

Circularidad como alternativa sostenible en la autoconstrucción de viviendas en zonas vulnerables de Latinoamérica

Circularity as a Sustainable Alternative in the Self-Construction of Housing in Vulnerable Areas of Latin America

Enviado: noviembre 11 / 2023 • Evaluado: marzo 3 / 2024 • Aceptado: abril 10 / 2025

CÓMO CITAR

González-Vallejo, P., Yajnes M. E., Caruso S. I., y Muñoz-Sanguinetti, C. M. (2025). Circularidad como alternativa sostenible en la autoconstrucción de viviendas en zonas vulnerables de Latinoamérica. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 27(2), 149-174 <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2025.27.5704>

Patricia González-Vallejo*
Universidad de Sevilla (España)
<https://ror.org/03yxnp24>

Susana Inés Caruso***
Universidad de Buenos Aires (Argentina)
<https://ror.org/0081fs513>

Marta Edith Yajnes**
Universidad de Buenos Aires (Argentina)
<https://ror.org/0081fs513>

Claudia Marcela Muñoz-Sanguinetti****
Universidad del Bío-Bío Concepción (Chile)
<https://ror.org/04dndfk38>

RESUMEN

Este estudio evalúa la viabilidad económica y ambiental de incorporar subproductos derivados de residuos de construcción y demolición y materiales reciclados en la construcción de cerramientos de viviendas sociales en zonas vulnerables. Se aplica a un caso estudio en la ciudad de Temuco (Chile), comparando la propuesta con una solución constructiva convencional y con otras investigaciones que también emplean subproductos en edificación. La metodología incluye el análisis de costes apoyado en bases de datos de la construcción y en el proyecto arquitectónico para determinar los recursos y, los impactos económico y ambiental. La evaluación ambiental se realiza mediante indicadores como huella de carbono, huella ecológica, energía incorporada y generación de residuos de construcción y demolición, utilizando bases de datos especializadas como Ecoinvent y SimaPro. Los resultados muestran que el uso de subproductos no solo reduce los costes de construcción, sino que también disminuye el impacto ambiental, promueve la economía circular y fomenta el empleo local. La comparación con otros estudios indica que la propuesta tiene ventajas económicas y ambientales. No obstante, se identifica el uso del cemento como un factor de alto impacto ambiental, lo que sugiere la necesidad de explorar alternativas más sostenibles en futuras investigaciones. En conclusión, el estudio confirma la viabilidad económica y ambiental de soluciones constructivas sostenibles en viviendas sociales en zonas vulnerables, contribuyendo al desarrollo de prácticas más responsables y resilientes en el sector de la construcción.

Palabras clave

cerramientos sostenibles; economía circular; reutilización de residuos; subproductos; viviendas sociales

ABSTRACT

This study evaluates the economic and environmental feasibility of incorporating by-products derived from construction and demolition waste, as well as recycled materials, in the construction of enclosures for social housing in vulnerable areas. It is applied to a case study in the city of Temuco (Chile), comparing the proposed solution with a conventional construction method and with other studies that also employ by-products in building. The methodology includes cost analysis based on construction databases and the architectural project to determine resources and economic and environmental impacts. The environmental assessment is carried out using indicators such as carbon footprint, ecological footprint, embodied energy, and the generation of construction and demolition waste, using specialized databases such as Ecoinvent and SimaPro. The results show that the use of by-products not only reduces construction costs but also lowers environmental impact, promotes the circular economy, and supports local employment. Comparison with other studies indicates that the proposal offers economic and environmental advantages. However, the use of cement is identified as a major contributor to environmental impact, highlighting the need to explore more sustainable alternatives in future research. In conclusion, the study confirms the economic and environmental viability of sustainable construction solutions in social housing in vulnerable areas, contributing to the development of more responsible and resilient practices in the construction sector.

Keywords

By-products; circular economy; social housing; sustainable enclosures; waste reuse

- Arquitecta Técnica y Arquitecta, Universidad de Sevilla (España)
Máster en Gestión Económica y Ambiental, Universidad de Sevilla (España)
Doctora por la Universidad de Sevilla (España)
Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Gráfica, Grupo de investigación Arquitectura, Diseño y Técnica (ARDITEC TP172) de la Universidad de Sevilla (España)
Filiación institucional Universidad de Sevilla (España) Escuela Superior de Ingenieros. Dpto. Ingeniería Gráfica
<https://scholar.google.com.sg/citations?user=p2TeOYoAAAAJ&hl=en>
<https://orcid.org/0000-0002-3106-0837>
pgonzalez1@us.es / patriciagonzalezvallejo@gmail.com
- ** Arquitectura, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires (Argentina)
Maestría en Gestión Ambiental Metropolitana, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires (Argentina)
Filiación institucional Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura diseño y urbanismo, Unidad, Centro Experimental de la Producción. Buenos Aires (Argentina)
https://scholar.google.es/citations?user=d3K_oJMAAAAJ&hl=es
<https://orcid.org/0000-0002-7169-9555>
marta.yajnes@fadu.uba.ar / meyarch@gmail.com
- *** Arquitectura, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires (Argentina)
Maestría en Gestión Ambiental, Universidad Nacional de San Martín (Argentina)
Filiación institucional Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Unidad, Centro Experimental de la Producción
<https://scholar.google.com.ar/citations?user=Lw5vGYoAAAAJ&hl=es>
<https://orcid.org/0009-0002-5600-4097>
susana.caruso@fadu.uba.ar / arqas1@gmail.com
- **** Constructor Civil, Universidad del Bío-Bío. Concepción (Chile)
Doctor en Arquitectura y Urbanismo, Universidad del Bío-Bío. Concepción (Chile)
Filiación institucional Universidad del Bío-Bío, Departamento Ciencias de la Construcción, Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Grupo de Investigación Diseño y Procesos para la Construcción Sustentable DYPCS 2110375GI/EF Investigadora Asociada Centro de Investigación y en Tecnologías de la Construcción CITEC-UBB
<https://scholar.google.cl/citations?user=uCz8uEwAAAAJ&hl=en>
<https://orcid.org/0000-0002-4859-478X>
clmunoz@ubiobio.cl / ecoclau2011@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La aplicación de los principios de la economía circular (EC) y la eficiencia de los recursos en los edificios es esencial debido a su impacto ambiental y socioeconómico (Solís-Guzmán et al., 2024). El sector de la construcción, fundamental para el desarrollo social, influye significativamente en el empleo, el comercio de materiales y la infraestructura (Sarmiento-Rojas et al., 2020, p. 109). En la Unión Europea (UE), este sector representa el 50% del uso total de energía, el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el 50% de la extracción de materias primas (Comisión Europea, 2019). Para mitigar estos impactos, se han integrado políticas ambientales en estrategias gubernamentales basadas en criterios de EC (Fuchigami, 2020, p. 2449).

El Plan de Acción de la EC de la UE busca reducir el uso de recursos y promover flujos circulares de materiales en los edificios, para minimizar la generación de residuos (Comisión Europea, 2020). La EC mantiene el valor de los productos mediante reutilización y reciclaje, lo cual contribuye al crecimiento sostenible alineado con la Estrategia Europa 2030. Dado que la construcción impacta significativamente el medio ambiente (Jefatura Estado España, Ley 9/2017; Geissdoerfer, 2017, p. 757; Rossi, 2015, p. 8), es esencial adoptar estrategias sostenibles. La reutilización y reciclaje de materiales no solo reducen residuos, sino que también fomentan la innovación (Maalouf et al., 2018, p. 1640). Así, el desarrollo de nuevos sistemas constructivos con subproductos reciclados minimiza impactos y fortalece la EC en la construcción.

El cerramiento de viviendas representa entre el 25% y el 50% del proyecto en términos económicos y ambientales (González-Vallejo et al., 2019, p. 621; Gilani, 2017, p. 50). Controla pérdidas energéticas y reduce impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida (CV) del edificio. Sin embargo, la mayoría de los sistemas constructivos tradicionales emplean materiales con alto consumo energético, elevada huella de carbono y limitada capacidad de reutilización. Algunos estudios proponen alternativas como adobe, madera, paja, bambú o paneles de arcilla (Galán-Marín et al., 2018; Solís-Guzmán et al., 2015). Asimismo, los ecoladrillos fabricados con residuos domésticos ofrecen menor energía incorporada (EI) y costos ambientales (Hernández-Zamora et al., 2021).

Para evaluar el desempeño ambiental de los edificios es clave un análisis de circularidad con metodologías accesibles y cuantificables. Estas deben considerar el CV del edificio, desde la extracción de materias primas hasta su demolición, incorporando residuos de construcción y demolición (RCD) al ciclo productivo (Mercader et al., 2017a, pp. 97-106). El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es la herramienta más utilizada

para evaluar impactos ambientales (Jang et al., 2024, p. 228; Barbhuiya y Das, 2023, p. e02326; Warriier et al., 2024, p. 113892).

