

Estudio de hormigones con agregados livianos producidos localmente para aislamiento térmico

C. Martinefsky^{a*}, F. Daoud^b, S. Zito^a, M. Stipcich^b, A. Mocciaro^c, F. Irassar^a y A. Tironi^a

^aFacultad de Ingeniería - Investigación en Materiales (INMAT), Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-CICPBA-UNCPBA), CP B7400, Olavarría, Argentina. cmartinefsky@fio.unicen.edu.ar, irassar@fio.unicen.edu.ar, atironi@fio.unicen.edu.ar

^bFacultad de Ciencias Exactas - Instituto de Física de Materiales Tandil (IFIMAT), Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-CICPBA-UNCPBA), CP 7000, Tandil, Argentina. frandaoud@gmail.com, mstipci@exa.unicen.edu.ar

^cCentro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CETMIC, CONICET-CICPBA-UNLP), CP B1897, Manuel B. Gonnert, Argentina. anamocciaro@cetmic.unlp.edu.ar

Recibido: 8 de julio de 2026

Aceptado: 14 de agosto de 2026

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el comportamiento de un hormigón liviano elaborado con agregados livianos experimentales producidos a partir del destape de canteras de caliza de Buenos Aires y aceite industrial residual, y se comparó con dos agregados livianos comerciales internacionales. Se analizaron sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas con una dosificación volumétrica constante. Los hormigones livianos presentaron densidades aparentes entre 1510 y 1880 kg/m³ y conductividades térmicas entre 0,36 y 0,45 W/m.K. El hormigón con agregados experimentales presentó la menor densidad y la mayor capacidad de aislamiento térmico, aunque registró la menor resistencia a la compresión, debido a la menor resistencia del agregado liviano experimental. Estos resultados demuestran la viabilidad técnica de fabricar hormigones livianos con materias primas y pasivos ambientales locales, que ofrecen una alternativa para elementos destinados al aislamiento térmico y contribuyen a la eficiencia energética de las construcciones.

PALABRAS CLAVE: Hormigón liviano, agregados livianos, conductividad térmica

ABSTRACT

This study evaluated the performance of a lightweight concrete made using experimental lightweight aggregates produced from waste shales of limestone quarries in Buenos Aires and waste industrial oil. It was compared with two commercial lightweight aggregates from abroad. The physical, mechanical, and thermal properties of the concrete were analyzed using a constant volumetric mix design. The lightweight concrete had a bulk density ranging from 1510 to 1880 kg/m³ and a thermal conductivity ranging from 0.36 to 0.45 W/m.K. The concrete made with the experimental aggregates had the lowest density and the highest thermal insulation capacity, although its compressive strength was lower due to the lower strength of the experimental lightweight aggregate. These results demonstrate the technical feasibility of manufacturing lightweight concrete using locally sourced materials and environmental liabilities, offering an alternative solution for thermal insulation components and contributing to the energy efficiency of buildings.

KEYWORDS: Lightweight concrete, lightweight aggregates, thermal conductivity

*Autor de correspondencia

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC-BY-NC-SA 4.0).

Citar como: Martinefsky, C., Daoud, F., Zito, S., Stipcich, M., Mocciaro, A., Irassar, F., y Tironi, A. (2026). Estudio de hormigones con agregados livianos producidos localmente para aislamiento térmico. *Revista Hormigón*, 70, 43–55. <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s27189058/q2zbdkqfs>

1. Introducción

La reducción del consumo energético en edificios constituye uno de los principales desafíos para el sector de la construcción. En este contexto, los materiales con capacidad de aislamiento térmico adquieren especial relevancia debido a su contribución a la eficiencia energética. Entre ellos, los hormigones de baja densidad representan una alternativa atractiva con una menor conductividad térmica respecto de los hormigones convencionales. Los hormigones livianos presentan densidades secas comprendidas entre 400 y 2000 kg/m³, significativamente inferiores a las del hormigón tradicional (aproximadamente 2400 kg/m³). Esta reducción de peso permite disminuir las cargas permanentes de las estructuras, mejorar su comportamiento frente a sismos y reducir los costos de transporte. Dependiendo de su densidad y resistencia, pueden emplearse tanto en aplicaciones estructurales como en elementos destinados principalmente al aislamiento térmico [1–3].

El componente clave que influye en las propiedades del hormigón liviano es el tipo de agregado, donde los agregados livianos de arcilla expandida son los más utilizados a nivel mundial. Estos agregados se obtienen por expansión térmica de materias primas arcillosas y se caracterizan por presentar una estructura interna porosa que contribuye a reducir la densidad y la transferencia de calor. La densidad, absorción de agua, resistencia mecánica y morfología de estas partículas influyen directamente sobre el desempeño del hormigón resultante. En general, las normas de hormigón y mortero definen el agregado liviano como un material granular con una densidad de partículas que no supere los 2,0 g/cm³ o una densidad aparente suelta inferior a 1,2 g/cm³ [4–6], mientras que la norma IRAM 1567 limita este valor a 0,88 g/cm³ [7]. El agregado liviano ideal para usar en hormigón debería ser redondeado, con un diámetro de entre 4 mm y 14 mm, con un núcleo poroso y una corteza resistente, rugosa e impermeable que mejore la interfase entre la

pasta de cemento y el agregado [8]. Los agregados livianos de arcilla expandida presentan muchas ventajas como materiales componentes del hormigón: no son nocivos, tienen un pH cercano a 7, no se deterioran en contacto con el agua, no son biodegradables, resisten al fuego, pueden presentar actividad puzolánica en su superficie y, principalmente, ofrecen un excelente aislamiento térmico y acústico [1].

