

## PROPIEDADES DE AGREGADOS FINOS RECICLADOS Y SU RELACIÓN CON EL HORMIGÓN DE ORIGEN

María E. Sosa<sup>1</sup>, Claudio J. Zega<sup>2</sup>, Ángel A. Di Maio<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LEMaC -CITEMA, CONICET, Av. 60 y 124, Berisso, [ingmesosa@gmail.com](mailto:ingmesosa@gmail.com)

<sup>2</sup> LEMIT, CONICET, 52 e/121 y 122, La Plata, [cj.zega@conicet.gov.ar](mailto:cj.zega@conicet.gov.ar)

<sup>3</sup> LEMIT, 52 e/121 y 122, La Plata, [hormigones@lemit.gov.ar](mailto:hormigones@lemit.gov.ar)

### RESUMEN

---

Existe en la actualidad un gran interés en el empleo de los agregados finos reciclados (AFR) en la elaboración de hormigones. Ello se debe a la sustentabilidad soslayada a nivel mundial en la extracción de arenas y a la necesidad de un tratamiento integral de los residuos de hormigón. El AFR resulta un remanente debido al empleo de la fracción gruesa del agregado reciclado, lo cual es una práctica que en Argentina ya se encuentra contemplada en la normativa. Los AFR presentan características distintivas frente a los agregados naturales. Es esperable que las propiedades del hormigón de origen determinen la calidad de los AFR. En este trabajo se presenta el programa experimental propuesto para determinar la vinculación de las características de distintos AFR con las propiedades del hormigón del cual provienen.

**Palabras claves:** agregados finos reciclados, absorción de agua, hormigón de origen, reciclado.

### INTRODUCCIÓN

En estudios recientes se ha manifestado la necesidad imperiosa de disminuir, como mínimo un 45 %, las emisiones de gases de efecto invernadero antes del año 2030 para que la vida humana continúe siendo viable en el planeta [1]. Así, toda práctica que contribuya a disminuir la huella de carbono, en cualquiera de las actividades humanas, resulta imprescindible para poder satisfacer el objetivo propuesto [1]. En el mismo informe, y en línea con las estrategias de la Unión Europea [2], 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 tal sentido, para lograr la sostenibilidad en tal industria, la minimización y reutilización de los residuos generados constituye una práctica ineludible.

En esta dirección, una de las temáticas más abordadas en los últimos años en el campo de la investigación es la utilización de agregados finos reciclados (AFR), provenientes de la trituración de hormigones de desecho, en la elaboración de hormigones. Dicha práctica permite entonces un doble beneficio ambiental: una disminución de los volúmenes de vertidos generados y la reducción en la demanda de los materiales primas naturales a las cuales reemplazan. Respecto a este último hecho, en el año 2008 la Unión Europea informó que la producción de agregados empleados sólo en la elaboración de hormigón fue de tres mil millones de toneladas [3]. A nivel mundial, aproximadamente 17 mil millones de toneladas anuales de arena y roca eran utilizadas en la elaboración de hormigones ya en el año 2016 [4]. La enorme demanda de agregados pone el foco en la disponibilidad de esta materia prima en los años venideros.

La escasez de agregados naturales y el daño ambiental y social que produce su extracción alertan a los expertos en la materia. Numerosos estudios indican que el nivel de extracción supera ampliamente aquel para el cual puede alcanzarse la sostenibilidad [5-7]. 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 además negativamente en la pesca y cultivos, a la vez que incrementa los niveles de salinización del agua [7-9].

Respecto al vertido de los residuos de hormigón, si bien a priori pueden ser considerados inertes, diversos estudios han informado acerca de emisiones gaseosas, principalmente compuestos de sulfuro [10], y contaminación potencial del agua subterránea por lixiviado en vertederos [11]. Además, las grandes superficies ocupadas para su disposición y la falta de control de los vertederos generan un costo económico debido al desperdicio de suelo productivo. Estos hechos refuerzan el interés por el reciclaje de dichos residuos.

