

Propiedades tecnológicas de un agregado cerámico liviano (ACL) comercial nacional

Technological properties of national commercial lightweight expanded clay aggregate (LECA)

Presentación: 4 y 5 de Octubre de 2022

Doctoranda

Evelin Sosa Fabré

CETMIC, Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CONICET La Plata - CIC PBA - UNLP). Camino Centenario y 506, CC 49, (B1897ZCA), M. B. Gonnnet, Buenos Aires, Argentina.
esosafabre@cetmic.unlp.edu.ar

Director:

Nicolás M Rendtorff

Codirectora:

Anabella Mocchiari

Resumen

El presente trabajo representa una primera aproximación a las propiedades de un agregado cerámico liviano (ACL) nacional que se encuentra en el mercado local. Se estudiaron 5 grupos de agregados, clasificados en base a su color y morfología. Se tomaron imágenes digitales con LUPA del interior de los ACL para describir la microestructura. Se determinó la textura y se identificaron las fases mineralógicas desarrolladas a causa del proceso de sinterizado. Los resultados obtenidos permitieron definir estrategias preliminares de selección de la materia prima, optimización del proceso de conformado y sinterizado para la fabricación de ACL con características homogéneas y que atiendan a las necesidades de diversas aplicaciones como uso civil y en tecnologías ambientales, confirmando la pertinencia de las estrategias de caracterización llevadas adelante.

Palabras clave: ACL, textura, propiedades.

Abstract

This work is a first approaching to the properties of a national commercial lightweight expanded clay aggregate (LECA). Five groups of aggregates were studied, the classification was based on their color and morphology. Some digital images of the LECA were taken to describe the microstructure. Moreover, the texture was determined and the mineralogical phases developed because of the sintering process were identified. The results obtained allow defining strategies in the selection of the raw material, the improvement of conformed and the sintering process in order to obtain LECA with homogeneous characteristics that attend the needs of a variety of applications, such as civil use and environmental technology. Furthermore, these results confirm the importance of the characterization strategies carried out.

Keywords: LECA, texture, characteristics.

Introducción

Agregados cerámicos livianos (ACL) o LECA (en inglés) es un término acrónico de agregados de arcilla expandida liviana (Rashad, 2018). Los ACL se producen en muchos países (más de veinte) con varios nombres de productos, en Argentina existe una empresa que lo fabrica bajo la denominación de Superlec arcilla expandida para la construcción.

Idealmente los ACL consisten en pellets esféricos de color marrón oscuro o colores rojizos o gris, colores amarillos o negros, que pueden expandirse hasta 5-6 veces en volumen, y pueden tener diferentes tamaños (desde 0,1 a 25 mm) que es adecuado para agregado fino, agregado grueso y ambos. Los ACL se producen a partir de arcillas plásticas, las etapas de mayor importancia en su fabricación son el conformado de los gránulos en verde, ya sea por extrusión o aglomeración, y el sinterizado a temperaturas de 1100 a 1300 °C con tiempos de permanencia dentro del horno entre 3 y 20 minutos. En el proceso de sinterizado sucede de forma simultánea la deformación pirolástica, la generación de gas y la retención del mismo para fabricar un agregado con textura vesicular, baja densidad y alta resistencia al aplastamiento (Ayati et al., 2018).

Los ACL presentan numerosas aplicaciones, en el campo de la construcción para la producción de bloques ligeros, hormigón, prefabricados (Priyanka et al., 2020). En el campo de tratamiento de agua permite la eliminación de fluoranteno, fenantreno y pireno de agua (Nkansah et al., 2012). También se puede utilizar para agricultura en tratamiento de aguas residuales, donde se ha mostrado una amplia capacidad de estos materiales para eliminar contaminantes presentes en aguas residuales agrícolas totales, poli fenoles, nitrógeno, pesticidas y farmacéuticos (Yao et al., 2015), entre otras aplicaciones.

