

Sostenibilidad y desempeño del poliestireno expandido en el desarrollo de concreto liviano

Sustainability and performance of expanded polystyrene in the development of lightweight concrete

Jose Luis Castro Candiotti  

Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú

Recibido: 13/04/2025

Revisado: 15/05/2025

Aceptado: 20/06/2025

Publicado: 30/06/2025

RESUMEN

Se propuso reportar la evidencia científica que soporte la sostenibilidad y el desempeño del poliestireno expandido en el desarrollo de concreto liviano para validar el uso de este tipo de concreto como una buena opción para los constructores y, pueda ser incluido como parte de las alternativas permitidas por la normatividad de los países latinoamericanos. Se hizo una revisión bibliométrica y sistemática, empleando booleanos como estrategia de búsqueda. Los criterios de inclusión y exclusión mediante PRISMA, permitieron seleccionar 10 artículos de los cuales se desagregaron dos componentes clave: Características de los efectos en el rendimiento y Análisis de sostenibilidad. Se evidenció que el empleo de poliestireno expandido (EPS) como agregado den concretos livianos posee un amplio potencial para aportar a la sostenibilidad en el sector de la construcción civil. Sin embargo, se constató que su desempeño mecánico se ve afectado negativamente en la medida que aumenta su proporción dentro de las mezclas, por lo que su empleo debe estar condicionado a las aplicaciones donde se requieran altos niveles de resistencia estructural. Finalmente, se recomienda que debe trabajarse las condiciones metodológicas para la estandarización metodológica de las mediciones en la caracterización del concreto con EPS para incrementar la posibilidad de comparar resultados y consolidar propuestas de parámetros normativos aplicables en contextos reales de la sociedad.

PALABRAS CLAVES: Sostenibilidad, reciclaje, concreto liviano, poliestireno, plásticos.

ABSTRACT

It reported the scientific evidence that supports the sustainability and the use of expanded polyester in the design of Livian concrete to validate the use of this type of concrete as a good option for builders. In that case, it could be included as part of the alternatives permitted by the regulations of the Latin American countries. If you conducted a bibliometric and systematic review, it implemented booleans as a research strategy. Through the PRISMA methodology, the inclusion and exclusion criteria allowed you to select 10 items separated into the following key components: Characteristics of the effects on performance and sustainability analysis. The construction of expanded polystyrene (EPS) combined with light concrete has considerable potential to bring about sustainability in the civil construction sector. However, it has been noted that the mechanical model is negatively affected by the increase in proportion within the mixtures. Therefore, the member must be conditioned for applications with high structural resistance levels. Finally, it is recommended that the methodological conditions for the methodological standardization of medicines in the character of the concrete must be addressed with EPS to increase the possibility of comparing results and consolidate proposals of normative parameters applicable in the real context of society.

KEY WORDS: Sustainability, recycling, Livian concrete, polyester, plastic.

INTRODUCCION

Dentro del campo de acción de la ingeniería civil el uso de materiales evoluciona en la misma medida que la tecnología y las tendencias de construcción sostenible, sin menoscabo de la eficiencia que demanda la modernidad ni la imperiosidad de respeto al medio ambiente. En ese proceso, el concreto es un material que también está cambiando, siendo objeto de muchas investigaciones que buscan mejorar sus propiedades mecánicas y comportamiento bajo las condiciones actuales y aquellas que se prevén tener en el futuro.

Actualmente, dentro de la tendencia del desarrollo sostenible se opta por edificaciones verticales para proveer viviendas a las personas, sin embargo, uno de los problemas identificados es la carga concentrada que puede afectar la cimentación o la resistencia ante movimientos telúricos (Bataineh & Alrabee, 2018) ante lo cual los investigadores han aportado con variedades de concretos denominados especiales (Gorsevski et al., 2012), que se caracteriza por su baja densidad y le da ligereza de peso. No obstante, la ciencia de materiales aún no es concluyente respecto a su comportamiento frente a eventos asociados con externalidades ni su efectividad en el tiempo, por lo que hace ineludible la necesidad de seguir hurgando en este tema para brindar soluciones innovadoras a los futuros desafíos (Lu et al., 2021).

Precisamente, una innovación interesante en el concreto es la incorporación de perlas de poliestireno expandido (EPS) que se proyecta a ser la solución en la reducción del peso del material en construcciones y, paralelamente transformarse en una barrera térmica aislante en las viviendas (Imtiaz et al., 2024; Kaya & Kar, 2016). Una de las características de este tipo de concreto es su bajo peso, ya que incluye una gran cantidad de aire en la composición de la estructura, y esto favorece a disminuir la carga propia del concreto, incidiendo positivamente en la reducción de requerimientos de materiales y costos (J. H. Chen et al., 2011; Kaya & Kar, 2016).