En la búsqueda de metodologías más simples, el sector de la construcción ha incorporado indicadores inicialmente desarrollados para otros ámbitos. Este estudio emplea los indicadores de huella de carbono (HC), huella ecológica (HE) y energía incorporada (EI). La metodología utilizada para el análisis económico y ambiental de edificaciones en fase temprana de diseño integra el Sistema de Clasificación de Información de la Construcción (SCI) empleado en el desarrollo de bases de costes de la construcción, con los indicadores HC, HE y EI, para obtener datos ambientales a partir de bases de datos especializadas (Solís-Guzmán et al., 2024).

Este estudio propone la construcción de cerramientos en zonas vulnerables con subproductos (SPs) de RCD y materiales reciclados, evaluando su viabilidad económica y ambiental. Esta estrategia ha sido aplicada en viviendas sociales en territorios vulnerables, como el área metropolitana de Buenos Aires (AMBA), Argentina (Rival y Salvia, 2016; Fernandez Castro, 2015), adaptando los subproductos a RCD locales y fomentando la autoconstrucción con participación de mujeres (Mercader-Moyano et al., 2017b, p. 381; Yajnes et al., 2017, p. 1047; Gaggino, 2006, p. 917).

Se eligió Chile como estudio de caso por su alto déficit habitacional y la necesidad de soluciones sostenibles para la vivienda social. Temuco, en la región de La Araucanía, se destaca por su rezago socioeconómico y el crecimiento urbano del 70% en tres décadas, lo que ha elevado el valor del suelo y agravado la precariedad habitacional (Garín Contreras et al., 2009, p. 113). La disponibilidad de RCD en la zona facilita la implementación de un modelo de EC, lo que reduce impactos ambientales y promueve la autoconstrucción (Vergara, 2019).

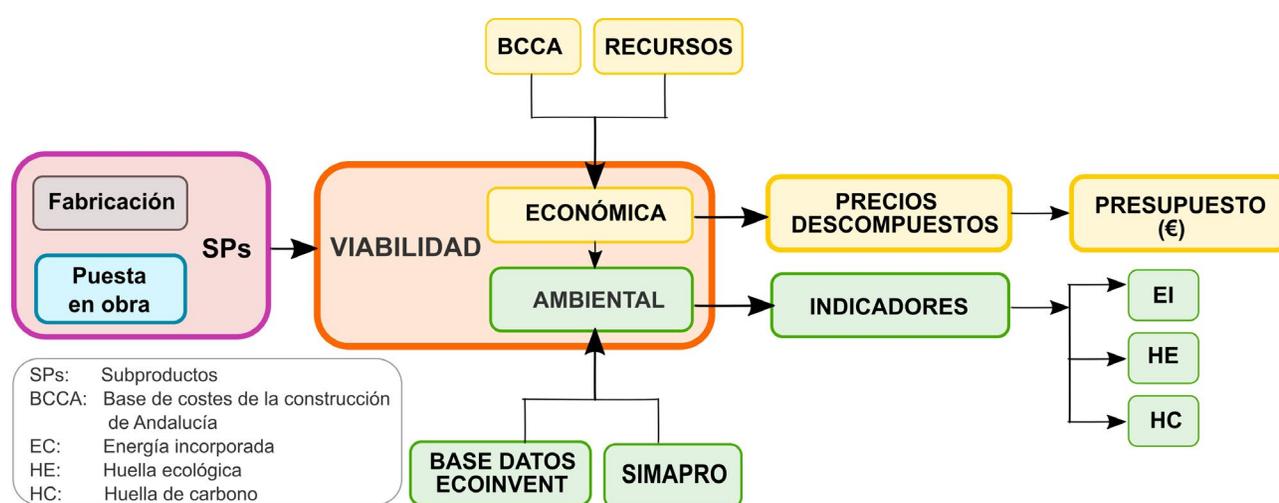
Para demostrar la viabilidad de la propuesta, se realiza un análisis comparativo con una solución constructiva tradicional de la zona. La metodología obtiene los recursos empleados a partir la base de costes de la construcción de Andalucía (BCCA) y un análisis ambiental que integra HC, HE y EI, mediante el uso de bases de datos como Ecoinvent y Simapro (González-Vallejo et al., 2018, pp. 32-51). Se plantea el uso de los subproductos ladrillón (SP1) y placa de papel cemento (SP2), que contienen materiales reciclados como poliestireno extruido (EPS), cascotes de RCD y papel de embalaje, integrados en una estructura independiente. Estos se comparan con un sistema de cerramiento tradicional chileno, buscando mitigar impactos ambientales y mejorar condiciones habitacionales en comunidades vulnerables.

METODOLOGÍA

El objetivo es realizar el análisis económico y ambiental del empleo de SPs derivados de RCD inertes y material reciclado en cerramientos de viviendas sociales en comparación con otros sistemas constructivos y materiales más tradicionales, aplicado a un caso de estudio de una vivienda social situada en la ciudad de Temuco (Chile). La metodología consiste, en primer lugar, en el desarrollo de los SPs, incluyendo el diseño, la fabricación y puesta en obra, según el sistema constructivo empleado. Se plantea una comparativa

entre el cerramiento original del proyecto (M1) y una nueva propuesta de cerramiento realizado con los SPs (M2). A continuación, se analiza la viabilidad económica y ambiental del mismo a partir de las bases de costes de construcción y los recursos empleados, para obtener el presupuesto. Con este análisis de recursos y los datos de emisiones de CO₂ tomados de bases de datos de Ecoinvent y Simapro (Ecoinvent Association, 2024), se realiza el análisis ambiental según los indicadores EI, HE y HC (Figura 1).

Figura 1. Esquema metodológico



Fuente: elaboración propia.

Metodología para el desarrollo de los SP

En la solución propuesta para el cerramiento se utilizan dos tipos de SPs: ladrillón (SP1) para la capa exterior y placa de papel cemento (SP2) para la capa interior, fabricados con RCD de obras cercanas. Se desarrolla un estudio de materiales y mano de obra disponibles en el lugar, recopilando e identificando los RCD y residuos sólidos urbanos (RSU) locales. Se determinan los sistemas constructivos más adecuados para los SPs, seguido de la fabricación utilizando moldes, maquinaria y herramientas apropiadas. Se capacita a la mano de obra local para la fabricación y montaje de los SP según los sistemas diseñados.

Se promueve la transferencia de conocimientos y el empleo local, lo que mejora el aspecto social, fundamental en los principios de la EC.

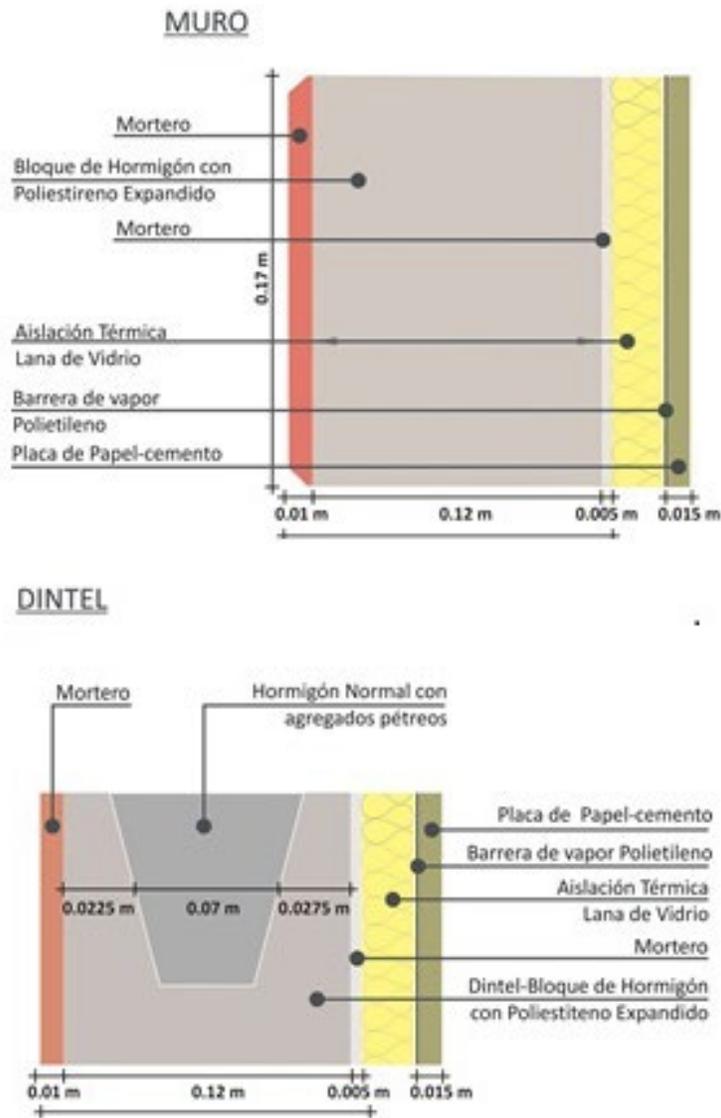
El cerramiento propuesto incluye bloques del sistema ladrillón (SP1), cámara de aire y aislamiento de lana de vidrio, con placas de papel cemento (SP2) en el interior. Estos sistemas se desarrollan en proyectos de UBACyT y FADU

UBA (Yajnes et al., 2017, p. 1047; Plaza et al., 2016, p. 451).