El objetivo del presente trabajo se enfocó en la caracterización de agregados cerámicos livianos comerciales nacionales, analizando las propiedades texturales, microestructurales, y las fases mineralógicas para futuros diseños de ACL con aplicación tecnológica. El color y la morfología macroscópica fueron los parámetros críticos que permitieron clasificar y diferenciar grupos de agregados para posteriormente estudiarlos.

Desarrollo

Se utilizaron los ACL Superlec fabricados por la empresa Arcillex S.A como objeto de estudio. Los mismos fueron divididos en 5 grupos (figura 1) dependiendo de su color utilizando la carta de color Munsell y su morfología macroscópica en función de su redondez y esfericidad medida a partir de una tabla de comparación visual (Powers, 1953). Se tomaron imágenes del interior de los agregados empleando imágenes digitales con una lupa marca Leica con un aumento X1, se realizó la descripción de la microestructura del interior de los ACL y se determinó el espesor de la capa externa con el software ImageJ. Posteriormente se determinó la densidad, porosidad abierta y absorción de agua mediante el método de Arquímedes. Luego se realizó la difracción de rayos X (DRX) en difractómetro Bruker D8 Advance A25 para la identificación de las fases cristalinas presentes en los ACL. Se utilizó radiación $\text{CuK}\alpha$ (1,5418 Å) y filtro de Ni a 40 mV y 30 mA. El barrido standard se realizó entre 3° y 70° 2θ , con un paso de $0,02^\circ$ y un tiempo de conteo de 0,5 seg. /paso.



Figura 1. Imagen de los agregados cerámicos livianos nacionales y representantes de cada grupo.

Resultados

Los parámetros morfológicos se presentan en la tabla 1, en general los ACL estudiados presentaron esfericidad y redondez baja. El parámetro esfericidad presentó homogeneidad en las muestras L1, L2, L3 pudiéndose considerar estas sub-discoidales. En cambio, en L4 se encontraron agregados sub-discoidales, sub-prismáticos y esféricos, en L5 la mayoría de sus agregados

fueron sub-prismáticos. El parámetro redondez presentó una mayor diferencia entre las muestras L1, L2 y L3, pasando de agregados muy angulosos, sub-redondeados y sub-angulosos respectivamente, Por otra parte, se identificó una homogeneidad en las muestras L4 y L5 que fueron consideradas redondeadas. Lo que respecta al color, se observó una homogeneidad en el matiz y la luminosidad. Las muestras L2 a L5 arrojaron un matiz 5YR, en cambio la muestra L1 presentó un matiz 7,5YR. Todas las muestras presentaron luminosidades altas (6), en cambio la intensidad presentó heterogeneidades, L1 presentó una intensidad baja (2), las muestras L2 a L5 presentaron diversos valores (3,4 y 6).

| Muestra | Moda redondez | Moda esfericidad | Color |
|---------|-------------------------------|--|---------------|
| L1 | Muy angulosos y sub-angulosos | Sub-discoidales | 7,5YR6/2 |
| L2 | Sub-redondeados | Sub-discoidales | 5YR6/4-5YR6/6 |
| L3 | Sub-angulosos | Sub-discoidales | 5YR6/4 |
| L4 | Redondeados | Sub-prismáticos, sub-discoidales y esféricos | 5YR6/4-5YR6/6 |
| L5 | Redondeados | Sub-prismáticos | 5YR6/3-5YR6/4 |