Si bien los materiales derivados del poliestireno se emplean hace mucho tiempo en la industria de la construcción, el uso más frecuente se orienta a una función de aislamiento. Sin embargo, en algunas economías emergentes ya han incursionado a la fabricación de materiales con complementos derivados de este polímero (Ngugi et al., 2017). De esa manera, iniciativas técnicas han incorporado materiales ligeros en el concreto como una estrategia utilizada para mejorar diversas propiedades del material, tales como la densidad y el aislamiento térmico. Sin embargo, es fundamental comprender cómo estos cambios de la composición afectarían otras propiedades cruciales del concreto, especialmente en contextos urbanos donde la sostenibilidad y la eficiencia de los materiales de construcción son de suma importancia (Kaya & Kar, 2016; Lu et al., 2021)

Justamente, una de las situaciones problemáticas observables para su difusión y uso masivo en las construcciones es la desconfianza de los constructores, probablemente debido a que no se ha reportado de manera amplia la sostenibilidad del uso de poliestireno expandido en el concreto y tampoco se haya validado el desarrollo de su rendimiento dentro del cultura constructiva latinoamericana. En ese sentido, el objetivo de esta revisión es reportar la evidencia científica que soporte la sostenibilidad y el desempeño del poliestireno expandido en el desarrollo de concreto liviano, lo que permitirá validar el uso de este tipo de concreto como una

buena opción para los constructores y, pueda ser incluido como parte de las alternativas permitidas por la normatividad de los países latinoamericanos.

El poliestireno expandido (EPS) es un material de naturaleza plástica espumada. Es un derivado del poliestireno y se caracteriza por su baja densidad, lo que le brinda ligereza. Estas propiedades lo convierten en un material ideal para muchas aplicaciones, usualmente como aislante térmico y material de aligeramiento en el rubro de la construcción civil (Xu et al., 2012). Específicamente, en el ámbito del concreto liviano, el EPS se emplea como un agregado que reduce la densidad del material de construcción, disminuyendo el peso de las estructuras y potenciando la capacidad aislante (Liu & Chen, 2014; Llor-Santos & Ruiz-Párraga, 2024). La añadidura de este material al concreto facilita el manejo de la carga estructural de las construcciones, además de incrementar la durabilidad del concreto, pues no se descompone por actividad de ningún microorganismo (Assaad & El Mir, 2020; Ramli Sulong et al., 2019).

Es importante destacar que, a pesar de las ventajas del EPS, éste es frágil a la exposición a la fuerza pudiendo comprometer la integridad estructural en aplicaciones donde se requiera resistencia mecánica e inflamable con facilidad, lo que representa un riesgo significativo en casos de incendios, sobre todo en aplicaciones donde la resistencia a estos siniestros sea crucial (El Gamal et al., 2024). Además, es susceptible a los solventes orgánicos como la acetona, butanona, benceno y tolueno, minimizando su uso en entornos donde estos químicos estén presentes (B. Chen & Liu, 2004; Sayadi et al., 2016). Por último, considerando que el EPS es un material no biodegradable, su impacto ambiental es considerable debido a que tardaría hasta siglos en descomponerse, contribuyendo a la contaminación y planteando desafíos en la gestión de sus residuos (Assaad & El Mir, 2020; Herki & Khatib, 2017a).

METODOLOGIA

Enfoque y tipo de revisión: Para el abordaje de la temática de estudio se aplicó una mixtura de la revisión bibliométrica y sistemática. Con el primer enfoque se analizó el impacto científico que tiene el empleo de del poliestireno expandido en el desarrollo de concreto liviano, identificando los autores más destacados, las fuentes más citadas y las redes de colaboración en este tema (Aria & Cuccurullo, 2017). Por su parte, la revisión sistemática aseguró la rigurosidad en la selección de literatura relevante, empleando las directrices de PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta- Analyses*) (Liberati et al., 2009; Moher et al., 2009).

Estrategia de búsqueda: Se hizo una búsqueda exhaustiva de información en bases de datos académicas reconocidas como: *Scopus*, *WoS*, *ScienceDirect* y *SpringerLink* (para literatura específica). Adicionalmente se tuvo como complemento el uso del Google Scholar. Se empleó las siguientes palabras clave en inglés usando operadores booleanos (“*expanded polystyrene*” OR “*EPS*”) AND (“*lightweight concrete*” OR “*concrete sustainability*”) AND (“*performance*” OR “*strength*” OR “*insulation*”) y en español (“poliestireno expandido” OR “*EPS*”) AND (“hormigón ligero” OR “sostenibilidad del hormigón”) AND (“rendimiento” OR “resistencia” OR “aislamiento”). El periodo de búsqueda será en los recientes 10 años, para asegurar la actualidad de la información.