Fabricación de los Subproductos (SP1 y SP2) (bloque y placa)

Los materiales empleados en la fabricación del SP1 incluyen cemento, hormigón con EPS reciclado, cascotes de RCD, arena común, aditivo de colorante ferrite, agua y aditivo plastificante. En el caso del SP2, cemento, papel reciclado, arena común, agua, carbonato cálcico y ferrite. El sistema de cerramiento de ladrillón compacto (SLC) consiste en bloques de hormigón (SP1) (39 × 11 × 19 cm), con alma de 9 cm de EPS reciclado triturado y mezclado con RCD de obras cercanas. El SP1 incluye en ambas caras una capa de mortero de cemento (1:3) de 1 cm de espesor y el color exterior se define mediante aditivos (ferrite). En la cara interior del cerramiento se utiliza una placa de papel cemento de 1,5 cm de espesor (SP2) (Figura 2). En la Tabla 1 se definen los SP1 y SP2, con la especificación de materiales empleados, espesores y densidad. La cantidad de materiales del cerramiento (unidad por m²) se incluye en Tabla 2.

Figura 2. M2: Cerramiento bloque de hormigón EPS (SP1) y placa papel cemento (SP2)



Fuente: Plaza et al. (2016, p. 451).

Tabla 1. Materiales del cerramiento

Elemento	Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m ³)
Placa interior (SP2)	Papel cemento	1,5	1.000
Bloque exterior (39×11×19 cm) (SP1)	Capa interior: mortero de cemento	1	2.000
	Alma: hormigón de EPS+ cascote	9	1.000
	Capa exterior: mortero de cemento	1	2.000
Mezcla de asiento (HEPS)	Hormigón: EPS+cascote	10	1.500
Juntas	Mortero de cemento 1:3	1	2.000

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Plaza et al. (2016, p. 451).

Tabla 2. Consumo de materiales del cerramiento por unidad de superficie (m²)*

Elementos de cerramiento	Cemento. (kg)	Cal común (kg)	Arena común (kg)	Cascote albañilería (tamaño. 12 mm) (kg)	EPS (20 kg/m ³) (l)	Aditivo color ferrite (kg)	Cola carpintero. (kg)	Fibras polipropileno (kg)	Papel (kg)	Aditivo papel cemento (kg)	Agua (l)
Placa papel cemento	7,65	-	2,74	-	-	0,12	-	-	2,05	0,45	10
Bloque:											
Capa interior: mortero de cemento. 1:3	5	-	15	-	-	-	-	-	-	-	3
Alma hormigón EPS+cascote	22,5	-	22,5	22,5	84,38	-	0,9	-	-	-	11,25
Capa exterior: mortero cemento 1:3	5	-	15	-	-	0,5	-	-	-	-	3
Mezcla de asiento de hormigón EPS+cascote	2,56	1,28	7,68	-	6,4	-	0,1024	0,017	-	-	1,28
Toma de juntas de mortero cemento 1:3	0,36	-	1,08	-	-	-	-	-	-	-	0,22

*Consumo de materiales (1 m²)

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Plaza et al. (2016, p. 451).

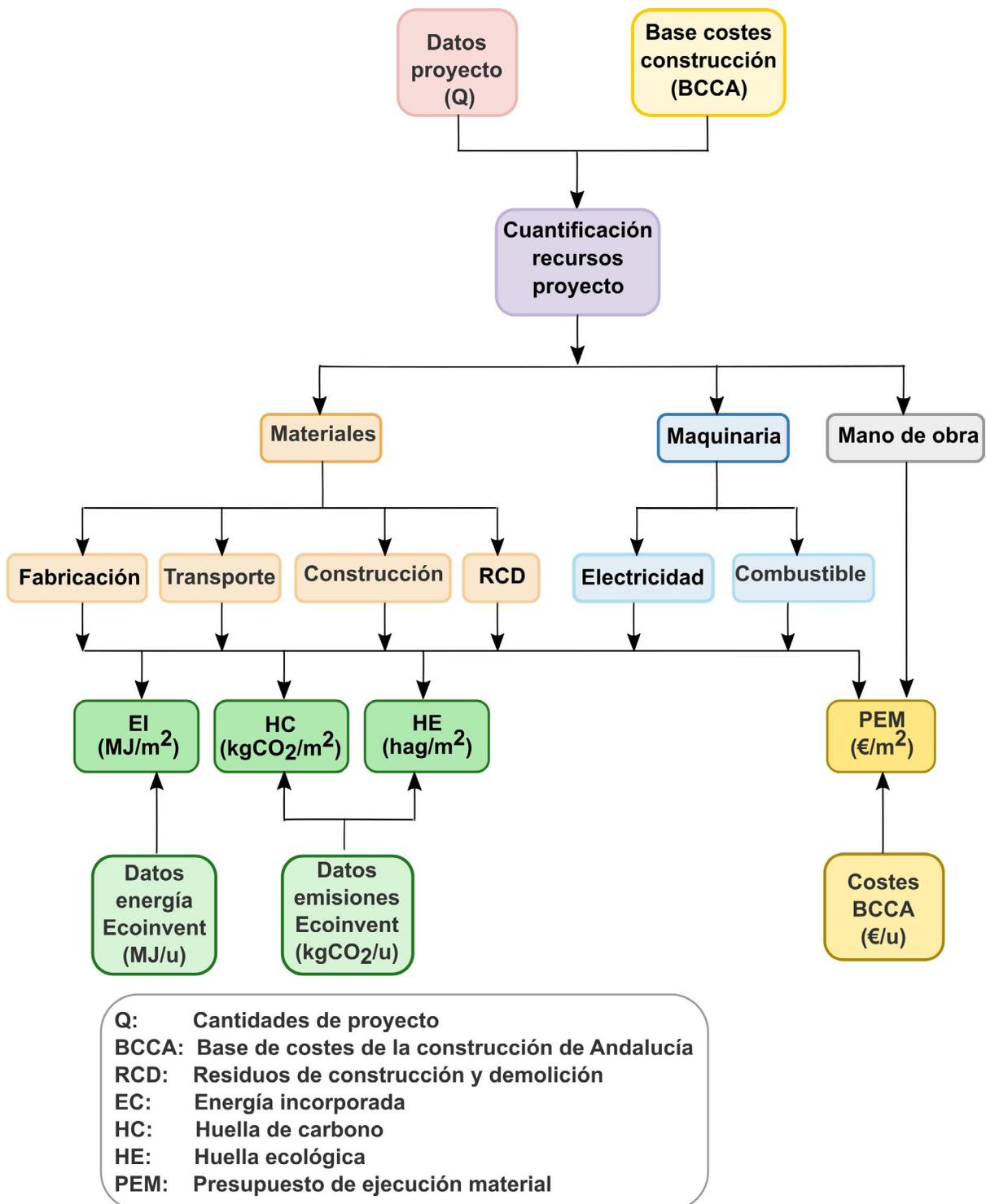
Análisis económico y ambiental

Para evaluar la viabilidad económica y ambiental de un proyecto, se necesita un estudio detallado de los recursos empleados en la obra (materiales, mano de obra y maquinaria) (Figura 3).