Surge así que los AFR se presentan como una potencial fuente de agregados para la industria del hormigón elaborado, mitigando el impacto ambiental causado por la extracción de agregados naturales y disminuyendo a su vez los volúmenes de material a disponer en vertederos. Al respecto, en Argentina, el reemplazo parcial del agregado natural por reciclado para la producción de hormigones está contemplado en la normativa vigente (IRAM 1531), permitiéndose la utilización de hasta un 20 % de la fracción gruesa (tamaño mayor a 4,75 mm) siempre que provengan de desechos de hormigón. La fracción fina del residuo no puede ser utilizada en la elaboración de hormigones, generando un tratamiento parcial de los residuos de hormigón. Esto es contrario a estudios realizados en la temática que han concluido sobre la viabilidad técnica del empleo del AFR [12-18].

En tal sentido, para lograr también la utilización de AFR en hormigones es necesario un conocimiento profundo de sus propiedades y las variables que las modifican. Los AFR presentan en su composición contenidos variables de pasta de cemento hidratada. Dicha pasta es responsable de la menor densidad y durabilidad y la mayor absorción de estos agregados en comparación con los agregados finos naturales [19-21]. Es posible que la calidad y contenido de pasta guarden relación con las propiedades de los AFR. A pesar que una gran cantidad de estudios señalan que las propiedades del hormigón que da origen a los AFR determinan la calidad de los mismos [22-23], son escasos los estudios que las vinculan con propiedades de los AFR.

El objetivo del plan propuesto es hallar una vinculación entre las propiedades de distintos AFR con las de los hormigones de los cuales provienen, a fin de determinar las principales variables que definen la calidad de los AFR. De ello surgirán también los métodos más adecuados para establecer o cuantificar la calidad.

## **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

### **Metodología**

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se triturarán 12 hormigones de propiedades conocidas. Las variables contempladas en los hormigones serán el tipo de cemento, mineralogía del agregado grueso, clase resistente y parámetros durables tales como absorción, velocidad y capacidad de succión capilar.

El proceso de trituración será igual para los distintos hormigones bajo estudio, a fin de que el mismo no constituya una variable al momento de estudiar las propiedades del AFR. Para ello se emplearán dos trituradoras de mandíbulas con distintos tamaños de apertura y salida del material.

A cada uno de los AFR producidos se los caracterizará mediante los ensayos comúnmente utilizados para los agregados finos naturales, incluyendo: distribución de tamaños de partícula (IRAM 1505), densidad y absorción de agua (IRAM 1520), partículas menores a 75  $\mu\text{m}$  (IRAM 1540), durabilidad frente al ataque por sulfato de sodio (IRAM 1525) y determinación del contenido de pasta (ASTM 1084). Complementariamente se evaluarán otros parámetros característicos de los agregados finos, tales como el ángulo de fricción interna, absorción de agua mediante el método eléctrico [24].y volumen de vacíos [25].

Cada propiedad evaluada en los AFR será vinculada con las distintas variables que fueran consideradas para los hormigones, con el fin de determinar aquellas que presenten una influencia mayor en las propiedades de los AFR.

## RESULTADOS ESPERABLES

A través del análisis de distintas propiedades de los AFR que se obtengan a partir de la trituración de hormigones de distintas características se espera obtener una cuantificación cuali-cuantitativa de vinculación entre ambos. Tales resultados permitirían, a priori, establecer la calidad del AFR obtenido a partir de conocer las características del hormigón a reciclar.