Criterios de inclusión y exclusión: *Inclusión:* Artículos publicados en revistas indizadas o *Proceedings* revisados por pares, provenientes de estudios revisados por pares, estudios experimentales o descriptivos relacionados con el uso del EPS en concreto liviano. *Exclusión:* Estudios sin datos concluyentes o publicaciones en idiomas distintos al español o inglés, adicionando a aquellos que incumplan el requisito de la fuente del Publisher.

Análisis bibliométrico: Se emplearán herramientas metodológicas para el análisis como la triangulación para la identificación de las tendencias en las publicaciones reportadas, el análisis de las redes de colaboración entre los autores y sus instituciones y la evaluación de los artículos más citados (Aria & Cuccurullo, 2017; Donthu et al., 2021).

Revisión sistemática: Se aplicó la metodología PRISMA con las siguientes fases: Identificación, que consiste en la extracción inicial de las publicaciones relevantes para este estudio. Filtrado (*Screening*), que consistió en la eliminación de duplicados y selección mediante el análisis de los títulos y resúmenes. Selección: Que consistió en la elegibilidad basado en la evaluación completa del contenido textual de los estudios seleccionados. Inclusión: Visualizados en la síntesis analítica de los artículos elegidos (Liberati et al., 2009; Moher et al., 2009). Para la evaluación se consideraron los siguientes criterios: Desempeño mecánico y térmico del EPS en concreto; impacto ambiental; Comparaciones con otros agregados livianos.

RESULTADOS

Características generales de los estudios analizados.

Como parte de los resultados se seleccionaron los artículos que cumplieron con los siguientes criterios: [Contenido de Poliestireno en el hormigón]; [validación experimental del EPS en hormigón]; [métricas de medición del rendimiento del EPS en hormigón]; [análisis comparativo de rendimiento del hormigón con EPS y sin EPS]; [Evaluación de la sostenibilidad del hormigón con EPS]; [Diferencias metodológicas del empleo del EPS en hormigón]. Se consideró todos los resultados obtenidos y se consolidaron los criterios seleccionados elaborando un juicio holístico

En el proceso de sistematización se identificó el tipo de estudio de cada artículo revisado los mismos que fueron: Experimentales, cuasi experimentales, estudios comparativos e investigación de laboratorio. Asimismo, se ponderó los materiales experimentales y la composición que usaron en cada estudio: Tipos de poliestireno (EPS) empleados; proporción de EPS empleado en las mezclas con hormigón; materiales adicionales [como PET, vermiculita, arcilla] y los métodos de preparación específica para concreto ligero.

Para el caso de las métricas de rendimiento del hormigón se usaron los criterios de: resistencia a la compresión (MPa), porcentaje de reducción de la densidad del hormigón, tasa de absorción de agua, resistencia a la flexión y velocidad de pulso ultrasónico. Debe precisarse que para cada métrica se registraron los valores numéricos, se anotó el tiempo que se empleó en la medición, las unidades de medida y se resaltó cualquier dato adicional comparativo con el hormigón tradicional empleado.

En el caso de los indicadores ambientales y de sostenibilidad, se identificó y extrajo la información vinculada con la sostenibilidad como: la proporción de reciclaje de materiales de desecho, los detalles relacionados con la evaluación del impacto ambiental, las comparaciones de análisis de costo-beneficio y los beneficios ambientales potenciales del empleo del EPS en el hormigón

En el criterio de limitaciones y recomendaciones del uso del EPS en hormigón, se identificaron las limitaciones del enfoque del hormigón ligero, se resaltaron las recomendaciones específicas para futuras pesquisas y se mencionaron las posibles limitaciones en las aplicaciones prácticas de este tipo de hormigón.

