la ciudad del aire en la ciudad de Rio de Janeiro, Brasil. *Atmos Environ*, 203, 206-215.
- Gebremariam, A. T., Di Maio, F., Vahidi, A., & Rem, P. (2020). Innovative technologies for recycling End-of-Life concrete waste in the built environment. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104911>.
- Guerra, B. C., Leite, F., & Faust, K. M. (2020). 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. *Waste Management*, 116, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.035>.
- Gul, P., Atilla, D., Harun, T., & Gurgun, A. P. (2017). Identification of root causes of construction and demolition (C&D). *Procedia Engineering*, 196., 948 – 955. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.035>.
- Hameed, A., & Hamza, M. (2019). Characteristics of polymer concrete produced from wasted construction materials. *Energy Procedia*, 157, 43-50. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.162>.
- Ikau, R., C. J., & Tawie, R. (2016). Factors Influencing Waste Generation in the Construction Industry in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 234, 11–18. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.213>.
- Jayatheja, M., Guharay, A., Kar, A., & Kumar Suluguru, A. (2020). Building Derived Materials—Sand Mixture as a Backfill Material. *Sustainable Environment and Infrastructure. Lecture Notes in Civil Engineering*, 90, 437-446. http://doi.org/10.1007/978-3-030-51354-2_40.
- Kabirifar, K., Mohammad, M., Wang, C., & Tam, V. (2020). Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121265, <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121265>.
- Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., . . . Haberl, H. (2017). Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1880-1885. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1613773114>
- Li, M., & Zhang, L. (2020). Evolutionary game analysis of construction waste recycling management in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104863>.

- Liu, J., Yi, Y., & Wang, X. (2020). Exploring factors influencing construction waste reduction: A structural equation modeling approach. *Journal of Cleaner Production*, 276(10), <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123185>.
- Mao, R., Duan, H., Gao, H., & Wu, H. (2016). Characterizing the Generation and Management of a New Construction Waste in China: Glass Curtain Wall. *Procedia Environmental Sciences*, 31, 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.027>.
- Olanrewaju, S. D., & Ogunmakinde, O. E. (2020). Waste minimisation strategies at the design phase: Architects' response. *Waste Management*, 118, 323-330. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.045>.
- Patty, R., Bera, D., & Rath, A. (2020). Strategies for construction and destruction (C&D) waste management. *Recent Developments in Sustainable Infrastructure. Lecture Notes in Civil Engineering*, 75, 879-889, http://doi.org/10.1007/978-981-15-4577-1_74.
- Peixoto Rosado, L., Vitale, P., Pentead, & Arena, U. (2019). Life cycle assessment of construction and demolition waste management in a large area of São Paulo State, Brazil. *Waste Management*, 85, 477-489, <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.011>.
- Sekkel, A., Mostefa Kara, E., Klouche, F., & Bireche, S. (2020). Valorization of concrete waste in swelling clay's treatment. *Innovative Infrastructure Solutions*, 6(10), <http://doi.org/10.1007/s41062-020-00373-0>.
- Shahzad Aslam, M., Huang, B., & Cui, L. (2020). Review of construction and demolition waste management in China and Usa. *Journal of Environmental Management*, 264, <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110445>.
- Soni, N., & Shukla, D. K. (2021). Analytical study on mechanical properties of concrete containing crushed recycled coarse aggregate as an alternative of natural sand. *Construction and Building Materials*, 266, <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120595>.
- Stumpf, M., Kern, A., & Maciel, T. (2016). Propuesta de un sistema de planificación y control de residuos en la construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 31(2), <http://doi.org/10.4067/S0718-50732016000200004>.
- Su, Y., Si, H., Chen, J., & Wu, G. (2020). Promoting the sustainable development of the recycling market of construction and demolition waste: A stakeholder game perspective. *Journal of Cleaner Production*, 277, <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122281>.
- Torres, A., Brandt, J., Lear, K., & Liu, J. (2017). A looming tragedy of the sand commons. *Science*, 357(6355), 970-971. <https://doi.org/10.1126/science.aao0503>.
- Vasconcelos e Freita, C. L., Leite dos Santos, V. M., dos Santos, J. E., & Carvalho da Silva, T. C. (2016). A case study in waste processing plant in petrolina-PE. [Reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD): Um estudo de caso na usina de beneficiamento de resíduos de Petrolina-PE]. *Revista De Gestao Social e Ambiental*, 10(1), 93-109. <http://doi.org/10.24857/rgsa.v10i1.1121>.
- Vidyashree, V. K., Mamath, K. H., & Dinesh, S. V. (2020). Strength Characteristics of Cement-Stabilized Recycled Asphaltic Pavement (RAP) for Pavement Applications. *Recent Trends in Civil Engineering*, 77, 351-361. http://doi-org-443.webvpn.fjmu.edu.cn/10.1007/978-981-15-5195-6_28.