



Valorización de residuos de pavimento de hormigón en la elaboración de nuevos hormigones

INTRODUCCIÓN

En uno de los últimos informes del panel intergubernamental para el cambio climático se ha puesto de manifiesto la necesidad imperiosa de disminuir con urgencia las emisiones de gases de efecto invernadero para que la vida humana, tal como la conocemos, continúe siendo viable en el planeta (IPCC 2018). En dicho informe y en línea con las estrategias de la Unión Europea se señala a la industria de la construcción como uno de los sectores en donde las medidas a adoptar para disminuir la huella ambiental impactan de manera más favorable. En Argentina, la industria de la construcción es una de las tres que más emisiones de CO₂ genera, con un incremento del 68% respecto de lo que se emitía

en el año 1990 (Crippa et al 2020). Para lograr la sostenibilidad en la industria de la construcción, la minimización y utilización de los residuos generados constituye una práctica ineludible. En esta dirección, en el campo de la investigación una de las temáticas más abordadas en los últimos años es la utilización de residuos de construcción y demolición (RCD) como materia prima para la producción de nuevos bienes de consumo. El uso de RCD permitiría entonces un doble beneficio ambiental: disminución de los volúmenes de vertidos generados y de las materias primas naturales a las cuales reemplazan.

Respecto a la disminución de materias primas, a nivel mundial, aproximada-

mente 40 billones de toneladas anuales de arena y roca eran utilizadas en la elaboración de hormigones ya en el año 2014 (Tam et al 2018). En particular, el impacto ambiental y social de la extracción indiscriminada de arenas de río causa una reacción en cascada exacerbando los efectos de tsunamis e interviniendo negativamente en la pesca y cultivos a la vez que incrementa los niveles de salinización del agua (Bendixen et al 2019). En adición, numerosos estudios indican que el nivel de extracción de arenas supera ampliamente aquel para el cual puede alcanzarse la sostenibilidad (Best 2018, Filho et al 2021).

La disminución de los residuos generados es otro beneficio de la utilización de RCD. Si bien a priori los RCD pueden ser considerados inertes, diversos estudios han informado acerca de emisiones gaseosas (principalmente compuestos de sulfuro) y contaminación potencial del agua subterránea por lixiviado en vertederos (Akanbi et al 2018, Alsheyab 2021). Además, las grandes superficies ocupadas para su disposición generan un costo económico debido al desperdicio de suelo productivo. Las estimaciones de diversos países reflejan que entre el 25 y el 67% del total de los residuos sólidos generados corresponden a RCD (Gálvez-Martos e Istrate 2020, Chen et al 2021).

SITUACIÓN EN ARGENTINA

En Argentina las únicas estadísticas integrales disponibles respecto a la generación de RCD provienen del Observatorio Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU). En su

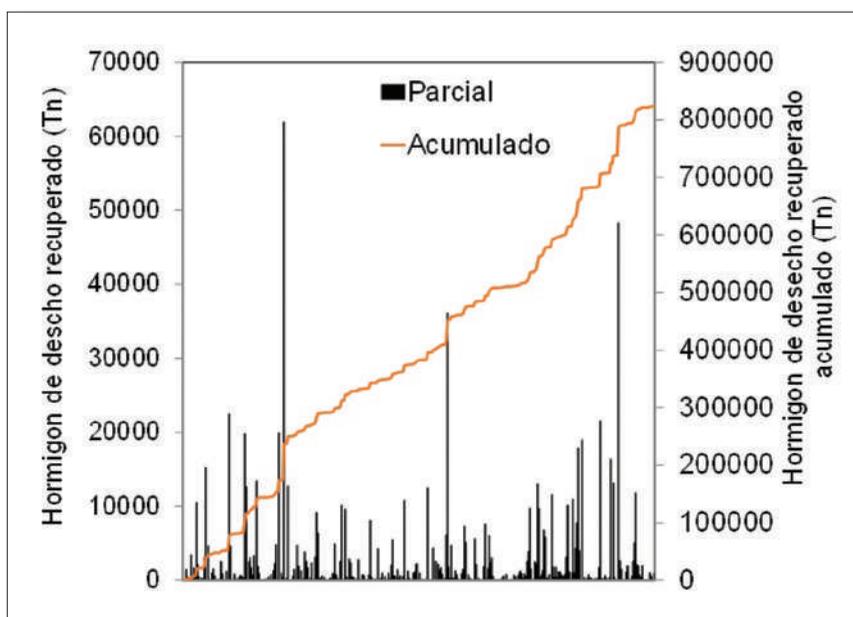


Figura 1. Residuos recuperados de Hormigón por Fenomix S.A.