Tabla 1*Resultados de las características de los estudios reportados**

Autor(es)	Tipo de investigación	Propiedades del EPS estudiado	Contexto de empleo del EPS	Resultados primarios obtenidos
(Cabezas, 2019)	Experimental - nivel de laboratorio	EPS expandido modificado	Potencialidad de empleo como Concreto estructural	Mostró resistencia a la compresión y reducción de la densidad
(Carvalho & Motta, 2019)	Experimental - comparativo	EPS reciclado & perlas de EPS de 1.2 a 4.8 mm	Concreto ligero	Mostró resistencia a la compresión y propiedades térmicas y capacidad de absorción capilar
(Chávez et al., 2024)	Experimental - nivel de laboratorio	Perlas de EPS estabilizado (0.5mm de diámetro)	Bloques de concreto comprimido para vibraciones fuertes	Mostró resistencia a la compresión y disminución de la densidad
(Herki & Khatib, 2017b)	Experimental - comparativo	EPS estabilizado & Agregados con 80% de residuos de EPS	Agregados de concreto ligero	Mostró resistencia a la compresión y disminución de la densidad y capacidad de absorción de agua
(Herki et al., 2013)	Experimental - nivel de laboratorio	EPS estabilizado & Agregados con 70% de residuos de EPS	Concreto ligero	Mostró resistencia a la compresión e incremento a la velocidad de pulso ultrasónico
(Mercader-Moyano et al., 2016)	Experimental - nivel de laboratorio	EPS de desperdicios sólidos municipales	Compuestos basados en cemento	Mostró resistencia mecánica, capacidad térmica y de absorción de agua
(Petrella et al., 2020)	Experimental Comparativo - nivel de laboratorio	EPS reciclado (1-2mm; 2-4 mm y 4-6 mm)	Morteros de cemento	Mostró resistencia en la compresión, reducción de la densidad y aislamiento térmico
(Villalta-Góngora et al., 2023)	Experimental Comparativo - nivel de laboratorio	EPS (Proporción no especificada en el estudio)	Bloques ligeros de concreto	Mostró resistencia en la compresión
(Villalta-Góngora et al., 2023)	Experimental Comparativo - nivel de laboratorio	EPS (Proporción de mezcla 20%)	Bloques ligeros de concreto	Mostró resistencia en la compresión
(De Souza-Lima et al., 2018)	Experimental Comparativo - nivel de laboratorio	EPS (Tipo y proporción no especificada en el estudio)	Concreto ligero	No fue claro en las conclusiones, indicando solamente un potencial en su empleo

* Debe señalarse que los criterios aplicados para este resultado fueron: Tipo de investigación; Propiedades del EPS estudiado; Contexto de empleo del EPS; Resultados primarios obtenidos.

Como se apreció en la Tabla 1. De los 10 estudios considerados de naturaleza experimental, nueve se etiquetaron como experimentales puros, ocho de investigación a nivel de laboratorio y seis fueron comparativos. Solamente cuatro fueron mixtos. Asimismo, tres estudios emplearon EPS reciclado, lo que brinda un detalle interesante de tendencia hacia la sostenibilidad. En dos estudios se usaron perlas de EPS y poliestireno estabilizado. Solamente un estudio mencionó el uso de EPS expandido modificado; dos estudios especificaron el tipo de EPS usado y dos estudios no señalaron las proporciones de EPS empleadas en la mezcla de experimentación.

Adicionalmente, el contexto de empleo del EPS más común fue el hormigón ligero (detectado en cuatro estudios). Dos estudios señalaron usar bloques ligeros. Para

el hormigón estructural, bloques pesados para resistencia a vibraciones, compuestos a base de cemento y morteros de cemento, solamente se observó en una investigación respectivamente.

Los resultados primarios medidos en los estudios fueron mayoritariamente de resistencia a la compresión (visto en ocho estudios); reducción de la densidad (cuatro artículos); análisis de propiedades térmicas o de aislamiento (03); capacidad de absorción de agua (visto en dos estudios). Otras propiedades como la resistencia mecánica, la velocidad de pulso ultrasónico y la absorción capilar se midieron en un solo estudio. Solamente en un estudio el resultado no fue cuantitativamente claro.

Características de los efectos en el rendimiento

a) *Propiedades mecánicas.*

Tabla 2.

Propiedades mecánicas reportadas en los estudios.

Autor(es)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Reducción de la densidad (%)
(Cabezas, 2019)	17.25	26.8
(Carvalho & Motta, 2019)	< 20.0	No es cuantitativamente claro el resultado
(Chávez et al., 2024)	11.42 (Evaluado a los 28 días)	2.67
(Herki & Khatib, 2017b)	4.6 - 16.4 (Evaluado a los 28 días)	8.0 - 52.0
(Herki et al., 2013)	Disminuyó con el incremento del EPS estabilizado y cenizas flotantes	No es cuantitativamente claro el resultado
(Mercader-Moyano et al., 2016)	Reducción significativa comparada con el tradicional	No es cuantitativamente claro el resultado
(Petrella et al., 2020)	50.0 - < 10.0	Significativo (2100 Kg/m ³ hasta 900 kg/m ³)
(Villalta-Góngora et al., 2023)	9.57; 9.53; 9.48 (Evaluado a 28 días)	No es cuantitativamente claro el resultado
(Villalta-Góngora et al., 2023)	9.57; 9.53; 9.48 (Evaluado a 28 días)	No es cuantitativamente claro el resultado
(De Souza-Lima et al., 2018)	No es cuantitativamente claro el resultado, solo hizo una mención cualitativa	No es cuantitativamente claro el resultado