Se cuantifican los recursos según el Sistema de Clasificación de Información de Construcción de Andalucía (ACICS) (González-Vallejo et al., 2015a, p. 75; 2015b, p. e111; 2019 p. 621), usado en la Base de Costes de Construcción de Andalucía (BCCA) (Junta de Andalucía, Consejería Fomento y Vivienda, 2016). Este sistema garantiza su empleo en el modelo desarrollado, utilizando una estructura jerárquica que desarrolla precios básicos (PB) incluyendo los recursos

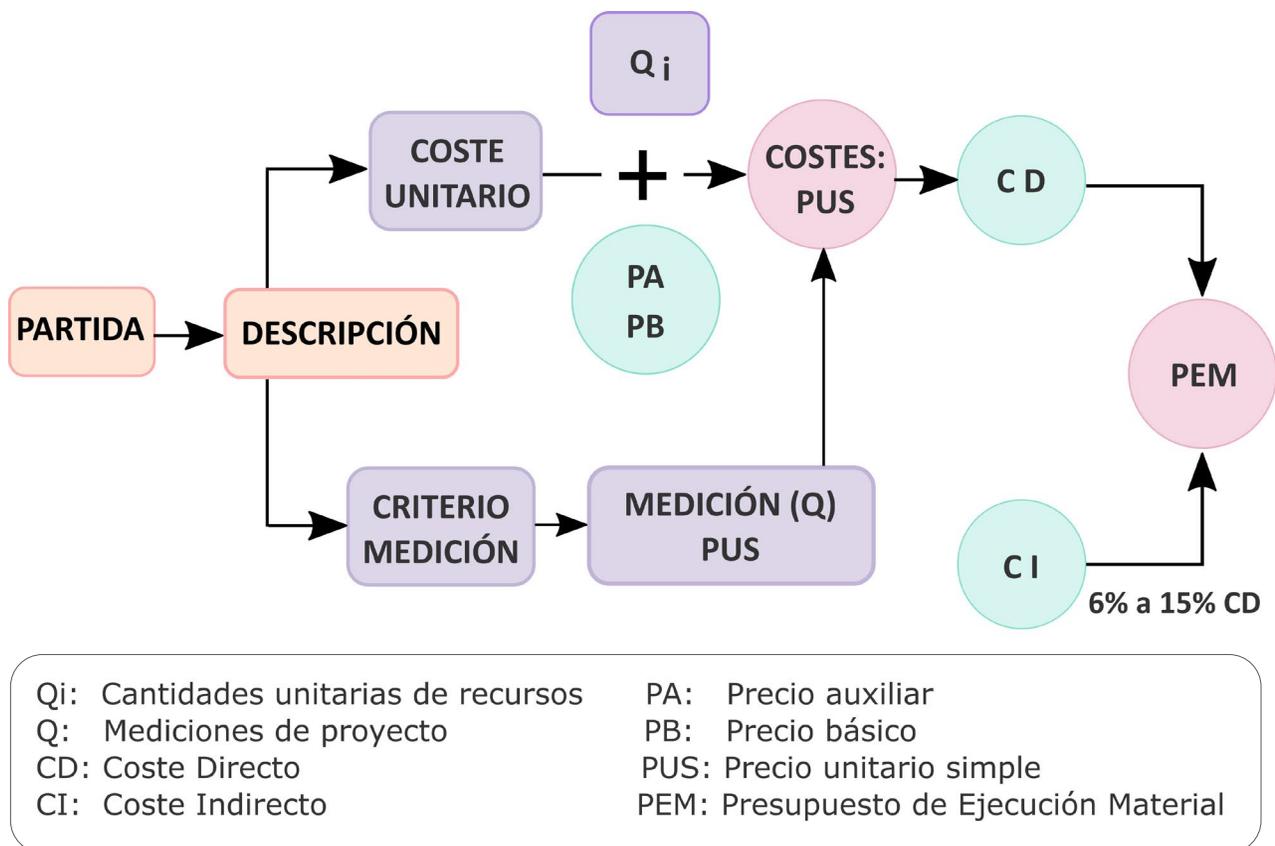
empleados que integran precios auxiliares (PA) y unitarios simples (PUS) (Vázquez-López et al., 2024, p. 1119). Esto conforma el presupuesto económico (Figura 4) y es la base del estudio ambiental. Las cantidades unitarias (Qi) forman los PB, PA y PUS, y las cantidades de proyecto (Q) aplicadas a estos precios generan el presupuesto del proyecto. Los costes directos (CD) del proyecto incluyen lo cuantificado directamente en una partida de obra, y los costes indirectos (CI) incluyen recursos aplicables según las fases, como maquinaria y mano de obra auxiliar, energía y agua. A partir de la evaluación económica, se cuantifican los recursos y RCD necesarios para el análisis ambiental según los indicadores EI, HC y HE (Figura 4).

Figura 3. Metodología de evaluación económica y ambiental según indicadores EC, HC y HE



Fuente: elaboración propia a partir de datos de González-Vallejo et al. (2019, p. 621; 2021).

Figura 4. Modelo de presupuestación



Fuente: elaboración propia.

Desarrollados los precios de los SPs y del sistema constructivo, se evalúa el impacto ambiental en las fases de fabricación y construcción de los cerramientos propuestos (M1 y M2), incluido el transporte, usando los indicadores EI, HC y HE. Se parte del análisis de recursos obtenidos (PUS) en el presupuesto económico, aplicando datos de emisiones de CO₂ y energía consumida de la base de datos Ecoinvent (Ecoinvent Association, 2024). La metodología para la evaluación de HE, HC y EI se ha aplicado con éxito en investigaciones anteriores en cálculo de RCD (Marrero et al., 2017, p. 170; Marrero et al., 2011, p. 162), evaluación de impactos según HC (Muñoz et al., 2012, p. 125) y HE en ACV de edificios (González-Vallejo et al., 2019, p. 621; Marrero y Ramírez, 2010, p. 495; González-Vallejo et al., 2015a, p. 75; 2015b, p. e111; Solís-Guzmán et al., 2013, p. 239). De cada uno de los PUS del presupuesto se obtienen los recursos (mano de obra, maquinaria y materiales) aplicando su costo unitario y datos ambientales de emisiones de CO₂ y energía (MJ), para el análisis económico y ambiental del proyecto (Figura 5).

La metodología de los diferentes indicadores aplicados se resume a continuación:

- EI: evalúa los consumos de energía combustible y eléctrica en los procesos estudiados (Ecoinvent Centre, 2016) (Ecuación 1).

$$EI_i = Q_i \times QEI_i \text{ [Ecuación 1]}$$

Donde:

EI_i: total de la actividad i (MJ); Q_i: cantidad de recursos empleados, y QEI_i: EI de la actividad i (MJ/unidad de ref.)

- HC: se obtienen los datos de emisiones (Ecoinvent Centre, 2016) y la cuantificación de recursos a partir de datos del proyecto y la BCCA (Junta de Andalucía, Consejería Fomento y Vivienda, 2016) (Ecuación 2).

$$HC_i = Q_i \times QHC_i \text{ [Ecuación 2]}$$

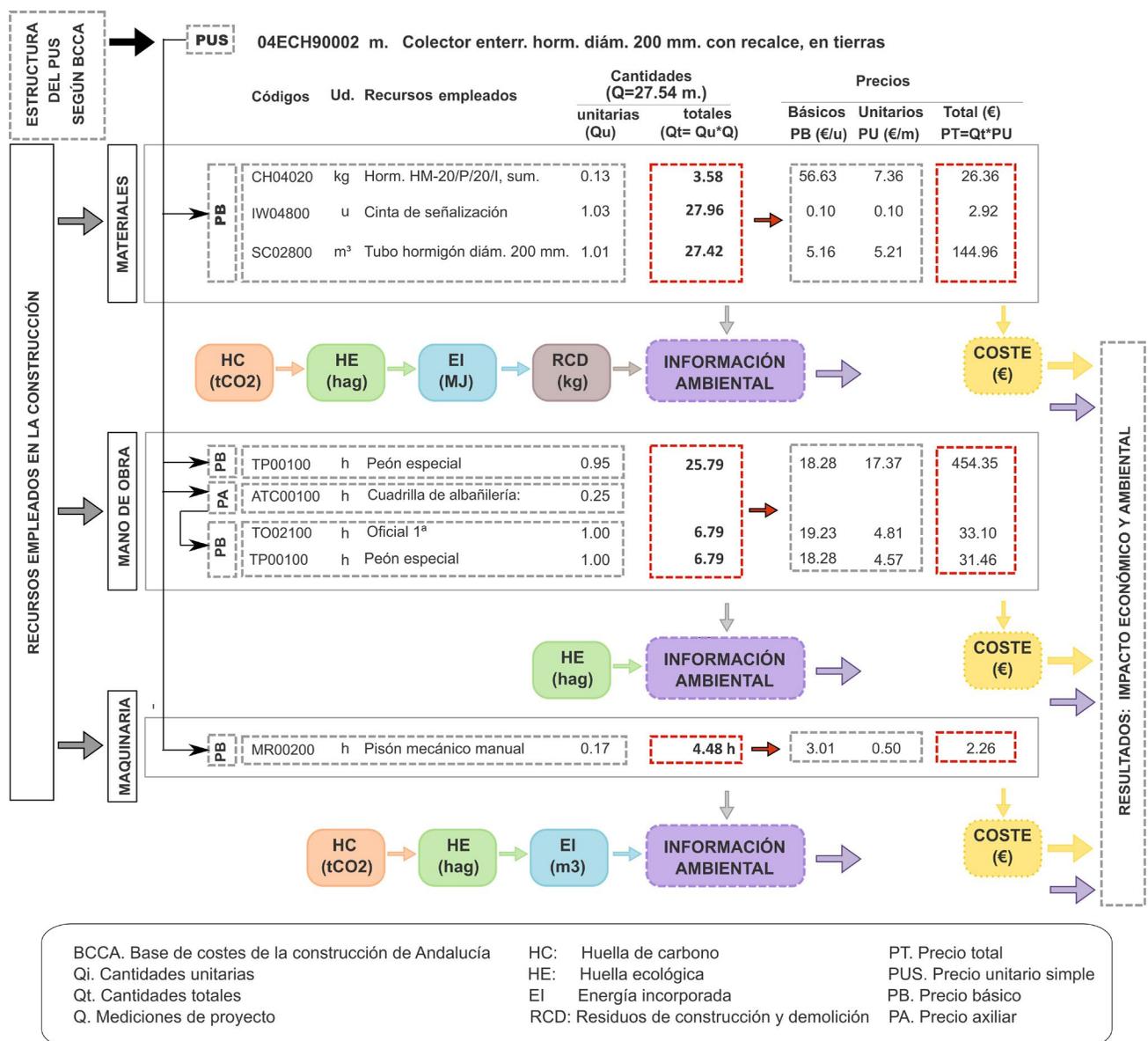
Donde: HC_i: HC total de la actividad i (kg CO₂eq); Q_i: cantidad de recursos empleados, y QHC_i: HC de la actividad i (kg CO₂eq / unidad de ref.)