A pesar de la disponibilidad comercial de este tipo de materiales en numerosos países, como Leca, Liapor, Argex, Arcosa Lightweight y Lytag, actualmente no existe producción industrial de agregados livianos en Argentina. La mayoría de los agregados livianos comerciales se obtienen a partir de materias primas que contienen minerales arcillosos, mediante un proceso de granulación en un disco giratorio o por extrusión y sinterización en hornos rotativos a temperaturas máximas entre 1000 °C y 1300 °C [9,10]. Considerando que el destape de las canteras de caliza para la producción de cemento contiene minerales arcillosos, la producción de agregados livianos podría ser una alternativa para los hornos rotativos que actualmente no están operativos en las industrias cementeras. El aprovechamiento de un pasivo ambiental de gran volumen, como es el destape de canteras de caliza, es una alternativa que proporcionaría beneficios económicos, tecnológicos y medioambientales no solo a la industria regional, sino también a la investigación y el desarrollo de un tipo especial de hormigón para aislamiento térmico.

La pérdida de calor a través de paredes exteriores tiene un efecto directo sobre el consumo energético de las construcciones. El aire presente en los poros de los agregados livianos reduce la velocidad de transferencia de calor y mejora la capacidad de aislamiento térmico del hormigón. El contenido de humedad, la temperatura, el tipo de agregado, el tipo de material cementicio y la densidad del hormigón son factores que influyen en la conductividad térmica y, por lo tanto, en la capacidad de aislamiento térmico del hormigón

liviano [11]. En general, la conductividad térmica del hormigón liviano es aproximadamente la mitad que la del hormigón convencional, aunque esta mejora suele estar acompañada por una reducción de la resistencia mecánica [2,12].

En este trabajo se evalúa el comportamiento de un hormigón elaborado con agregados livianos producidos a partir del destape de cantera de caliza y se compara con hormigones elaborados utilizando dos agregados comerciales internacionales de diferente densidad. Se analizaron las propiedades físicas, mecánica y térmica de los hormigones, manteniendo una misma dosificación volumétrica, con el objetivo de determinar el potencial de los agregados livianos desarrollados localmente para aplicaciones de aislamiento térmico.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

Los agregados livianos (AL) se elaboraron en el laboratorio a partir del destape de una cantera de caliza de la región de Olavarría (Buenos Aires) y un aceite residual como agente formador de poros. El aceite residual fue utilizado para la lubricación y refrigeración del reductor de un molino de cemento y descartado luego de los mantenimientos periódicos. Se elaboró una pasta de destape de cantera molido hasta pasante tamiz 150 μm , con 3,4 % p/p de aceite residual y 27 % de agua, que se agregó gradualmente hasta formar una pasta moldeable. Se moldearon manualmente esferas entre 4 mm y 6 mm de diámetro, se secaron a temperatura ambiente y luego en estufa a 105 °C. Las esferas fueron sinterizadas en mufla a 1185 °C, con un tiempo de permanencia de 10 minutos y posterior enfriamiento a temperatura ambiente [13–16]. Este tratamiento térmico permitió la expansión de los agregados y formación de poros. Para la comparación, se consideraron dos agregados livianos comerciales internacio-

nales de diferente densidad, denominados C4,5 y C6,5 en referencia a sus densidades aparentes sueltas, 0,45 y 0,65 g/cm^3 respectivamente. Los agregados livianos AL obtenidos en laboratorio se tamizaron y mezclaron en las proporciones necesarias para lograr una curva granulométrica en volumen similar al agregado comercial C4,5, con diámetros entre 4 mm y 8 mm. La curva granulométrica en peso se calculó considerando la densidad saturada y superficie seca (D_{SSS}) de cada fracción (Tabla 1). En los agregados de peso normal, los porcentajes retenidos en cada tamiz, indicados en peso o en volumen, son igualmente representativos, ya que la densidad no depende del tamaño de las partículas. En el caso de los agregados livianos, la densidad aumenta cuando disminuye el tamaño de las partículas (Tabla 1), ya que disminuye sensiblemente el volumen de poros en relación con el volumen de las esferas de agregado. Por este motivo, es el volumen y no el peso de cada fracción granulométrica el que determina el contenido de vacíos y, en consecuencia, el volumen de la pasta necesario para llenar dichos vacíos.

Se tomaron muestras representativas de los tres agregados livianos para su caracterización física y mecánica (Figura 1 y Tabla 1). La densidad aparente (D) y la absorción de agua a 24 horas (W) se determinaron mediante el método de picnometría con rejilla (EN-UNE 1097-6 [17]). El peso de los agregados livianos en estado suelto por unidad de volumen (PUV) se determinó mediante norma ASTM C29/C29M [18], donde no se considera en estado compactado para evitar la rotura de los agregados livianos. La resistencia a la compresión uniaxial (S) se midió en 30 agregados de cada muestra (10 agregados por fracción), en una máquina de ensayos universal INSTRON 5985, con una velocidad de desplazamiento de 0,5 mm/min. La resistencia a compresión se calculó mediante la ecuación (1) [19,20] y se informa el promedio ponderado.

$$S = \frac{q}{\pi (d/2)^2} \quad (1)$$

donde q es la carga aplicada de rotura y d es el diámetro del agregado liviano.

El cemento utilizado para la elaboración de los hormigones livianos correspondió a un CPN40 (Tabla 2). La composición química y mineralógica se determinó mediante fluorescencia de rayos X (FRX) en un equipo Axios FAST PANalytical, con el cálculo de fases mineralógicas mediante las fórmulas de

Bogue [21]. Se determinó la densidad por norma IRAM 1624 [22] y la superficie específica BET por norma DIN ISO 9277 [23]. La distribución del tamaño de las partículas se midió con un granulómetro láser Malvern Mastersizer 2000 con una unidad de dispersión en seco. El cemento portland contiene clinker, un 5 % de yeso como modificador de fraguado y 4 % de caliza como filler. La pérdida por calcinación fue del 2,9 %.



Figura 1. Agregados livianos de laboratorio AL y comerciales C4,5, C6,5.

Tabla 1. Granulometría, propiedades físicas y mecánica de los agregados livianos (D = densidad aparente, D_{SSS} = densidad saturada y superficie seca, PUV = peso por unidad de volumen, W = absorción de agua, S = resistencia a compresión).