En ninguno de los estudios evaluados para esta revisión se advirtió datos para la reducción del peso (Kg) ni para la capacidad de trabajabilidad en campo, por lo que se optó por no mostrarlo en la Tabla 2. Por otra parte, respecto a la resistencia a la compresión, el 90% de los trabajos evaluados reportó dichas características, de los cuales: cuatro reportaron valores inferiores a 20 MPa y dos de ellos, inferiores a 10 MPa. Dos estudios indicaron valores en el rango entre 10 a 20 MPa. Un estudio informó un amplio rango (50 a <10MPa). Tres estudios mostraron disminuciones cualitativas en la resistencia a la compresión, pero no indicaron cantidades.

Se encontraron datos de reducción de densidad en cuatro de los 10 estudios seleccionados. Uno mostró una reducción baja (2.67%). Dos indicaron reducciones de rangos contenidos entre 8 a 52%. Solamente uno mostró una reducción

significativa de 2100 kg/m³ a 900 kg/m³. No se indicó datos de reducción de densidad en seis estudios.

b) Propiedades térmicas y físicas.

Respecto a este criterio se indica que los estudios analizados no proporcionaron información detallada sobre estas propiedades. Los autores que lo hicieron reportaron mejoras notables en las características de aislamiento térmico y absorción de agua del hormigón con EPS en comparación con el tradicional. De esa manera, Carvalho & Motta (2019) indicaron que los hormigones con EPS presentaron mejores propiedades térmicas y mayor absorción capilar en comparación con el hormigón de referencia. Este importante hallazgo es especialmente significativo para aplicaciones donde la eficiencia térmica es una prioridad para las construcciones, como envolventes de edificios o sistemas de aislamiento.

Por su parte, Petrella et al. (2020) señalaron que los morteros hechos a base de EPS mostraron mayor hidrofobicidad y menor absorción de agua en comparación con las muestras a base de hormigón tradicional. Esta propiedad resultaría ventajosa en aplicaciones donde la resistencia a la humedad sea crucial, mejorando sustantivamente la durabilidad de las estructuras de hormigón en ambientes húmedos. En esa misma perspectiva, Mercader-Moyano et al. (2016) mencionaron que la adición de EPS mejoró la conductividad térmica, lo que podría resultar en una mayor eficiencia energética de los edificios. Este estudio también indicó tasas de absorción de agua entre el 3 al 7% en cinco días de evaluación, siendo comparablemente mejores que los ladrillos huecos tradicionales.

Análisis de sostenibilidad

a) Impacto ambiental

Tabla 3*Descripción de los impactos ambientales reportados por los estudios.*

Autor(es)	Potencial de reciclaje	Beneficios ambientales	Eficiencia térmica	Aplicabilidad
(Cabezas, 2019)	Usó EPS reciclado	Reduce el desperdicio evitando la incineración y residuos que van al vertedero	No es claro el resultado	No es claro el resultado
(Carvalho & Motta, 2019)	Usó 8.4% de EPS reciclado	Reduce el desperdicio y mejora las propiedades térmicas	Reportó mejoras	No es claro el resultado
(Chávez et al., 2024)	Usó EPS	Reduce los residuos de plásticos	No es claro el resultado	No es claro el resultado
(Herki & Khatib, 2017b)	Usó 80% de EPS reciclados en agregado & EPS reciclado	Reduce el uso de materiales plásticos	No es claro el resultado	No es claro el resultado
(Herki et al., 2013)	Usó residuos de EPS	Resuelve el problema del desecho y conserva los recursos	No es claro el resultado	No es claro el resultado
(Mercader-Moyano et al., 2016)	Usó EPS reciclado	Reduce las emisiones mejorando la eficiencia energética	Reportó mejoras	Reportó bajas emisiones de gases y disminución en la propagación de llamas.
(Petrella et al., 2020)	Usó EPS reciclado	Reduce los desechos primarios	Reportó mejoras	No es claro el resultado
(Villalta-Góngora et al., 2023)	Usó EPS	Reduce los desperdicios plásticos decreciendo el impacto ambiental	No es claro el resultado	No es claro el resultado
(Villalta-Góngora et al., 2023)	Usó EPS	Reduce los desperdicios plásticos decreciendo el impacto ambiental	No es claro el resultado	No es claro el resultado
(De Souza-Lima et al., 2018)	Usó EPS	Indica potencialidad en la eliminación de residuos plásticos	No es claro el resultado	No es claro el resultado