- HE: la metodología HE aplicada en construcción se basa en investigaciones anteriores (González-Vallejo, et al., 2019, p. 621; González-Vallejo et al., 2015b, p. e111), y se resume en la Figura 4. Los datos iniciales provienen del presupuesto y del proyecto. La HE considera factores como emisión, absorción, productividad y equivalencia. Las huellas parciales y totales se definen mediante elementos intermedios y coeficientes correspondientes, representados por cajas verdes en el segundo nivel (Figura 4): pastos, tierras de cultivo, mar productivo, energía, bosques, tierra construida y HE total. Se utilizan factores de equivalencia actualizados para transformar los resultados en hectáreas globales sobre

hectáreas (hag/ha). Los factores de equivalencia (EQF) son: tierras de cultivo 2,51, pastos 0,46, bosques y tierras de absorción de carbono 1,26, mar productivo 0,37 y tierras construidas 2,51 (World Wildlife Fund [WWF], 2012). En el análisis HE de materiales de construcción se estudia cuantitativamente su emisión de CO₂ y se calcula su huella de energía parcial. El consumo de madera también genera huellas de energía y forestales. El segundo recurso es la mano de obra, que consume alimentos como fuente de energía y genera residuos sólidos municipales (RSU) durante el trabajo. Estos impactos se identifican en el tercer nivel. El tercer recurso es la maquinaria y herramientas utilizadas en construcción, alimentadas por

gasolina o electricidad, que también contribuyen a la huella energética parcial. Para el caso del cerramiento M2 se calculan las EI y emisiones de CO₂ de la fase de fabricación necesarios para evaluar EI, HC y HE. Se calcula para el bloque de hormigón con EPS reciclado y RCD de obra (Tabla 1). Se utiliza una máquina para tamizar el cascote de RCD de 2 caballos de fuerza (hp), con la cual para 1 m² de bloques se emplea un tiempo de 2 minutos, lo cual supone 0,02 MJ/m² y 2,57 E-05 kgCO₂/m². Para picar el EPS reutilizado se emplea una máquina casera de 0,75 hp durante un tiempo de 20 minutos para 1 m² de bloque, consumiendo 0,07 MJ/m² y emitiendo 9,63E-05 kgCO₂/m².

Figura 5. Metodología de modelo indicadores ambientales (HC, HE y EI) y BCCA



Fuente: elaboración propia a partir de González-Vallejo et al. (2021).

Transporte de materiales

Los materiales se organizan por familias, considerando viaje de ida y vuelta. Para la procedencia y distancias de materiales se emplean datos publicados (Tabla 3) (González-Vallejo et al., 2019, p. 621) añadiendo los RCD procedentes de obras cercanas

para los SPs. La evaluación ambiental emplea datos definidos en la Tabla 4 (González-Vallejo et al., 2019, p. 621), según EI (MJ), HC (kgCO₂) y HE (hag), se localizan plantas gestoras, obras de construcción e industrias de dónde obtener los productos a una distancia máxima de 10 km de la obra.

Tabla 3. Procedencia y distancias de materiales en Chile

Importados	Nacionales	
Santiago de Chile	Regionales	Provinciales
	Concepción	Temuco
<i>Distancia: 700 km</i>	<i>Distancia: 300 km</i>	<i>Distancia: 10 km</i>
Asfalto X, cerámica, fibra de vidrio, fibrocemento NT, pintura, plástico ABS, porcelana, poliestireno, polietileno, polipropileno, poliéster, PVC, sellantes	Acero, aluminio, cal, cemento, cobre, escayola y yeso, latón, piedra, vidrio, varios (moqueta)	Áridos, madera, hormigón, EPS reciclado, cascotes de RCD, papel reciclado

Fuente: elaboración propia a partir de González-Vallejo et al., (2019, p. 621; 2021).

Tabla 4. Datos para el cálculo del transporte

Características	Cantidad
Capacidad máxima camión (T)	24
Consumo medio gasoil camión (l/100 km)	26
Factor emisión gasoil (MJ)	3,09
Factor emisión gasoil (CO ₂)	0,0026
Absorción de océanos	0,28
Af: Productividad de área de absorción de carbono, o factor absorción (tCO ₂ /hag)	3,59
Factor equivalencia bosques (hag/ha)	1,26

Fuente: elaboración propia a partir de González-Vallejo et al. (2019, p. 621; 2021).

Estudio de caso

Se elige una vivienda unifamiliar en Temuco, región de La Araucanía, Chile, como parte de un proyecto de mejora energética de viviendas sociales impulsado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile (MINVU) y la Universidad del Bío-Bío (UBB) (MINVU, 2012). Esta región se destaca por sus recursos naturales y el turismo, pero enfrenta altos niveles de pobreza y desigualdad. La vivienda (Figura 6) tiene cimentación de hormigón armado, estructura de madera tanto horizontal (forjados) como vertical y revestimientos interiores de placas de cartón-yeso y fibrocemento, baldosas cerámicas en baños y cocinas y moqueta en habitaciones. Las fachadas este y oeste están

revestidas con material asfáltico, mientras que las norte y sur usan paneles de madera tipo Smart-panel. Se emplea aislamiento con paneles de poliuretano proyectado y lana de vidrio en techos (Muñoz Sanguinetti et al., 2018, p. 276).

Se comparan dos tipos de cerramientos: M1 (Tabla 5), cerramiento original de la vivienda, con estructura de madera, revestimiento exterior de madera tratada y panel ondulado asfáltico; y M2, alternativa propuesta, que emplea revestimiento interior de placa de papel cemento SP2, barrera de vapor, aislante térmico de lana de vidrio, mortero exterior y bloques SP1 con terminación de mortero de color (Plaza et al., 2016, p. 451).

Figura 6. Viviendas sociales (Chile): a) Planta baja; b) Planta primera; c) Cerramiento M1, y d) M1: detalle constructivo



Fuente: CITEC, UBB (2014).

Tabla 5. Datos del cerramiento M1 original de la vivienda

Elementos	N.º	Material	Cantidad		RCD		Densidad (kg/m³)
			(u)	Ud.	Cantidad (kg)	% en proy.	
Estructura cerramiento	1	Entramado de madera	2,56	m³	65,32	4,92	5,00
	2	Panel madera 11 mm	102,24	m²	28,67	2,16	5,00
Revestimientos exteriores	3	Smart panel exterior	36,56	m²	20,51	1,54	700
	4	Placa asfáltica ondulada	76,67	m²	2,38	0,18	1.291,67
Aislamiento	5	Poliest. expandido: dos capas (70+10 mm) 15 kg/m³	13,09	m³	9,81	0,74	15
Revestimiento. interior	6	Placa cartón yeso	102,72	m²	46,22	3,48	900
Totales			-	-	172,91	13,01	-

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

A continuación, se realizan los análisis económico y ambiental.

Análisis económico

Las Tablas 6 y 7 muestran los PUS de los cerramientos M1 y M2 según los criterios de BCCA,

desglosando los costos en materiales, mano de obra y maquinaria, en el Anexo 2 se pueden consultar todos los PUS empleados. El coste de M1 y M2 es de 140,46 €/m² y 76,51 €/m², respectivamente; M2 es más económico. En las Tablas 8 y 9 se detallan los PUS de los sistemas prefabricados (SPs): bloque (SP1) y placa (SP2).