## REFERENCIAS

- [1] IPCC, "Summary for Policymakers", In: Global Warming of 1.5°C, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, (2018), 32p.
- [2] COM/2014/0445, "Resource Efficiency Opportunities in the Building Sector", Communication from the commission to the European Parliament, (2014).
- [3] European Environment Agency, "Effectiveness of Environmental Taxes and Charges for Managing Sand, Gravel and Rock Extraction in Selected EU Countries", EEA Report No. 2/2008, SchultzGrafisk, Copenhagen, (2008).
- [4] Miller S, Horvath A, Monteiro PJM, "Readily implementable techniques can cut annual CO<sub>2</sub> emissions from the production of concrete by over 20%", Environmental Research Letters, 11 (7), (2016), 074029.
- [5] Sutherland WJ, Butchart SHM, Connor B, Culshaw C, Dicks LV, Dinsdale J, et al, "A 2018 Horizon Scan of Emerging Issues for Global Conservation and Biological Diversity", Trends in Ecology & Evolution. 33 (1), (2017), 47-58.
- [6] Torres A, Brandt J, Lear K, Liu J, "A looming tragedy of the sand commons", Science, 357, (2017), 970-971.
- [7] Best J, "Anthropogenic stresses on the world's big rivers", Nature Geoscience, 12 (1), (2018), 7-21.
- [8] Bendixen M, Hackney C, Iversen LL, "Time is running out for sand", Nature (2019), 29-31.
- [9] Lee S, Xu Q, Booth M, Townsend T, Chadik P, Bitton G, "Reduced sulfur compounds in gas from construction and demolition debris landfills", Waste Management, 26, (2006), 526-533.
- [10] Weber W, Jang Y, Townsend T, Laux S, "Leachate from land disposed residential construction waste", Journal of Environmental Engineering, (2002), 237-245.
- [11] Sosa ME, Zega CJ, Di Maio AA, "Influence of fine recycled aggregate on compressive strength, static modulus of elasticity and drying shrinkage of concretes", Conferencia Internacional sobre Hormigón Estructural Sostenible, La Plata, Argentina, (2015), 311-319.
- [12] Sosa ME, Villagrán Zaccardi YA, Zega CJ, "Durability of recycled aggregate concrete: another cinderella tale", Memorias de la 72<sup>nd</sup> RILEM WEEK 2018 & SLD4, Delft, Netherlands, (2018), 820-830.
- [13] Sosa ME, Villagrán Zaccardi YA, Zega CJ, Di Maio AA, "Influence of total and effective water-cement ratio on compressive strength of concretes made with fine recycled concrete aggregates", IV Int. Conf. Progress of Recycling in the Built Environment, Eds. Martins IM, Ulsen C, Villagrán Y, Lisbon, Portugal, (2018), 390-397.
- [14] Geng Y, Zhao M, Yang H, Wang H, "Creep model of concrete with recycled coarse and fine aggregates that accounts for creep development trend difference between recycled and natural aggregate concrete", Cement and Concrete Composite, 103, (2019), 303-317.

- [15] Nili M, Sasanipour H, Aslani F, "The effect of fine and coarse recycled aggregates on fresh and mechanical properties of self-compacting concrete", *Materials*, 12 (7), (2019), p1120.
- [16] Djelloul OK, Menadi B, Wardeh G, Kenai S, "Performance of self-compacting concrete made with coarse and fine recycled concrete aggregates and ground granulated blast-furnace slag", *Advances in Concrete Construction*, 6 (2), (2018), 101-121.
- [17] Velay-Lizancos M, Martinez-Lage I, Azenha M, Granja J, Vazquez-Burgo P, "Concrete with fine and coarse recycled aggregates: E-modulus evolution, compressive strength and non-destructive testing at early ages", *Construction and Building Materials*, 193, (2019), 323-331.
- [18] Ravindrarajah SR, Tam TC, "Properties of concrete made with crushed concrete as coarse aggregate", *Magazine of Concrete Research*, 130 (37), (1985), 29-38.
- [19] Evangelista L, de Brito J, "Criteria for the use of fine recycled concrete aggregates in concrete production", *Memorias de la conferencia internacional RILEM: The Use of Recycled Materials in Building and Structures*, RILEM, Barcelona, España, (2004), 503-510.
- [20] Ulsen C, Kahn H, Hawlitschek G, Masini EA, Angulo SC, "Production of recycled sand from construction and demolition waste", *Construction and Building Materials*, 40, (2013), 1168-1173.
- [21] Zhao Z, Remond R, Daminot D, Xu W, "Influence of hardened cement paste content on the water absorption of fine recycled concrete aggregates", *Journal on Sustainable Cement-Based Materials*, 2 (3), (2013), 186-203.
- [22] Evangelista L, Guedes M, de Brito J, Ferro AC, Pereira MF, "Physical, Chemical and Mineralogical Properties of Fine Recycled Aggregates Made from Concrete Waste", *Construction and Building Materials*, 86, (2015), 178-188.
- [23] Ulsen C, Kahn H, Hawlitschek G, Masini EA, Angulo SC, "Separability studies of construction and demolition waste recycled sand", *Waste Management*, 33 (3), (2012), 656-662.
- [24] Carrizo L, Sosa ME, Zega CJ, Villagrán Zaccardi YA, "Determinación efectiva del estado saturado a superficie seca en arenas de trituración", En: 21º Reunión Técnica de la AATH, Salta, Argentina, (2016), 415-422.
- [25] AASHTO T 304, "Uncompacted Void Content of Fine Aggregate", AASHTO International, (2015).