Como se observó, los 10 estudios seleccionados usaron algún tipo de EPS o derivado/desecho de Poliestireno. En cuatro de estos se utilizaron EPS sin especificar si se trataba de nuevo o reciclado. En contraste, tres señalaron que era reciclado. Solo dos estudios especificaron las proporciones de material reciclado en 8.4% y 80%. Solamente un estudio reportó haber usado EPS de desecho. Ahora, respecto a los beneficios ambientales, todas las investigaciones señalaron al menos un beneficio ambiental. En detalle, tres declararon reducir los residuos plásticos y dos mencionaron reducción de residuos en términos generales. No obstante, es destacable también indicar que hubo condiciones amigables con el ambiente. Así, se mencionó la reducción y evitamiento de la incineración o vertido en botaderos. Reducción del uso de materiales, mejora de la eficiencia energética (reportado en tres trabajos) y reducir las emisiones, entre otros. La aplicabilidad ambiental demostrable no fue claro en el 90% de los trabajos, sin embargo, solo uno que señaló bajas emisiones de humos y gases, así como reducida propagación de llamas.

b) Viabilidad económica sostenible.

Mayormente los estudios seleccionados se centraron en el detalle técnico y ambiental del hormigón con EPS, dejando relegada la viabilidad económica que se hará alusión. No obstante, Villalta-Góngora et al. (2023) mencionaron detalles respecto a los costos de su bloque aligerado, indicando que, cumpliendo los estándares de construcción ecuatorianos y ofreciendo beneficios ambientales, era un 33% más caro que los tradicionales, sugiriendo una posible compensación del costo con respecto a la sostenibilidad que ofrecía. Por su parte, Petrella et al. (2020) mencionaron que su proceso de producción de EPS reciclado era rentable, deduciéndose posibles beneficios económicos además de las ventajas ambientales inherentes al producto. En términos generales, se evidenció que estos tipos de artículos carecen de detalles analíticos de factibilidad económica, pudiendo inferirse algunas de ellas como que ésta dependería de factores de disponibilidad local de EPS reciclado además de detalles técnicos de optimización de la producción y cumplimiento de los requisitos técnico-normativos específicos para su aplicabilidad en el mercado real.

DISCUSIÓN

Como se ha observado, los hallazgos extraídos de las investigaciones seleccionadas permiten sostener que el poliestireno expandido (EPS) representa una alternativa viable para el desarrollo de los concretos livianos con un enfoque sostenible. Particularmente en aplicaciones no estructurales o de baja exigencia mecánica. La mayoría de los estudios reportados coincidieron en la reducción significativa de la densidad del concreto al incorporar EPS, con disminuciones que alcanzaron hasta un 52% en algunos casos (Herki et al., 2013), lo que contribuiría a reducir las cargas gravitacionales en los edificios, especialmente en los verticales, favoreciendo la eficiencia del diseño estructural

Respecto a las propiedades mecánicas fue notorio que la resistencia a la compresión disminuye proporcionalmente en función del incremento del contenido de EPS. No obstante, en composiciones optimizadas, dicha resistencia se mantuvo dentro de los márgenes aceptables para los concretos no estructurales, alcanzando incluso valores cercanos a 20 MPa (Cabezas, 2019; Carvalho & Motta, 2019). Estos hallazgos refuerzan el potencial del EPS como un agregado alternativo cuando se prioriza la reducción del peso sobre la resistencia estructural máxima.

Ahora, para el caso de los beneficios térmicos, aunque se reportó en menor cantidad de los estudios analizados, se sugiere una notable capacidad del EPS como aislante térmico, lo cual amplifica sus ventajas en climas extremos o edificaciones que prioricen la eficiencia energética (Petrella et al., 2020). A pesar de ello, la variabilidad metodológica entre estudios dificultó establecer una correlación directa entre las proporciones de EPS y el desempeño térmico, lo que podría evidenciar la necesidad de estandarizar los protocolos experimentales a las futuras pesquisas a nivel de laboratorio.

En términos de sostenibilidad, el uso de EPS reciclado fue reportado en varios estudios, destacando no solo el aprovechamiento de residuos industriales, sino también su contribución a la economía circular. No obstante, las limitaciones ambientales asociadas a la lenta degradación de este EPS, su inflamabilidad y sensibilidad a solventes, todavía plantean desafíos para su empleo a largo plazo en muchos contextos (Assaad & El Mir, 2020; El Gamal, 2024), especialmente el latinoamericano.

Un punto crítico detectado en los resultados fue la ausencia de uniformidad en la medición de las variables clave, en donde la aplicabilidad, la reducción de peso por unidad (Kg), la vida útil en condiciones reales y la evaluación del comportamiento en el campo limitan la extrapolación de los resultados hacia escenarios prácticos, lo que incrementa la desconfianza del sector constructivo tradicional que cuestiona la aplicabilidad y trabajabilidad en condiciones de la realidad.