último informe de gestión se informa que sólo el 3% del total de residuos sólidos generados corresponde a RCD. En el desagregado de datos (ENGIRSU 2021) se observa que sólo las provincias de Buenos Aires, Chubut y Rio Negro junto con la ciudad autónoma de Buenos Aires informan sobre la generación de RCD, siendo la misma 2,6; 1,0; 1,6 y 2,0% respectivamente del total de residuos sólidos generados. En tanto que en las restantes provincias no presentan informes (Córdoba y Santa Fe), no se realizaron estudios de caracterización de residuos (La Rioja, Catamarca, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Misiones, Neuquén, San Juan, San Luis, Santa Cruz, Santiago del Estero, Tierra del Fuego y Tucumán) o bien los RCD no se encuentran discriminados entre los residuos sólidos generados (Jujuy, La Pampa, Mendoza y Salta). Sin embargo, esto no significa que haya una gestión eficiente en el tratamiento de dichos residuos. Por el contrario, la baja tasa de generación mencionada es producto de una deficiencia en la cuantificación, hecho que se produce en parte porque la actividad de recuperación y utilización de los RCD no se encuentra regulada (Altamira et al 2018).

En nuestro país los RCD son considerados por Ley (N° 24051/91 y N° 25916/04) como residuos no especiales, es decir, residuos sólidos urbanos. Consecuentemente es cada municipio el encargado de regular su gestión. Existen actualmente 1298 municipios en el país y sólo un puñado de ellos (Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Vicente López, Neuquén, San Juan) posee ordenanzas específicas para la gestión y disposición final de RCD. No obstante, con excepción de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (en donde existe una planta de tratamiento de RCD y se regula su disposición final) y otros municipios donde existen escombreras municipales con diferentes niveles de regulación del vertido (Piedra Blanca -ER-, San Juan, Villa Mercedes, Río Cuarto, General Roca y San Martín -Mz-), en la generalidad de los municipios se establece la prohibición de verter dichos residuos en zonas específicas, sin indi-



Figura 2. Trituración de residuos de hormigón.

car de forma taxativa los modos y sitios para la disposición final. En adición, a pesar de ser un residuo domiciliario, los RCD están excluidos de la recolección formal cuando los volúmenes superan el metro cúbico. Para volúmenes mayores la gestión de RCD se debe realizar a través de empresas volqueteras que poseen una alta tasa de informalidad. Debido a la falta de regulación y al cobro de tasas de vertido en los canales formales, tales como el CEAMSE o escombreras municipales (donde las hay), el destino final de estos residuos son vertederos ilegales en los que se cobra una tasa mensual por el vertido del material, en estos vertederos ningún tipo de control es aplicado a los residuos (Altamira et al 2018). Una consecuencia directa de los caminos informales de gestión es la escasez de estadísticas oficiales sobre la cantidad y clasificación de los RCD generados, y debido a ello el fuerte contraste que existe entre los porcentajes de generación informados a nivel nacional (3%) y a nivel global (entre 25 y 67%).

USOS DE LOS RCD

A nivel mundial el principal empleo de RCD se da es en la elaboración de hormigones. En particular aquellos RCD

provenientes de hormigones de desecho han mostrado una gran viabilidad técnica y económica en su empleo como reemplazo del agregado natural en la producción de nuevos hormigones (Shaboury et al 2019). Su utilización para tal fin presenta un gran potencial técnico, económico y medioambiental, por cuanto el hormigón es uno de los materiales más masivamente utilizados del planeta, a la vez que genera del orden de 3 billones de toneladas/año de RCD (Akhtar y Sarmah 2018). El empleo de este tipo de agregados en el hormigón podría reducir su huella de carbono del hormigón en hasta un 23% (Estanqueiro et al. 2016), lo cual tendría grandes implicancias medioambientales.

En Argentina la utilización de hasta un 20% de la fracción gruesa (tamaño mayor a 4,75 mm) de los RCD, siempre que estos provengan de desechos de hormigón, para la producción de hormigones está contemplado en la normativa vigente (IRAM 1531) y en el Pliego de Viabilidad Nacional (2017). A pesar de ello, existen grandes falencias en la forma de gestión, caracterización y utilización de los RCD en general como de los residuos de hormigón en particular. La falta de



Figura 3. Trituración de la pista de aterrizaje del aeropuerto Jorge Newbery (Gerber 2019)

pistas del Aeropuerto internacional Jorge Newbery. En el año 2011 la reconstrucción de la pista 13-31 implicó la demolición de más de 30.000 m² de hormigón, equivalentes a 28.800 tn de residuo (**Figura N° 3**). Considerando únicamente el transporte, el uso de AR generó un ahorro de 218 tn de CO₂ respecto a la utilización de agregado natural (Gerber 2019).