Tabla 1. Redondez, esfericidad y color

El interior de los ACL se muestran en la figura 2, en estas imágenes se vio que los 5 agregados presentaban un núcleo negro, causado por una condición de reducción en el proceso de sinterizado (Ayati et al., 2018). En este sector se vio el desarrollo de una textura vesicular comprendida por poros distribuidos en la matriz de los agregados. La textura vesicular no presentó un tamaño de poros uniforme, la herramienta de medición de la LUPA permitió identificar poros con tamaños que variaban de 0,04 hasta 3 mm. Se reconocieron distintas morfologías de poros: esféricos, lenticulares, poros canal, y con frecuencia se observó que algunos poros culminaban en fisuras. Además, se observó la unión entre dos o más poros generando uno mayor, y se identificaron fisuras aisladas de hasta 3 mm de largo. Se pudo notar que la capa externa se desarrolló en presencia de una atmósfera oxidante dentro del horno, el espesor de la capa varió de 0,16 a 0,26 mm, y presentó fisuras que en ocasiones se extendían hacia el interior del ACL y generaban un halo de oxidación, producto del ingreso de O₂. Por lo tanto, se podría decir que actuaron de forma simultánea un proceso de oxidación y reducción en un mismo agregado. Por último, tanto en el interior como en el exterior de los ACL se observaron inclusiones de minerales como por ejemplo carbonatos con tamaños de entre 0,7 mm los de mayor tamaño hasta 0,08 mm los de menor tamaño.

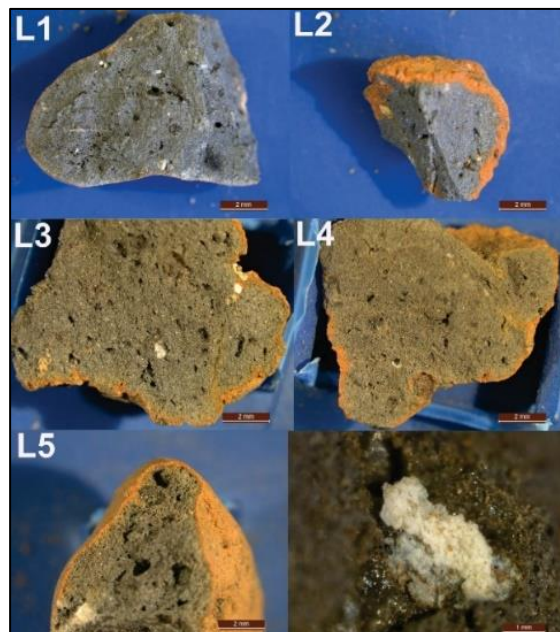


Figura 2. Imagen del corazón negro y la capa externa anaranjada de los cinco agregados y detalle de una inclusión.

Los resultados texturales obtenidos mediante el método de Arquímedes se presentan en la tabla 2. Los ACL presentaron una densidad de 1,01 a 1,20 (g/cm³), los valores de porosidad abierta variaron de 24 a 33% y la absorción de agua varió de 21 a 35%. La muestra L3 fue la más liviana, porosa y la que presentó mayor absorción de agua. La muestra L2 fue la más densa (~20%) y a su vez la que presentó menor porosidad abierta, junto con la L4 fueron las que presentaron menor absorción de agua. Según la literatura, los ACL se clasifican en base a su densidad aparente en cuatro grupos, densidad aparente muy baja a los que se encuentran en el rango entre 0,3-0,6 g/cm³, baja densidad 0,61-0,99 g/cm³, densidad media 1,0-1,4 g/cm³, y alta densidad > 1,4 g/cm³ (Dondi et al., 2016). En base a lo mencionado, los ACL fabricados por Arcillex S.A fueron clasificados dentro del grupo de densidad media.

| Muestra | Densidad (gr/cm ³) | Porosidad abierta (%) | Absorción de agua (%) |
|---------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| L1 | 1,03 ± 0,04 | 32 ± 3 | 32 ± 2 |
| L2 | 1,20 ± 0,02 | 24 ± 3 | 21 ± 2 |
| L3 | 1,01 ± 0,05 | 33 ± 4 | 35 ± 2 |
| L4 | 1,03 ± 0,09 | 29 ± 5 | 21 ± 1 |
| L5 | 1,03 ± 0,04 | 30 ± 3 | 31 ± 2 |

Tabla 2. Densidad, porosidad y absorción de agua.