A la sazón, precisamente las recomendaciones de algunos de los investigadores seleccionados enfatizan en las investigaciones que evalúen el comportamiento del concreto con EPS en condiciones de la vida real y durante periodos largos, midiendo el desempeño ante cargas dinámicas, variación de la

humedad, exposición a la radiación solar y a agentes químicos abrasivos. Por otra parte, es imprescindible unificar criterios de medición de las propiedades como la resistencia, densidad, trabajabilidad y aislamiento térmico, con la finalidad de generar datos comparables, facilitando el desarrollo de normativas técnicas reguladoras.

Adicionalmente, las evaluaciones de seguridad frente a siniestros, como los incendios, sugieren profundizar en el análisis del comportamiento del concreto con EPS pues, dado el carácter inflamable de este material base, sería importante ampliar pesquisas con incorporación de retardantes de llamas y/o recubrimientos protectores que minimicen los riesgos potenciales. Una probable solución sería innovar en mezclas híbridas con algún otro residuo industrial o agregados naturales que podrían mejorar el equilibrio ante la pérdida de la resistencia sin comprometer sustantivamente las propiedades térmicas o la disminución del peso. En ese sentido, es necesario seguir evaluando los ciclos de vida útil de estos productos, incorporando estudios de evaluación ambiental integral que vayan desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final, lo que permitiría validar la sostenibilidad del concreto con EPS con mayor precisión sostenible.

CONCLUSIONES

Esta revisión evidencia que el empleo de poliestireno expandido (EPS) como agregado de concretos livianos posee un amplio potencial para aportar a la sostenibilidad en el sector de la construcción civil. Entre sus principales ventajas destacaron la significativa reducción de la densidad del material, su capacidad como aislante térmico y la posibilidad probada de reutilizar los residuos plásticos, lo que fortalecería mucho más la economía circular.

Empero, se constató que su desempeño mecánico se ve afectado negativamente en la medida que aumenta su proporción dentro de las mezclas, por lo que su empleo debe estar condicionado a las aplicaciones donde se requieran altos niveles de resistencia estructural. Finalmente, la evidencia de la falta de estandarización metodológica de las mediciones para la caracterización del concreto con EPS limita considerablemente la posibilidad de comparar resultados y consolidar propuestas de parámetros normativos en la realidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los profesores de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Especialmente al Dr. Joaquín Vértiz Osores quien brindó sus consejos y apoyo para la culminación de este manuscrito.

REFERENCIAS

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2017.08.007>
- Assaad, J. J., & El Mir, A. (2020). Durability of polymer-modified lightweight flowable concrete made using expanded polystyrene. *Construction and Building Materials*, 249, 118764. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.118764>
- Bataineh, K., & Alrabee, A. (2018). Improving the Energy Efficiency of the Residential Buildings in Jordan. *Buildings*, 8(7), 85. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS8070085>
- Cabezas, G. M. (2019). Diseño de una losa de hormigón liviano de poliestireno expandido reciclado modificado. *Revista Ingeniería*, 3(6), 110–126. <https://doi.org/10.33996/REVISTAINGENIERIA.V3I6.37>
- Carvalho, C. H. R., & Motta, L. A. C. (2019). Study about concrete with recycled expanded polystyrene. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 12(6), 1390–1407. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952019000600010>
- Chávez, L. E., Villalobos Pérez, S., Martínez Molina, W., & Arreola Sánchez, M. (2024). Calidad de tabicones pesados con adición perlas de poliestireno pre-expandidas (EPS). *Ciencia Nicolaita*, 92, 116–128. <https://doi.org/10.35830/CN.VI92.815>
- Chen, B., & Liu, J. (2004). Properties of lightweight expanded polystyrene concrete reinforced with steel fiber. *Cement and Concrete Research*, 34(7), 1259–1263. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2003.12.014>
- Chen, J. H., Huang, J. S., & Chang, Y. W. (2011). Use of reservoir sludge as a partial replacement of metakaolin in the production of geopolymers. *Cement and Concrete Composites*, 33(5), 602–610. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2011.03.002>
- De Souza-Lima, D., Do Amaral, E., Rocha De Lima, K. G., Capellari, R., & Dias Do Espírito Santo, T. (2018). Estudo Comparativo Entre o Concreto Leve de PET e o Concreto Leve de EPS. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, 13(13), 23–28. <https://doi.org/10.17921/1890-1793.2018V13N13P23-28>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- El Gamal, S. (2024). Developing eco-friendly lightweight concrete mixes using recycled EPS beads for structural and non-structural applications. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1080/19648189.2024.2445550>
- El Gamal, S., Al-Jardani, Y., Meddah, M. S., Abu Sohail, K., & Al-Saidy, A. (2024). Mechanical and thermal properties of lightweight concrete with recycled expanded polystyrene beads. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 28(1), 80–94. <https://doi.org/10.1080/19648189.2023.2200830>
- Gorsevski, P. V., Donevska, K. R., Mitrovski, C. D., & Frizado, J. P. (2012). Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information

- systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. *Waste Management*, 32(2), 287–296. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2011.09.023>
- Herki, B. A., & Khatib, J. M. (2017a). Valorisation of waste expanded polystyrene in concrete using a novel recycling technique. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 21(11), 1384–1402. <https://doi.org/10.1080/19648189.2016.1170729>
- Herki, B. A., & Khatib, J. M. (2017b). Valorisation of waste expanded polystyrene in concrete using a novel recycling technique. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 21(11), 1384–1402. <https://doi.org/10.1080/19648189.2016.1170729>
- Herki, B. A., Khatib, J. M., & Negim, E. M. (2013). Lightweight concrete made from waste polystyrene and fly ash. *World Applied Sciences Journal*, 21(9), 1356–1360. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.21.9.20213>
- Imtiaz, A., Sharif, M. B., Irfan-ul-Hassan, M., Ghafoor, M. T., & Hasan, S. (2024). Effect of Expanded Polystyrene Beads on Mechanical, Thermal, and Acoustic Properties of Lightweight Concrete. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 50(3), 1715–1727. <https://doi.org/10.1007/S13369-024-09026-1/METRICS>
- Kaya, A., & Kar, F. (2016). Properties of concrete containing waste expanded polystyrene and natural resin. *Construction and Building Materials*, 105, 572–578. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2015.12.177>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1000100>
- Liu, N., & Chen, B. (2014). Experimental study of the influence of EPS particle size on the mechanical properties of EPS lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 68, 227–232. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2014.06.062>
- Lloor-Santos, J. L., & Ruiz-Párraga, W. E. (2024). Análisis de resistencia del hormigón utilizando poliestireno expandido como alternativa constructiva de alivianamiento en viviendas de interés social. *MQRInvestigar*, 8(3), 361–380. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.361-380>
- Lu, J. X., Shen, P., Ali, H. A., & Poon, C. S. (2021). Development of high performance lightweight concrete using ultra high performance cementitious composite and different lightweight aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 124, 104277. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2021.104277>
- Mercader-Moyano, P., Yajnes, M. E., & Caruso, S. I. (2016). Experimental characterisation of a cement-based compound with recycled aggregates and EPS from rehabilitation work. *Revista de La Construcción*, 15(3), 97–106. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2016000300010>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Antes, G., Atkins, D., Barbour, V., Barrowman, N., Berlin, J. A., Clark, J., Clarke, M., Cook, D., D'Amico, R., Deeks, J. J., Devereaux, P. J., Dickersin, K., Egger, M., Ernst, E., Gøtzsche, P. C., ... Tugwell, P. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and

- Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1000097>
- Ngugi, H. N., Kaluli, J. W., & Abiero-Gariy, Z. (2017). Use of Expanded Polystyrene Technology and Materials Recycling for Building Construction in Kenya. *American Journal of Engineering and Technology Management*, 2(5), 64–71. <https://doi.org/10.11648/J.AJETM.20170205.12>
- Petrella, A., Di Mundo, R., & Notarnicola, M. (2020). Recycled Expanded Polystyrene as Lightweight Aggregate for Environmentally Sustainable Cement Conglomerates. *Materials* 2020, Vol. 13, Page 988, 13(4), 988. <https://doi.org/10.3390/MA13040988>
- Ramli Sulong, N. H., Mustapa, S. A. S., & Abdul Rashid, M. K. (2019). Application of expanded polystyrene (EPS) in buildings and constructions: A review. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(20), 47529. <https://doi.org/10.1002/APP.47529>
- Sayadi, A. A., Tapia, J. V., Neitzert, T. R., & Clifton, G. C. (2016). Effects of expanded polystyrene (EPS) particles on fire resistance, thermal conductivity and compressive strength of foamed concrete. *Construction and Building Materials*, 112, 716–724. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.218>
- Villalta-Góngora, J., Mabel González-Tobar, E., Luis, C., & Fajardo, V.-. (2023). Diseño de un bloque alivianado utilizando poliestireno expandido, PET, vermiculita como agregados. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(3), 383–394. <https://doi.org/10.33386/593DP.2023.3.1708>
- Xu, Y., Jiang, L., Xu, J., & Li, Y. (2012). Mechanical properties of expanded polystyrene lightweight aggregate concrete and brick. *Construction and Building Materials*, 27(1), 32–38. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2011.08.030>