una única normativa o legislación para una correcta gestión de los RCD a nivel nacional ocasiona diferentes inconvenientes. Por un lado, imposibilita que se realice un tratamiento eficaz de los mismos al ser heterogéneos los sistemas de gestión comprendidos localmente, lo que disminuye su posibilidad de reutilización (PBA 2021). Por otro lado, minimiza la magnitud de la problemática al desconocerse los volúmenes de residuos generados, vertidos y reutilizados. En tal sentido, la agencia medioambiental europea (EEA 2020) señala que la falta de normativa y especificaciones es una de las principales barreras para la valorización de los RCD. La implementación de leyes, normativas y guías de especificaciones han incrementado significativamente la utilización de RCD en la Unión Europea.

o utilizados en su línea de hormigones sustentables.

Loma Negra Informa que los hormigones sobrantes de desechos en sus plantas representan del orden de las 1300-1500 toneladas cada mes (Gerber 2018). Si dichos residuos no fueran valorizados la necesidad de espacios para su disposición constituiría un problema de magnitud, siempre que los mismos no sean depositados de manera ilegal.

Existen pocos datos disponibles respecto a la utilización de agregados reciclados provenientes de hormigón para la elaboración de hormigones a escala industrial.

Una de las experiencias a escala industrial de las cual se dispone de datos surge de la reconstrucción de una de las

Desde el año 2011 al 2018 cerca de 30.000 tn de AR fueron utilizadas para la elaboración de hormigón en pequeños porcentajes (3,7% en promedio) en reemplazo del agregado natural por parte de Loma Negra. El reemplazo parcial del agregado natural por AR proveniente de la trituración de hormigones para la elaboración de hormigón no solo proporciona beneficios ambientales, sino que puede traer aparejado una disminución de costos. En la **Figura N° 4** se presenta una comparativa de costos de los agregados naturales y reciclados de distintos tamaños. En experiencias, a escala industrial en el empleo de AR para la elaboración de hormigón desde el año 2011 al 2018 Gerber (2019) reporta una reducción de aproximadamente USD 5 cada m³ de hormigón elaborado.

EXPERIENCIAS DE USO EN ARGENTINA

Desde hace algunos años algunas empresas hormigoneras han tomado la iniciativa no solo de reaprovechar sus propios residuos de hormigón sino de captar residuos de pavimentos que han culminado su vida en servicio. En la **Figura N° 1** se presentan los datos aportados por Fenomix S.A. de residuos de hormigón captados de diferentes orígenes solo en su planta de San Fernando. Se puede observar en el gráfico que desde el año 2016 a la fecha han recuperado más de 824.000 tn de residuo. El residuo recuperado es sometido a un proceso de trituración en planta (**Figura N° 2**) obteniendo agregados reciclados de diferentes fracciones las cuales son o bien comercializadas para estabilizado

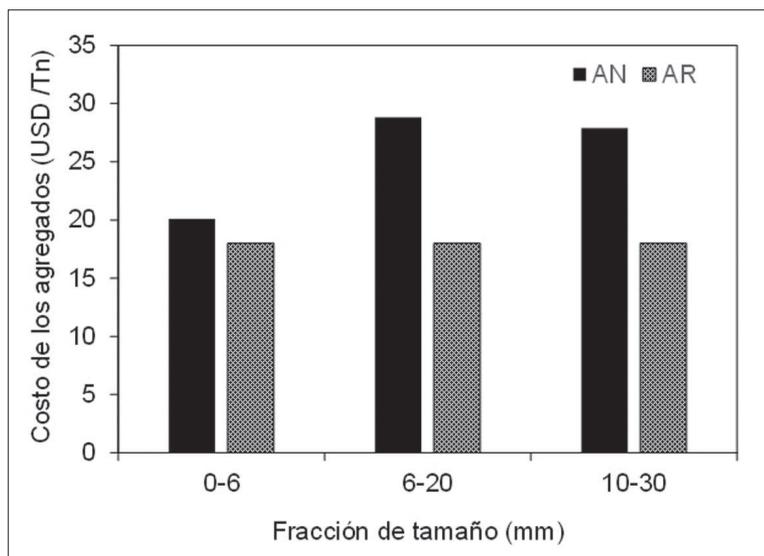


Figura 4. Costos de los agregados. Adaptado de Gerber 2019.