Tabla 6. Resumen de PUS del M1 (en m²)

Código BCCA	Descripción resumida	Precio (€)
05MTT70100	Estructura tabique de madera pino Flandes 5×7,5 cm	12,92
05MTT70080	Tablero madera machihembrada tratada 11 mm esp.	24,36
09TPP70011	Aislamiento paredes planchas rígidas poliestireno 10 mm	3,26
09TPP70014	Aislamiento paredes planchas rígidas poliestireno 70 mm	16,10
10LMM70002	Revestimiento exterior de paneles de placa ondulada asfáltica	15,36
10LMM70013	Revestimiento exterior tablero fibras madera y resinas, hidrófugo dm 11 mm esp.	53,92
10LWW70002	Revestimiento interior paneles placas yeso laminado 10 mm perfil madera fijación mecánica.	14,54
Total cerramiento M1		140,46

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Resumen de PUS del M2 (en m²)

Código BCCA	Descripción resumida	Precio (€)
05MTT70100	Estructura tabique de madera pino Flandes 5×7,5 cm	12,92
05MTT70080	Tablero madera machihembrada tratada 11 mm esp.	24,36
09TPP00110	Aislamiento paredes panel semirrígido fibra de vidrio 50 mm	3,70
06LPC00001	Citara bloque con SP1(hormigón de EPS y cascotes 39×11×19 cm.)	24,58
10LWW70004	Revestimiento con paneles SP2 (placas papel cemento 15 mm. perfil madera fijación mecánica).	10,95
Total cerramiento M2		76,51

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Precio descompuesto del SP1 de M2 (BCCA)

06LPC00001	m ²	Citara bloque de hormigón de EPS Y cascotes 39×11×19 cm			
Citara de bloque de hormigón de EPS y cascotes de obra de 39×11×19 cm, para revestir, recibido con mortero de cemento M5 (1:6), con plastificante; construida según normativa					
Medido deduciendo huecos					
Código	Ud.	Concepto	Cant.	Precio	Importe (€)
TO00100	h	Oficial 1ª albañilería	0,57	19,23	10,38
TP00100	h	Peón especial	0,24	18,28	4,94
AGM00200	m ³	Mortero de cem. M15 (1:3) cem ii/a-l 32,5 n	0,001	67,45	0,07
AGM70800	m ³	Mezcla heps: hormigón EPS+cascote RCD	0,008	125,30	0,06
FL71300	u	Bloque de hormigón de EPS y cascotes 39×11×19 cm.	12,5	0,654	8,18
Costes directos					24,58

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Precio descompuesto del SP2 del M2 (BCCA)

10LWW70004	m ²	Revestimiento paneles placas papel-cemento			
Revestimiento con placas de papel-cemento de 15 mm esp., para trasdosado de muros colocado sobre perfilera de madera con fijaciones mecánicas, incluso replanteo, limpieza, nivelación, aplomado, ejecución de ángulos, pasos de instalaciones y repaso de juntas; construido según especificaciones del fabricante.					
Medido a cinta corrida					
Código	Ud.	Concepto	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
ATC00100	h	Cuadrilla albañilería, formado por oficial 1ª y peón especial	0,15	37,51	5,63
FP71100	m ²	Placa de papel-cemento de 15 mm	1,05	1,06	1,11
WW00300	u	Material complementario o piezas especiales	7,22	0,55	3,97
WW00400	u	Pequeño material	1		0,3
Costes directos					11,01

Fuente: elaboración propia.

Análisis ambiental

Se evalúan varios niveles: primero, los materiales del proyecto completo para M1 y M2; segundo, el análisis específico de ambos cerramientos; tercero, el cálculo de los nuevos SPs, y, finalmente, el transporte.

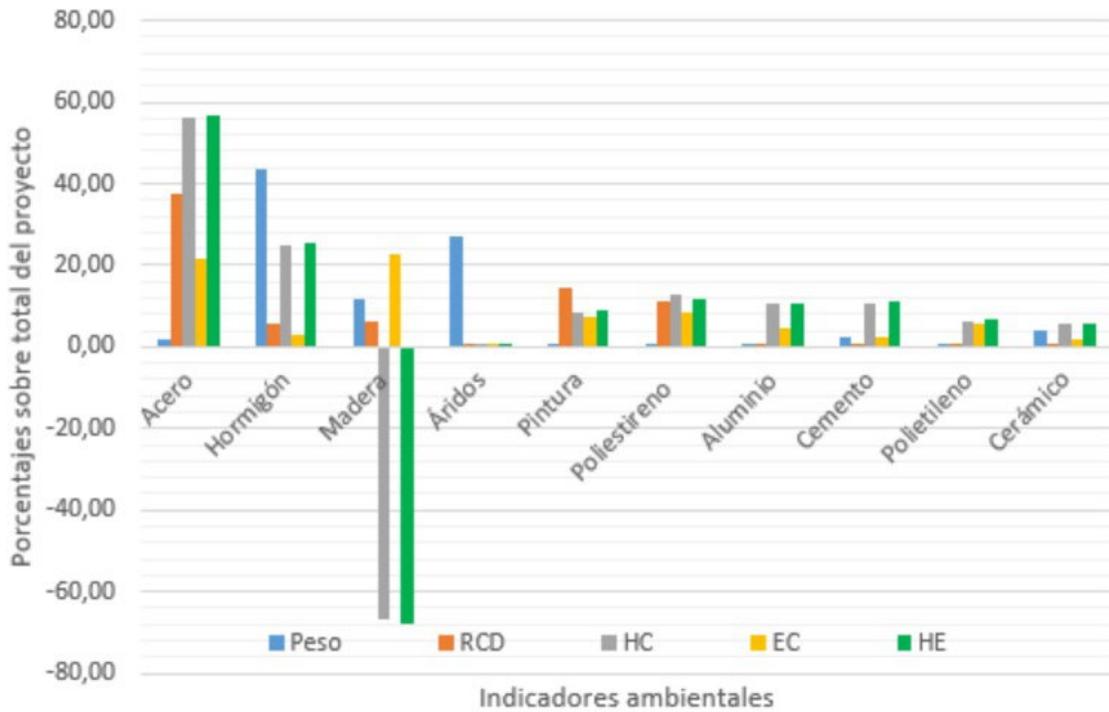
Materiales del proyecto para M1 y M2

En la solución original de vivienda (M1), los materiales principales representan el 83%, incluyen hormigón, áridos y madera (Figura 7). El hormigón y el acero, especialmente en la cimentación, son los mayores contribuyentes

a las emisiones de carbono (HC) y energía (HE), mientras que la madera se contabiliza con emisiones de CO₂ negativas en HC y HE debido a su capacidad de captura de carbono. Los RCD provienen principalmente del acero, pinturas y poliestireno del aislamiento. En M2 (Figura 8), los materiales más pesados son áridos, hormigón y cemento, utilizados en la fabricación de los SPs. El impacto ambiental lo producen principal-

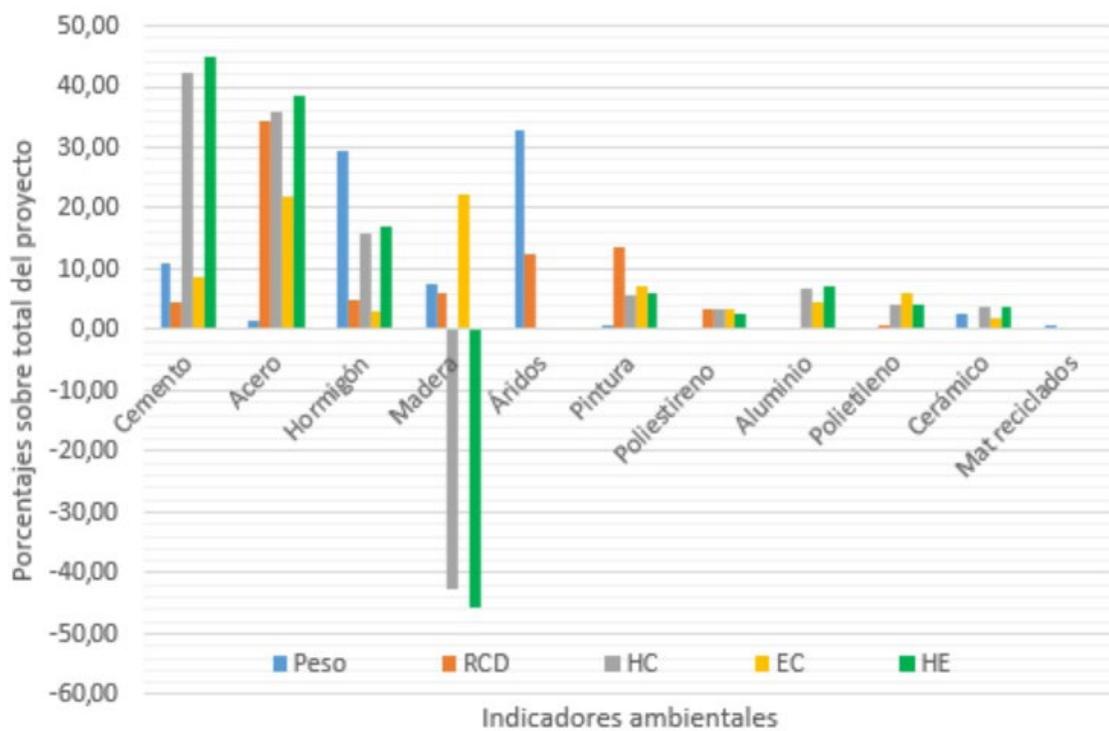
mente, el cemento, acero y hormigón. En este caso, el impacto se reduce al sustituir el revestimiento interior por SP2. La gestión de RCD mejora notablemente con un enfoque en el reciclaje de acero, áridos y pinturas (envases). La reutilización de RCD en la producción de los SPs es una ventaja destacada, subrayando el uso de materiales reciclados sin impactos adicionales, beneficio fundamental en los SPs propuestos.