Agregado liviano		AL	C4,5	C6,5
		Densidad por fracción		
D (g/cm ³) en retenido sobre tamiz IRAM	6,3 mm (1/4")	0,46	0,69	1,09
	4,75 mm (#4)	0,59	0,79	1,11
	4,0 mm (#5)	0,81	0,98	1,16
D_{SSS} (g/cm ³) en retenido sobre tamiz IRAM	6,3 mm (1/4")	0,49	0,86	1,30
	4,75 mm (#4)	0,61	0,97	1,32
	4,0 mm (#5)	0,85	1,14	1,36
		Granulometría		
% retenido en volumen	6,3 mm (1/4")	0,46	0,69	1,09
	4,75 mm (#4)	0,59	0,79	1,11
	4,0 mm (#5)	0,81	0,98	1,16
% retenido en peso	6,3 mm (1/4")	0,49	0,86	1,30
	4,75 mm (#4)	0,61	0,97	1,32
	4,0 mm (#5)	0,85	1,14	1,36
		Propiedades físicas y mecánica		
D (g/cm ³)		0,56 ± 0,17	0,75 ± 0,14	1,10 ± 0,04
W (%)		5,0 ± 0,8	20,1 ± 3,8	18,6 ± 0,8
PUV (kg/m ³)		334	441	664
S (MPa)		0,9 ± 0,3	3,0 ± 1,2	7,4 ± 1,9

Tabla 2. Composición y propiedades del cemento portland.

Composición química, %		Composición mineralógica, %		Caracterización física	
SiO ₂	21,1	C ₃ S	60	Densidad, g/cm ³	3,14
Al ₂ O ₃	3,6	C ₂ S	15	Sup. BET, m ² /g	0,9
Fe ₂ O ₃	3,9	C ₃ A	3	d ₁₀ , µm	2,5
CaO	63,3	C ₄ AF	12	d ₅₀ , µm	24,3
MgO	0,8	Yeso	5	d ₉₀ , µm	71,3
SO ₃	3,0	Caliza	4		
K ₂ O	1,0				
Na ₂ O	0,1				
PxC	2,9				

El agregado fino utilizado fue una arena natural silíceas de río. El análisis granulométrico se realizó por tamizado según la norma IRAM 1505 [24] y se calculó el módulo de finura sumando los porcentajes retenidos acumulados. La curva granulométrica se analizó de acuerdo a los límites de la norma IRAM 1627 [25], quedando dentro del límite de la curva granulométrica continua C. La fracción dominante es la retenida en el tamiz N°50 (60 % entre 0,300 mm y 0,600 mm), con un módulo de finura de 1,76. Se determinó la densidad de la arena a través del método volumétrico de la norma IRAM 1520 [26], obteniendo un valor de 2,55 g/cm³.

2.2 Hormigones livianos

Para la dosificación de los hormigones livianos (HAL, HC4,5 y HC6,5), se utilizaron los tres tipos diferentes de agregados livianos (AL, C4,5 y C6,5). Se consideró el mismo volumen de agregados livianos como criterio para las tres mezclas (Tabla 3). Los hormigones se elaboraron con un contenido de cemento de 380 kg/m³ y una relación agua/cemento de 0,45. Los agregados livianos se prehumedecieron por inmersión en agua durante 24 horas antes de la preparación de las mezclas, con el objetivo de evitar modificaciones en la consistencia debidas a la absorción de agua de los agregados livianos. Antes del mezclado, se retiró el excedente de agua con un paño húmedo para lograr el

estado saturado superficie seca. El contenido de agregado liviano fue de 506 litros/m³ para todos los hormigones. A partir de los resultados de densidad aparente y absorción de agua de cada agregado liviano (Tabla 1), se calculó su dosificación en peso para las mezclas, resultando en 298 kg/m³ de AL, 456 kg/m³ de C4,5 y 660 kg/m³ de C6,5. El contenido de agregado fino fue de 515 kg/m³ y no se utilizaron aditivos. El mezclado se realizó manualmente para evitar la excesiva rotura de los agregados livianos por las paletas de la mezcladora y por el bajo volumen total de mezcla.

En estado fresco, se determinó la consistencia mediante el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 1536 [27]. Debido al bajo volumen de mezcla disponible, se adaptaron las dimensiones del cono de Abrams, manteniendo las proporciones, a un cono de base inferior de 10 cm de diámetro, base superior de 5 cm de diámetro y altura de 15 cm. Se elaboraron probetas de 4 cm x 4 cm x 16 cm, llenando el molde en dos capas y apisonando la mezcla con varilla de acero

Tabla 3. Dosificación de los hormigones livianos.

Materiales	En volumen (litros/m ³)	En peso (kg/m ³)
Agregado liviano	506	(según agregado)
Agua	171	171
Cemento	121	380
Arena	202	515

luego de cada capa. Se curaron durante 24 horas en el molde en cámara húmeda a 20 °C. Después de desmoldarlas, se sumergieron en agua y se conservaron en la cámara hasta la edad de ensayo.

2.3 Propiedades de los hormigones livianos

Los hormigones elaborados fueron caracterizados mediante ensayos físicos y mecánico. Para determinar la densidad seca bruta, la densidad aparente, la absorción de agua y el volumen de poros permeables se siguió la norma ASTM C642 [28]. Las muestras de hormigón liviano, que habían sido curadas durante 28 días, se secaron a 110 °C por 24 horas, luego se sumergieron en agua durante 7 días y, por último, se hirvieron en agua durante 5 horas. En cada etapa, se pesaron las muestras para obtener las masas: seca, saturada superficie seca después de la inmersión, saturada superficie seca después de la ebullición y la masa sumergida aparente. El ensayo se realizó por triplicado para cada mezcla de hormigón liviano. La resistencia a compresión a los 28 días se midió según la norma IRAM 1622 [29], en cubos de 4 cm cortados a partir de los prismas curados en agua. Los resultados que se informan corresponden al promedio de tres determinaciones para cada hormigón liviano.

Se tomaron imágenes de un corte de los hormigones livianos con una lupa Leica S6D y una cámara Leica DMC4500.