CONSIDERACIONES FINALES

A pesar que el uso de AGR está contemplado en la normativa vigente, en el pliego de Vialidad Nacional se observa una notable ausencia de especificaciones para los procesos de recuperación, trituración, separación, acopio, caracterización, evaluación y parámetros técnicos para la utilización de los AR generados. Análogamente, en la mayoría de las direcciones de vialidades provinciales, así como también en los municipios, tales especificaciones son inexistentes. La falta de un marco regulatorio general imposibilita que se realice un tratamiento eficaz de los mismos al ser heterogéneos los sistemas de gestión comprendidos localmente, lo que disminuye su posibilidad de reutilización (PBA 2021). Por otro lado, también minimiza la magnitud de la problemática al desconocerse los volúmenes de residuos generados, vertidos y reutilizados.

Resulta necesario entonces unificar los criterios para el tratamiento integral de los residuos de hormigón de pavimento, tendiendo a proveer guías técnicas que permitan optimizar las prácticas disponibles actualmente para la gestión integral y valorización de dichos residuos. La intervención del estado para generar el marco regulatorio de los RCD en general y los residuos de hormigón en particular resultan imprescindibles para garantizar el crecimiento de las tasas de reciclaje. En tal sentido, existen a nivel internacional numerosos documentos que abordan las mejores prácticas desde el estado para regular la gestión de RCD. Los lineamientos comunes para una buena gestión de los RCD de dichos documentos incluyen:

- ✓ Involucrar a las partes interesadas de la industria de la construcción local, los principales promotores, las asociaciones, las ONG y los departamentos de la administración pública pertinentes, incluidas las organizaciones regionales.
- ✓ Establecer requisitos mínimos de clasificación y gestión de residuos en obras

de construcción de cierto tamaño.

- ✓ Establecer objetivos para el reciclaje en años venideros con mecanismos de seguimiento adecuados.
- ✓ Proporcionar documentos técnicos a modo de guía, especialmente para las PYME y los productores muy pequeños.
- ✓ Identifica y cuantifica las necesidades de recogida y tratamiento.
- ✓ Identifica oportunidades de reciclaje y proporcionar marcos realistas para la industria para su implementación.

REFERENCIAS

- Alsheyab, M. A. T. (2021). Recycling of construction and demolition waste and its impact on climate change and sustainable development. *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03217-1>
- Altamira C., Sosa M.E., Zega C., Reciclaje de los residuos de la construcción y demolición en Argentina, *Ciencia y Tecnología de los Materiales, LEMIT*, N° 8, (2018) 21-30.
- Akanbi, L.A., Oyedele, L.O., Akinade, et al. (2018). Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. *Resources Conservation and Recycling*, 175-186. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.026>
- Akhtar, A., Sarmah, A.K. (2018). Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.085>
- Bendixen, M., Hackney, C., Iversen, L.L. (2019). Time is running out for sand. *Nature*. 29-31. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02042-4>
- Best, J. (2018). Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience*, 12 (1), 7-21. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0262-x>
- Chen, K., Wang, J., Yu, B. et al. (2021). Critical evaluation of construction and demolition waste and associated environmental impacts: A scientometric analysis. *Journal of Cleaner Production*. 125071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125071>
- Crippa, M. et al., Guizzardi, D., Muntean, M. (2020). Fossil CO2 emissions of all world countries – 2020 Report. JRC121460, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 244 pp. <https://doi.org/10.2760/56420>
- EEA 2020. Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy. Report of European Environmental Agency. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges>
- Estanqueiro, B., Silvestre, J.D., de Brito, J.D., Pinheiro, M.D. (2016). Environmental life cycle assessment of coarse natural and recycled aggregates for concrete. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. 22 (4), 429-449. <https://doi.org/10.1080/19648189.2016.1197161>
- Filho, W.L., Hunt, J., Lingos, A., et al (2021). The Unsustainable Use of Sand: Reporting on a Global Problem. *Sustainability*, 13 (6), 3356. <https://doi.org/10.3390/su13063356>
- Gálvez-Martos, J.L., Istrate, L.R. (2020). Construction and demolition waste management. *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling*, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 51-68. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819055-5.00004-8>
- Gerber, Q.F. (2019). Utilización de agregados reciclados a escala industrial: evolución y aprendizaje de 8 años en el hormigón elaborado. Workshop sobre Gestión y Valorización sobre Residuos de Construcción y Demolición (RCD), La Plata, Junio 2019.
- Shaboury, N.E., Abdelhamid, M., Marzouk, M. (2018). Framework for economic assessment of concrete waste management strategies. *Waste Management and Research*. 37 (3), 268-277. <https://doi.org/10.1177/0734242X18815962>
- Tam, V., Soomro, M., Catarina, A., et al. (2018). A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). *Construction and Building Materials*, 272-292. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240> 🍌