Figura 7. Materiales de mayor peso e impacto de la vivienda



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Materiales de mayor peso e impacto de la vivienda



Fuente: elaboración propia.

Análisis específico de M1 y M2

Para los cerramientos M1 y M2 se analiza el peso de materiales (kg), EI, HC y HE, así como RCD generados. En M1 (Tabla 10), el peso total del cerramiento es 10,38% del proyecto, con estructura de madera y placas de revestimiento interior, que representan el 3,73% y el 2,61%, respectivamente. Los RCD alcanzan el 13,01%. En EI, el cerramiento es 26,66%, destacando el entramado de madera y aislamiento con 7,95% y 7,74%, respectivamente. La madera muestra valores negativos en HC (-23,55%) debido a su capacidad de absorber

CO₂. El aislamiento es responsable del 11,34% en HC. La HE es el 54,61%, y la estructura y panel de madera son los de mayor impacto con 15,98% y 14,72%, respectivamente, seguidos del revestimiento exterior asfáltico con 11,76%. La madera en HE penaliza el talado de bosques que son captadores de CO₂. En M2 (Tabla 11), el cerramiento pesa 18,94%, con EI reducido a 15,27%. La HC es ligeramente superior debido al uso de madera en M1. La HE representa el 50,07%, y son la estructura de madera y SP1 (13,75%) los mayores valores. Los RCD de los SP son nulos, reduciendo la generación total al 6,16%.

Tabla 10. Datos ambientales del M1

Elemento	Material	Peso		EI		HC		HE		RCD	
		Unitario	%	Unitario	%	Unitario	%	Unitario	%	Unitario	%
		kg/m ²		MJ/m ²		KgCO ₂ /m ²		hag/m ²		kg/m ²	
Estructura cerramiento	Entramado madera	25,12	3,73	452,70	7,95	-30,82	-23,55	0,03	15,98	1,26	4,92
	Panel madera 11 mm	11,03	1,64	198,70	3,49	-13,53	-10,34	0,03	14,72	0,55	2,16
Revestimiento exterior	Smart panel exterior	0,77	1,16	69,35	1,22	-0,76	-0,58	0,01	5,94	0,39	1,54
	Chapa asfáltica ondulada	4,57	0,68	249,56	4,38	2,22	1,70	0,00	1,76	0,05	0,18
Aislamiento	Poliestireno expandido, dos capas (10+70 mm) 15 kg/m ³	3,77	0,56	440,51	7,74	14,84	11,34	0,00	11,59	0,19	0,74
	Revestimiento interior	17,78	2,61	107,56	1,89	5,96	4,55	0,00	4,62	0,89	3,48
Totales		63,04	10,38	1.518,39	26,66	-22,10	-16,88	0,07	54,61	3,33	13,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Datos ambientales del M2

Elemento	Material	Peso		EI		HC		HE		RCD	
		Unitario kg/m ²	%	Unit. MJ/m ²	%	Unitario KgCO ₂ /m ²	%	Unitario hag/m ²	%	Unitario kg/m ²	%
Estructura cerramiento	Entramado de madera	25,12	2,52	452,70	7,58	-30,82	-15,23	0,03	16,44	1,26	0,28
	Panel madera 11 mm	11,03	1,11	198,70	3,33	-13,53	-6,68	0,03	17,31	0,55	1,88
Citara y acabado exterior	SP1: bloque revestido	127,84	12,84	162,39	2,72	25,86	12,77	0,02	13,75	0,00	0,00
Aislamiento	Panel semirrígido lana vidrio 50 mm	1,49	0,15	68,90	1,15	3,59	1,77	0,001	0,63	0,001	0,003
Revestimiento interior	SP2: Placa	23,01	2,31	28,93	0,48	5,91	2,92	0,003	1,94	0,00	0,00
Totales		188,49	18,94	911,62	15,27	-8,99	-4,44	0,08	50,07	1,81	6,16

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de los nuevos subproductos (SPs) elaborados

Los materiales para SP1 y SP2 se determinan mediante ensayos en UBACyT desde 2012. La Tabla 12 especifica los materiales del SP1: arena (41%), cemento (25%) y RCD (18%). El cemento aporta el 74% de EC y el 94% de HC. La cola contribuye con menos del 1% del peso y del 23% de la EC. RCD, arena y EPS no tienen EI ni HC por su reciclaje.

En la Tabla 13, SP2 usa papel reciclado de empaques locales (43% agua, 33% cemento, 12% arena, 9% papel). El cemento representa el 98% de EI y HC. El papel reciclado no aporta EI ni HC. Como el cemento tiene alto impacto, se busca reemplazarlo con opciones más sostenibles (Universidad Politécnica de Cartagena [UPC], 2022; Fernández, 2021). Las fibras recicladas en estos paneles reducen la huella ambiental (Mercader-Moyano et al, 2017a; 2017b; Merli et al., 2019).

Tabla 12. Materiales para fabricación SP1

Materiales	Peso		EI		HC		HE	
	kg/m ²	%	MJ/m ²	%	KgCO ₂ /m ²	%	hag/m ²	%
EPS (20 kg/m ³)	1,69	1	0,067	0	9,63E-05	0	0	0
Arena común	52,50	41	3,15	2	-	0	1,54E-04	1
Cemento	32,50	25	121,88	75	24,70	95	2,04E-02	94
Cascote tamizado a 12 mm	22,50	18	0,02	0	2,57E-05	0	0	0
Agua	17,25	13	0,10	0	0,00	0	0	0
Ferrite pigmento color	0,50	0	0,003	0	0,01	0	4,67E-04	2
Cola carpintero	0,90	1	37,17	23	1,15	4	7,04E-04	3
Total	127,84	100	162,39	100	25,86	100	0,022	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Materiales para fabricación de placa papel cemento SP2

Materiales	Peso		EI		HC		HE	
	kg/m ²	%	MJ/m ²	%	KgCO ₂ /m ²	%	hag/m ²	%
Agua (litros)	10	43	0,06	0,21	-	-	-	-
Cemento	7,65	33	28,69	99,18	5,81	98	3,05E-03	6,36
Arena común	2,74	12	0,16	0,57	-	-	3,64E-06	0,01
Papel reciclado	2,05	9	0,00	0,00	-	-	0	1,00
Aditivo	0,45	2	0,01	0,04	0,001	0	4,70E-07	0,00
Ferrite pigmento color	0,12	1	0,00	0,00	0,09	2	1,63E-06	3,44
Total	23,01	100	28,93	100	5,91	100	0,0031	10,80

Fuente: elaboración propia.

Transporte de materiales

Se evaluó el transporte de materiales para 17 viviendas, calculando su impacto por vivienda y proporción en el proyecto total (Tabla 14). En M1, con 69,84 kg/m² y representando el 63 % del cerramiento, el transporte genera 221,78 MJ/m² de EI, 0,19 kgCO₂/m² de HC y 4,72 E-04 hag/m² de HE, mayormente con materiales importados. En M2, con 209,51 kg/m² y el 53,28 % del cerramiento. Los SP1 y SP2 fabri-

cados con RCD de obras cercanas reducen el impacto: 196,44 MJ/m² de EI, 0,19 kgCO₂/m² de HC y 0,02 hag/m² de HE. El transporte de materiales para M2 tiene menor impacto en comparación con M1 debido al uso de materiales reciclados locales en la fabricación de los SP, involucrando así a una mayor diversidad de sectores. Esto contribuye a beneficios sociales, como la generación de empleo local y el uso de materiales autóctonos, lo cual destaca las ventajas de los SPs.