2.4 Medición de la conductividad térmica

La conductividad térmica se midió mediante el ensayo de placa caliente [30]. El dispositivo utilizado determina la conductividad en un sistema tipo sándwich sobre dos muestras simultáneamente, como se observa en la Figura 2. Dos placas frías recubren a las muestras en estudio, que a su vez recubren una placa caliente. Las placas frías se mantienen refrigeradas con el paso de agua por su interior y la placa caliente consiste en una resistencia calefactora de potencia controlada desde el exterior. De este modo, una de las caras de la muestra se mantiene a una temperatura baja, regulada por la circulación de agua corriente, mientras que la otra cara de la muestra se mantiene a una temperatura mayor, establecida por la resistencia calefactora. Las temperaturas de las caras frías y calientes de las muestras se monitorean con 4 termocuplas tipo K. El dispositivo se colocó dentro de una caja de poliestireno expandido con las paredes, la base y la tapa recubiertas con una manta de alúmina de 1,5 cm de espesor para minimizar las pérdidas de calor. Una vez que el

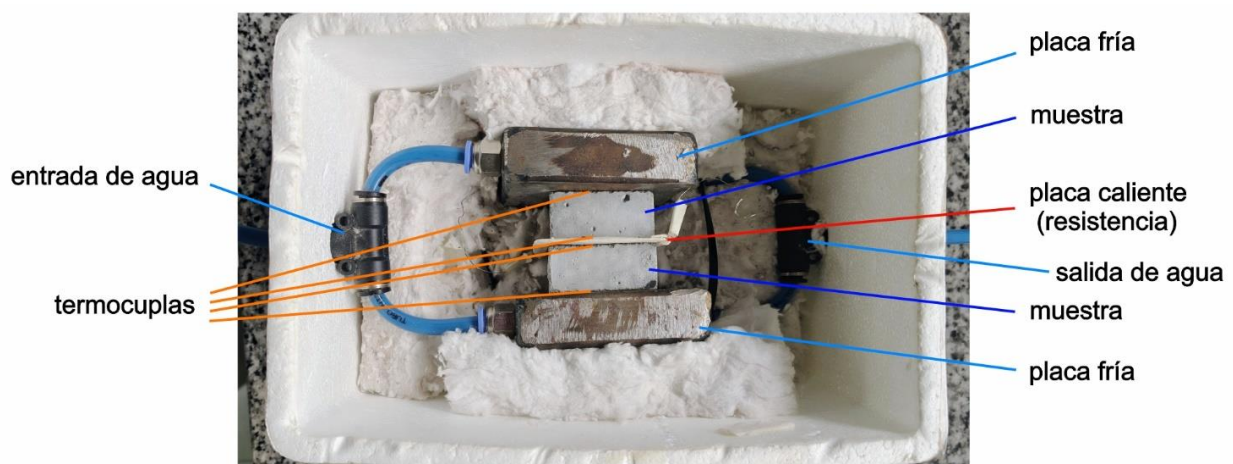


Figura 2. Dispositivo de medición de la conductividad térmica por el método de placa caliente.

dispositivo está en marcha, a través de cada muestra se genera un gradiente térmico que evoluciona hasta alcanzar un valor estacionario. El gradiente se monitorea a tiempo real mediante las termocuplas ubicadas en las caras de cada muestra, que están conectadas a un sistema tipo Arduino. El estado estacionario se alcanza luego de entre 1 y 3 horas de medida, en el que las temperaturas se estabilizan sin variaciones significativas, permitiendo asumir al gradiente térmico como uniforme y constante a lo largo del espesor de la muestra. Se analizaron muestras de 2 cm de espesor obtenidas mediante cortes de las probetas curadas durante 28 días, con un total de 6 muestras por tipo de hormigón liviano. Se realizaron al menos 3 ensayos por muestra variando la temperatura de la placa caliente mediante la variación de la potencia de la resistencia calefactora.

El coeficiente de conductividad térmica (λ , en W/m.K) se calcula a partir de la Ecuación (2):

$$\lambda = \frac{L \cdot P}{a \cdot \Delta T} \quad (2)$$

donde L es el espesor de la muestra (en m), P es la potencia térmica aplicada mediante una resistencia calefactora conectada a una diferencia de potencial conocida (en W), a es el área transversal de la muestra (en m²) y ΔT es la diferencia de temperatura entre las caras de la muestra (en K).

3. Resultados y discusión

3.1 Propiedades de los hormigones livianos

En estado fresco, todos los hormigones presentaron un bajo asentamiento: 0 cm para HAL, 1,5 cm para HC4,5 y 0,8 cm para HC6,5. En la Tabla 4 se resumen las propiedades determinadas para los hormigones livianos en estado endurecido. Tanto la densidad seca bruta como la densidad aparente del hormigón HAL son menores que las de los hormigones con agregados comerciales HC4,5 y HC6,5, lo cual es consistente con el menor valor de densidad aparente determinada para los agregados AL (Tabla 1). Una menor densidad del hormigón liviano implica una disminución de las cargas permanentes sobre la estructura, lo que resulta en un beneficio económico y también permite construir sobre terrenos menos resistentes sin recurrir a cimentaciones complejas y costosas [31]. Si bien la absorción de agua es similar, el volumen de poros permeables es menor en el hormigón HAL, en comparación con los hormigones con agregados comerciales, lo que podría indicar una contribución de los agregados en esta propiedad.

La resistencia a compresión del hormigón HAL es menor que la de los hormigones HC4,5 y HC6,5, siguiendo la misma tendencia que la resistencia a compresión de los agregados livianos (Tabla 1). La Figura 3 muestra las probetas al finalizar el ensayo de resistencia a

Tabla 4. Propiedades de las mezclas de hormigón liviano.