Las fases mineralógicas identificadas se resumen en la tabla 3. Debido a que las fases mineralógicas de los depósitos naturales de los cuales se extrae la materia prima para la elaboración de ACL suelen ser suelos constituidos por arcilla junto con cuarzo, feldespato y calcita, es normal que en los ACL sinterizado a temperaturas entre 1100 y 1300 °C se hallen fases cristalinas de cuarzo, microclino, anortita atribuido al contenido de CaO remanente de la descomposición de los carbonatos debido a que el catión Ca⁺² ingresa en la estructura de los aluminosilicatos (Ayati et al., 2018). La presencia de hercinita, indicaría la presencia de una atmosfera reductora dentro del horno con temperaturas superiores a 1050 °C (Gliozzo, 2020).

| Muestra | Fases minerales | | | |
|---------|------------------|--|----------------------------------|-------------------------------------|
| | Cuarzo | Anortita | Hercinita | Microclino |
| | 01-078-2315 | 00-018-1202 | 01-082-0596 | 00-019-0926 |
| | SiO ₂ | (Ca, Na)(Si, Al) ₄ O ₈ | FeAl ₂ O ₄ | K(AlSi ₃)O ₈ |
| L1 | X | X | X | X |
| L2 | X | X | X | X |
| L3 | X | X | X | X |
| L4 | X | X | X | X |
| L5 | X | X | X | X |

Tabla 3. Fases cristalinas identificadas

Conclusiones

Los resultados de las caracterizaciones permitieron definir que los ACL nacionales presentaban esfericidad y redondez baja, y densidad aparente media.

En base a las observaciones realizadas se pudo concluir que los ACL comerciales nacionales presentaban heterogeneidades macroscópicas y texturales que podrían atribuirse al proceso de fabricación, partiendo de una deficiente selección de la materia prima, continuando por una molienda, selección de tamaño de grano y conformado de los gránulos en "verde" imperfecta. Por otra

parte, este estudio permitió estimar la temperatura de sinterizado de los ACL por encima de los 1050 °C y clasificarlos en base a su densidad.

Los resultados obtenidos permitieron definir estrategias de selección de la materia prima, optimización del conformado y sinterizado para la fabricación de ACL, que serán empleadas en futuros desarrollos de ACL con criterio sustentable que serán realizados en el marco de la tesis doctoral de la doctoranda.

Referencias

Ayati, B., Ferrándiz-Mas, V., Newport, D. y Cheeseman, C. (2018). Use of clay in the manufacture of lightweight aggregate. *Construction and Building Materials*, 162, 124-131.

Dondi, M., Cappelletti, P., D'Amore, M., de Gennaro, R., Graziano, S. F., Langella, A., Raimondo, M. y Zanelli, C. (2016). Lightweight aggregates from waste materials: Reappraisal of expansion behavior and prediction schemes for bloating. *Construction and Building Materials*, 127, 394-409.

Gliozzo, E. (2020). Ceramic technology. How to reconstruct the firing process. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12(11), 260.

Nkansah, M. A., Christy, A. A., Barth, T. y Francis, G. W. (2012). The use of lightweight expanded clay aggregate (LECA) as sorbent for PAHs removal from water. *Journal of Hazardous Materials*, 217-218, 360-365.

Powers, M. C. (1953). A New Roundness Scale for Sedimentary Particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 23(2), 117-119.

Priyanka, M., Karthikeyan, M. y Sri Rama Chand, M. (2020). Development of mix proportions of geopolymer lightweight aggregate concrete with LECA. *Materials Today: Proceedings*, 27, 958-962.

Rashad, A. M. (2018). Lightweight expanded clay aggregate as a building material – An overview. *Construction and Building Materials*, 170, 757-775.

Yao, Z. T., Ji, X. S., Sarker, P. K., Tang, J. H., Ge, L. Q., Xia, M. S. y Xi, Y. Q. (2015). A comprehensive review on the applications of coal fly ash. *Earth-Science Reviews*, 141, 105-121.