Propiedad	HAL	HC4,5	HC6,5
Densidad seca bruta (kg/m ³)	1270 ± 20	1350 ± 10	1530 ± 20
Densidad aparente (kg/m ³)	1510 ± 30	1700 ± 20	1880 ± 10
Absorción de agua después de inmersión (%)	10,1 ± 0,2	11,6 ± 0,9	10,5 ± 0,4
Volumen de poros permeables (%)	15,9 ± 0,2	20,5 ± 0,2	19,0 ± 0,8
Resistencia a compresión (MPa)	11,2 ± 1,1	16,6 ± 1,3	23,8 ± 1,0

compresión, corroborando que la rotura se produjo por los agregados, siendo estos los determinantes de la resistencia a compresión alcanzada en el hormigón liviano. Thienel et al. [6] informaron la relación entre la

resistencia a compresión y la densidad seca para hormigones livianos (HL) realizados con arena normal y agregados livianos, arena liviana y agregados livianos y hormigones livianos de alta performance. En la Figura 4, se

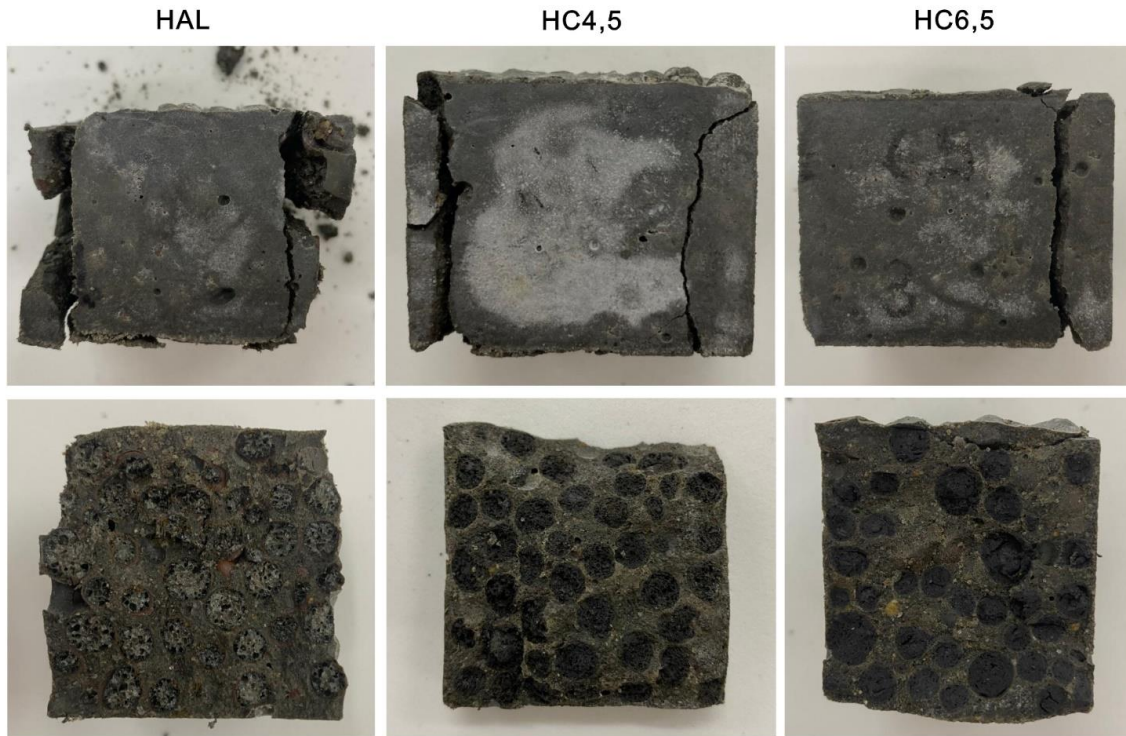


Figura 3. Rotura de los hormigones livianos por resistencia a compresión.

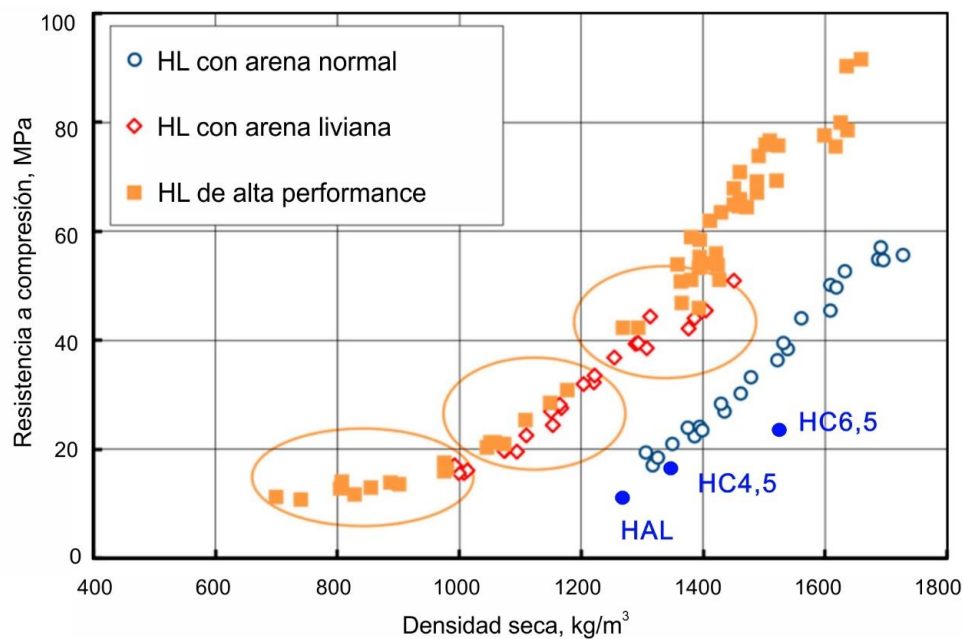


Figura 4. Correlaciones de resistencia a compresión a 28 días en función de la densidad seca. Adaptado de Thienel et al. [6].

observa que los hormigones livianos estudiados siguen la misma tendencia de los informados para hormigones livianos con arena normal. El hormigón HAL presenta una resistencia menor a 17,0 MPa, recomendada para hormigón estructural, pero su valor es superior al rango entre 4,0 y 7,0 MPa correspondiente a la clasificación de hormigones livianos con resistencia moderada [32]. Si bien el hormigón HC6,5 cumple con la resistencia requerida para hormigón liviano estructural, presenta una resistencia un poco menor a la esperada para su densidad.

En la Figura 5 se observa un corte transversal de los hormigones livianos y sus imágenes en lupa, pudiendo distinguir claramente el agregado de la matriz debido a la diferencia en la coloración. Se observa una distribución uniforme de los agregados livianos lo que indica una buena cohesión de la matriz. Para los tres hormigones se identifica la presencia de pasta hidratada en los poros abiertos de la corteza del agregado, lo que indicaría una buena unión física, corroborando que la rotura durante el ensayo de resistencia a compresión se produjo por el agregado.

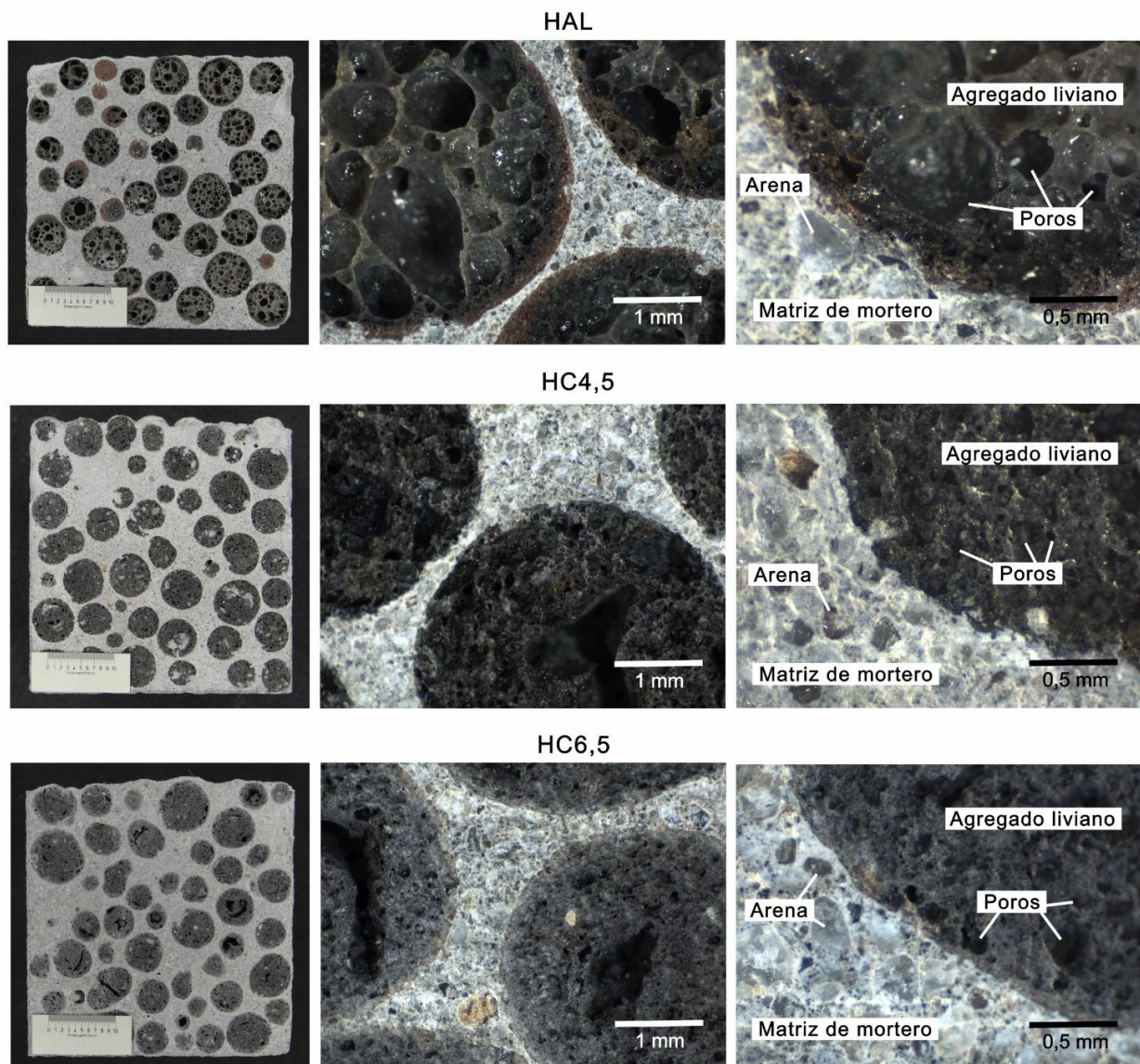


Figura 5. Corte transversal e imágenes en lupa de los hormigones livianos.

3.2 Conductividad térmica

La conductividad térmica determinada en los hormigones livianos se encuentra en el rango de 0,3 a 0,5 W/m.K, obteniendo el menor valor para el hormigón HAL (0,36 ± 0,06 W/m.K), seguido de HC4,5 (0,42 ± 0,06 W/m.K) y HC6,5 (0,45 ± 0,07 W/m.K). Es posible relacionar la conductividad térmica con la densidad seca: a mayor densidad seca, la conductividad térmica se incrementa, por lo tanto, disminuye la capacidad de aislamiento térmico. En la Figura 6 se muestran los valores de conductividad térmica de los hormigones livianos recopilados y estudiados por Asadi et al. [11] y la línea de tendencia propuesta para la relación de estas propiedades. Se observa que, para igual densidad seca, se obtuvieron menores valores de conductividad térmica en los hormigones livianos estudiados. Un menor valor de conductividad térmica es favorable para el uso del hormigón liviano como material aislante térmico [33]. Un aumento de la resistencia a compresión del hormigón HAL para su uso con fines estructurales, implicaría un aumento de la

densidad, lo que conllevaría a una disminución de su capacidad de aislamiento térmico (mayor conductividad térmica).

A partir de la medición de la conductividad térmica de los hormigones livianos, se puede determinar la transmitancia térmica de muros y cerramientos en función del espesor de los diferentes materiales de la envolvente, lo que define el acondicionamiento térmico de las edificaciones. Cavalline et al. [34] estudiaron hormigones livianos similares y, mediante la simulación en un modelo sencillo de estructura, obtuvieron un ahorro energético del 15-17 % en calefacción y del 10 % en refrigeración en un hormigón estructural con agregados livianos y arena normal, con una densidad de 1981 kg/m³. Por su parte, el hormigón con agregados y arena liviana, con una densidad de 1709 kg/m³, permite un ahorro energético de aproximadamente el 35-40 % en calefacción y del 30 % en refrigeración. La densidad aparente obtenida en el hormigón liviano HAL de este trabajo es inferior, por lo que el ahorro energético podría ser mayor.

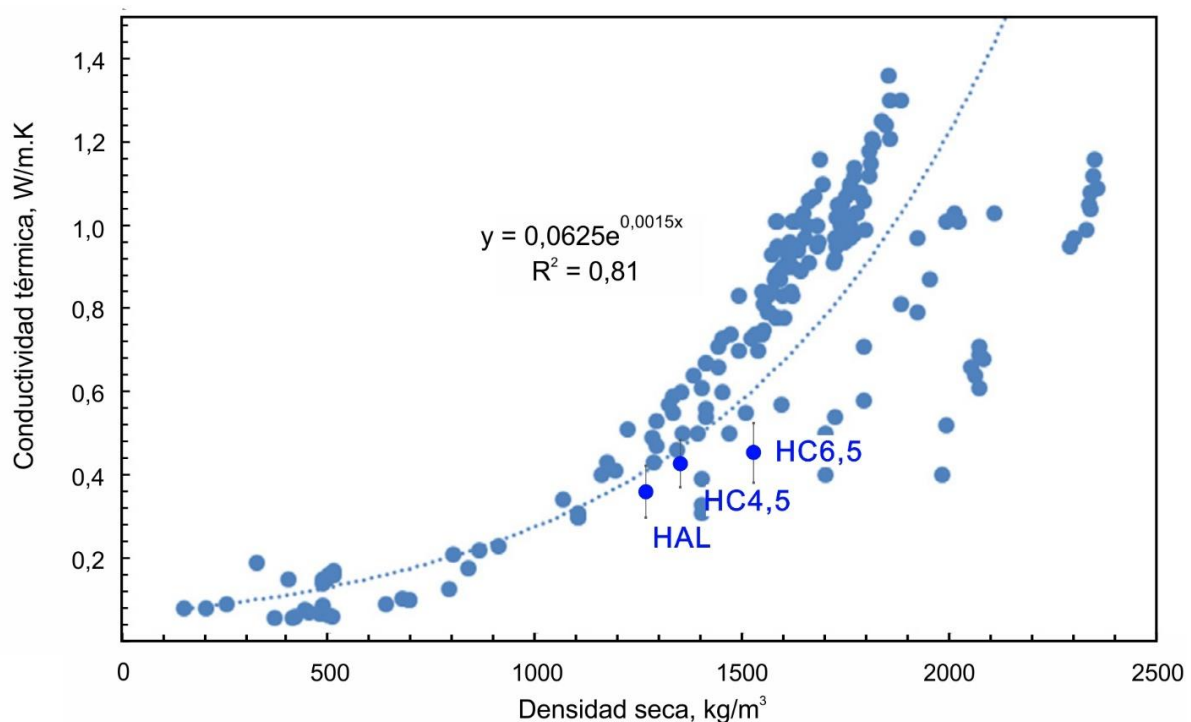


Figura 6. Conductividad térmica en función de la densidad seca. Adaptado de Asadi et al. [10].

4. Conclusiones

Fue posible producir, a escala de laboratorio, agregados livianos a partir del destape de cantera de caliza de la provincia de Buenos Aires y aceite industrial residual, con características técnicas comparables a los agregados livianos comerciales internacionales. A partir de los agregados livianos obtenidos, se elaboró un hormigón liviano y se comparó con otros dos hormigones livianos con igual formulación en volumen y dos tipos diferentes de agregados livianos comerciales. Los resultados obtenidos permitieron relacionar la densidad aparente de los agregados livianos con la conductividad térmica del hormigón liviano, determinando que una disminución en la densidad favorece al aumento en la capacidad de aislamiento térmico. El hormigón liviano con los agregados experimentales presentó la menor densidad y mayor capacidad de aislamiento térmico. Otra característica técnica favorable desde el punto de vista durable es el menor volumen de poros permeables, sin embargo, presentó el menor valor de resistencia a compresión. Debido a que la rotura de los hormigones livianos ocurrió por el agregado liviano, un aumento de la resistencia a compresión implicaría un aumento de la densidad de los agregados, lo que conllevaría a una disminución de su capacidad de aislamiento térmico.

Los resultados obtenidos en estos primeros ensayos muestran que es posible producir hormigón liviano con capacidad de aislamiento térmico, utilizando un pasivo ambiental como materia prima. Como consideración a futuro, se espera poder evaluar la capacidad de aislamiento acústico de los hormigones livianos y evaluar la relación de ambas propiedades con la estructura porosa y densidad de los agregados livianos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Ing. María Beatriz Silverii (CPA, CONICET) por su colaboración en las imágenes en lupa.

Fuentes de financiamiento

Este trabajo fue posible gracias al apoyo recibido por el CONICET (PIP 2021-2023, 11220200102895CO).

Contribución de autoría

C. Martinefsky: conceptualización, metodología, investigación, análisis formal, redacción-original-borrador, visualización. F. Daoud: investigación, análisis formal, redacción-revisión-edición. S. Zito: investigación, metodología, redacción-revisión-edición. M. Stipcich: metodología, recursos, redacción-revisión-edición. A. Mocciaro: investigación, redacción-revisión-edición. F. Irassar: metodología, redacción-revisión-edición, adquisición de fondos. A. Tironi: conceptualización, redacción-original-borrador, supervisión, adquisición de fondos.

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe algún conflicto de interés.

Referencias

- [1] Rashad, A. M. (2018). Lightweight expanded clay aggregate as a building material – An overview. *Construction and Building Materials*, 170, 757–775. <https://doi.org/gg85f2>
- [2] Omran, Ş. (2024). A Review of Lightweight Concrete in Civil Engineering. *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 14(4), 378–404. <https://doi.org/rmnb>
- [3] Behera, D., Liu, K. Y., Rachman, F., y Worku, A. M. (2025). Innovations and Applications in Lightweight Concrete: Review of Current Practices and Future Directions. *Buildings*, 15(12), 2113. <https://doi.org/rmnc>
- [4] Asociación Española de Normalización y Certificación (2004). UNE-EN 13055-1. *Áridos ligeros. Parte 1: Áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado*.

- [5] González-Corrochano, B., Alonso-Azcárate, J., y Rodas, M. (2014). Effect of prefiring and firing dwell times on the properties of artificial lightweight aggregates. *Construction and Building Materials*, 53, 91–101. <https://doi.org/rmnd>
- [6] Thienel, K. C., Haller, T., y Beuntner, N. (2020). Lightweight Concrete—From Basics to Innovations. *Materials*, 13(5), 1120. <https://doi.org/mb2j>
- [7] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2008). *IRAM 1567. Agregados livianos para hormigón estructural*.
- [8] Cheeseman, C. R., y Viridi, G. S. (2005). Properties and microstructure of lightweight aggregate produced from sintered sewage sludge ash. *Resources, Conservation and Recycling*, 45(1), 18–30. <https://doi.org/drv9zx>
- [9] 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. <https://doi.org/rmng>
- [10] Ren, P., Ling, T. C., y Mo, K. H. (2021). Recent advances in artificial aggregate production. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125215. <https://doi.org/gnvqxw>
- [11] Asadi, I., Shafigh, P., Abu Hassan, Z. F. B., y Mahyuddin, N. B. (2018). Thermal conductivity of concrete – A review. *Journal of Building Engineering*, 20, 81–93. <https://doi.org/ghtxh8>
- [12] Zhang, P., Wang, L., Wei, H., y Wang, J. (2021). A Critical Review on Effect of Nanomaterials on Workability and Mechanical Properties of High-Performance Concrete. *Advances in Civil Engineering*, 2021(1), 8827124. <https://doi.org/rmnh>
- [13] Ozguven, A., y Gunduz, L. (2012). Examination of effective parameters for the production of expanded clay aggregate. *Cement and Concrete Composites*, 34(6), 781–787. <https://doi.org/mb2d>
- [14] Moreno-Maroto, J. M., González-Corrochano, B., Alonso-Azcárate, J., Rodríguez, L., y Acosta, A. (2017). Manufacturing of lightweight aggregates with carbon fiber and mineral wastes. *Cement and Concrete Composites*, 83, 335–348. <https://doi.org/gfvqnn>
- [15] Lee, K. H., Lee, J. H., Wie, Y. M., y Lee, K. G. (2019). Bloating Mechanism of Lightweight Aggregates due to Ramping Rate. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019, 1–12. <https://doi.org/rmni>
- [16] Cobo-Ceacero, C. J., Moreno-Maroto, J. M., Guerrero-Martínez, M., Uceda-Rodríguez, M., López, A. B., Martínez García, C., y Cotes-Palomino, T. (2023). Effect of the addition of organic wastes (cork powder, nut shell, coffee grounds and paper sludge) in clays to obtain expanded lightweight aggregates. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 62(1), 88–105. <https://doi.org/rmnk>
- [17] Asociación Española de Normalización y Certificación (2003). *EN-UNE 1097-6. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua*.
- [18] ASTM International (2023). *ASTM C29/C29M. Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*.
- [19] Sooksaen, P., y Karawatthanaworrakul, S. (2015). The properties of Southern Thailand clay-based porous ceramics fabricated from different pore size templates. *Applied Clay Science*, 104, 295–302. <https://doi.org/f6zq92>
- [20] Anaya, R., Martínez, J. M., Hernández, M. F., Herrea, M. S., y Rendtorff, N. M. (2022). Individual diametral compression behavior of a ceramic proppant. *Ceramics International*, 48(21), 32357–32365. <https://doi.org/mb2h>
- [21] Neville, A. M. (1988). *Tecnología del concreto: Tomo 1*. Editorial Limusa S.A.
- [22] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2005). *IRAM 1624. Cemento Portland. Método de ensayo para la determinación de la densidad*.
- [23] German Institute for Standardization. (2014). *DIN ISO 9277. Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption – BET method*.
- [24] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2003). *IRAM 1505. Agregados. Análisis granulométrico*.
- [25] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1997). *IRAM 1627. Agregados. Granulometría de los agregados para hormigones*.

- [26] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2002). *IRAM 1520. Agregados finos. Métodos de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua.*
- [27] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2002). *IRAM 1536. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono.*
- [28] ASTM International (1997). *ASTM C642. Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete.*
- [29] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2002). *IRAM 1622. Cemento Pórtland. Determinación de resistencias mecánicas.*
- [30] Daoud, F. (2025). *Análisis de la mejora del aislamiento térmico en viviendas, utilizando placas de cemento alivianadas con Poliestireno Expandido recuperado.* [Disertación Trabajo Final, Licenciatura en Tecnología Ambiental, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25721.17768>
- [31] Farina, I., Moccia, I., Salzano, C., Singh, N., Sadrolodabae, P., y Colangelo, F. (2022). Compressive and Thermal Properties of Non-Structural Lightweight Concrete Containing Industrial Byproduct Aggregates. *Materials*, 15(11), 4029. <https://doi.org/rmnn>
- [32] Traversa, L. P. (2004). Hormigones estructurales con agregados livianos. En E. F. Irassar (Ed.), *Hormigones especiales* (pp. 253–278). Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- [33] Shafigh, P., Asadi, I., Akhiani, A. R., Mahyuddin, N. B., y Hashemi, M. (2020). Thermal properties of cement mortar with different mix proportions. *Materiales de Construcción*, 70(339), e224. <https://doi.org/rmnp>
- [34] Cavalline, T. L., Gallegos, J., Castrodale, R. W., Freeman, C., Liner, J., y Wall, J. (2021). Influence of Lightweight Aggregate Concrete Materials on Building Energy Performance. *Buildings*, 11(3), 94. <https://doi.org/g52txt>