Tabla 14. Familias de materiales del M1 y M2

Materiales	Distancia a fábrica o polvo (km)	EI		HC		HE		
		MJ/m ²		KgCO ₂ /m ²		hag/m ²		
		M1	M2	M1	M2	M1	M2	
Madera	10	3,04	0,87	2,56E-03	7,36E-04	6,46E-06	1,86E-06	
Escayolas, yesos	300	-	67,24	-	0,06	-	1,43E-04	-

Materiales	Distancia a fábrica o polvero (km)	EI		HC		HE		
		MJ/m ²		KgCO ₂ /m ²		hag/m ²		
		M1	M2	M1	M2	M1	M2	
Asfalto	700	-	76,4	-	0,06	-	1,62E-04	-
Pintura	700		0,39	18,6	3,27E-04	1,57E-02	8,26E-07	3,96E-05
Poliestireno	700	-	74,72	-	0,06	-	1,59E-04	-
Áridos	-	10	-	0,1	-	8,27E-05	-	2,09E-07
Cascotes	-	10	-	1,82	-	1,53E-03	-	3,86E-06
EPS	-	10	-	1,82	-	1,53E-03	-	3,86E-06
Papel	-	10	-	18,18	-	1,53E-02	-	3,86E-05
Cal	-	300	-	54,53	-	4,59E-02	-	1,16E-04
Cemento	-	300	-	45,25	-	3,81E-02	-	9,62E-05
Sellantes	-	00	-	55,28	-	4,65E-02	-	1,18E-04
Total			221,78	196,44	0,19	0,17	4,72E-04	4,18E-04

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Análisis económico

El análisis comparativo de los revestimientos interior y exterior en los sistemas de cerramiento M1 y M2 revela que aunque el M2 presenta un ligero aumento en los costes de mano de obra este se ve compensado por una reducción significativa en los costes de materiales, lo que produce un ahorro global considerable.

En un análisis pormenorizado, M1 utiliza 13,12 kg/m² de materiales, lo que representa el 10,38% del coste total del proyecto, con un coste de 94 €/m². En comparación, M2 emplea 150,85 kg/m², alcanzando el 18,94% del coste total, pero con un coste de 35 €/m², lo que supone un ahorro del 62,7%. En cuanto a la mano de obra, M1 requiere 0,54 h/m², lo que se traduce en un coste de 19,16 €/m². M2, por otro lado, demanda 0,96 h/m², con un coste de 21,15 €/m², lo que representa un incremento del 10,4%. Sin embargo, este aumento en la mano de obra se ve compensado por la considerable reducción en los costes de materiales.

En términos globales, el cerramiento M2 presenta un coste total de 76,51 €/m², lo que lo hace un 45,5% más económico que el M1, cuyo coste es de 140,46 €/m². Este ahorro se debe principalmente al uso de subproductos reciclados (SP1 y SP2), que optimizan el aprovechamiento de materiales y reducen la dependencia de recursos convencionales. Además, M2 requiere menos maquinaria en la fabricación de SP2, lo que contribuye a su eficiencia económica.

En resumen, M2 se posiciona como una opción no solo más económica, sino también más sostenible, que promueve el uso de materiales reciclados y fomenta la EC en la construcción.

Análisis ambiental

El análisis ambiental revela diferencias significativas entre ambos sistemas de cerramiento. En M1 el hormigón y el acero son los mayores contribuyentes a las emisiones de carbono (HC) y energía (HE), mientras que la madera muestra valores negativos en HC y HE debido a su capacidad de absorción de carbono. En M2 el impacto ambiental se reduce al sustituir materiales tradicionales con SPs reciclados como áridos y cemento, lo que optimiza la gestión de RCD. Esta estrategia no solo disminuye las emisiones asociadas a la extracción y procesamiento de materiales vírgenes, sino que también promueve un modelo de construcción más sostenible y alineado con los principios de la EC.

Análisis específico de cerramientos M1 y M2

El análisis específico muestra que M2 presenta un menor impacto ambiental en comparación con M1. Si bien el peso total del cerramiento M2 es un 18,94%, superior al 10,38% de M1, su emisión de carbono (EI) se reduce al 15,27% y la generación de RCD desciende al 6,16%, mejorando su

desempeño ambiental. Además, M2 presenta una mayor capacidad de reutilización de materiales y un menor consumo de energía (HE), lo que refuerza su viabilidad como alternativa más sostenible.

Cálculo de los nuevos Subproductos (SP1 y SP2)

La fabricación de los SP utiliza materiales reciclados, lo cual reduce considerablemente los impactos de EI y HC. Aunque el cemento en ambos SPs representa una gran parte de los impactos, la búsqueda de alternativas más sostenibles, como la sustitución de cemento por geopolímeros empleando desechos industriales y urbanos que necesitan menos energía en su producción, contribuyen con su valorización al desarrollo de la EC (Fernández, 2021).

Transporte de materiales

El transporte en M1 genera mayor impacto debido al uso de materiales importados frente a M2 que reduce estos impactos gracias al uso de materiales reciclados locales; esto beneficia a la comunidad, pues promueve el empleo local y fomenta el uso de materiales autóctonos, lo cual favorece una economía sostenible.

Comparativa con otras investigaciones

La comparación con estudios previos confirma que los cerramientos M2 presentan una reducción significativa del impacto ambiental. Según Zhangguen Guo et al. (2018, p. 136), los bloques de hormigón convencionales emiten 3,24E2 kgCO₂/kg, mientras que los fabricados con material reciclado emiten 3,07E2 kgCO₂/kg, comparado con SP1 que emite 141 kgCO₂/m², lo

que supone una reducción en SP1 de emisiones en un 43% y 46%, respectivamente.

De acuerdo con Moussavi Nadoushani et al. (2017, p. 67), una fachada de bloques de hormigón convencionales en las fases de fabricación, construcción y transporte, tienen unas emisiones de 0,24 kgCO₂/kg, en comparación con el cerramiento M2 que registra 0,101 kgCO₂/kg en las mismas fases, lo que muestra una mejora del impacto ambiental del 42%.

Por su parte, Galán et al. (2018, p. 1020) analizaron distintos tipos de cerramientos, incluyendo una de bloques de hormigón (CBF) y otra de materiales orgánicos (SSPF). CBF muestra 1.036 MJ/m² de EI y 79 kgCO₂/m² de HC, mientras SSPF presenta 683 MJ/m² de EI y 42 kgCO₂/m² de HC. El cerramiento M2 alcanza 911,62 MJ/m² de EI y -8,99 kgCO₂/m² de HC. Aunque SSPF muestra un EI más bajo por el uso de materiales orgánicos, M2 es más sostenible gracias a la madera y materiales reciclados, considerando las emisiones negativas de la madera para la HC.

Desde una perspectiva económica, el cerramiento M2 cuesta 76,51 €/m², competitivo frente a los 75,53 €/m² de CBF y 52,43 €/m² de SSPF. Actualizados según IPC 2024, estos costes serían 90,03 €/m² y 62,55 €/m², respectivamente, con una variación del 19,3%, según el Instituto Nacional de Estadística de España (INE, 2024).

En conclusión, este estudio demuestra la viabilidad ambiental y económica de los cerramientos M2 frente a soluciones tradicionales y alternativas recientes, resaltando el uso de materiales reciclados y de baja HC como estrategia clave para la reducción del impacto ambiental en la construcción.

CONCLUSIONES

El presente estudio confirma la viabilidad económica y ambiental del cerramiento M2 en comparación con M1, demostrando una reducción significativa de costes debido al uso de subproductos reciclados y una menor dependencia de maquinaria. Desde una perspectiva económica, el menor coste unitario de los materiales reciclados permite optimizar el presupuesto de construcción, aunque el aumento de mano de obra puede influir en la rentabilidad dependiendo de las condiciones del mercado laboral. Ambientalmente, el M2 presenta un impacto reducido en términos de HE, EI y generación de RCD, al reutilizar materiales reciclados. La fabricación de SPs también contribuye a la reducción de impactos ambientales, presentando una oportunidad para explorar alternativas sostenibles a través de su optimización.

Comparado con otros cerramientos elaborados con materiales ecológicos, el M2 también presenta ventajas económicas y ambientales,

al tiempo que cumple con normativas internacionales como el Acuerdo de París. Además, fomenta la economía circular mediante la generación del empleo local y la revalorización de residuos, consolidándose como una alternativa competitiva y sostenible. Su coste competitivo y sostenible lo posiciona como una opción rentable a largo plazo, especialmente en el contexto de la construcción sostenible y la reducción de la dependencia de materiales convencionales.

El uso de subproductos aporta beneficios económicos y ambientales, fomentando prácticas constructivas responsables, especialmente en vivienda social. Profundizar en la comparativa económica y ambiental es clave para evaluar con precisión los compromisos y ventajas de adoptar materiales reciclados. Además, es esencial analizar la relación coste-beneficio durante el ciclo de vida del edificio, considerando durabilidad, mantenimiento y eficiencia energética para validar su uso en la construcción. El análisis

del ciclo de vida del uso de subproductos y materiales reciclados representa una oportunidad para futuras investigaciones y mejoras en la sostenibilidad del sector.

En conclusión, los cerramientos M2 ofrecen una solución económicamente viable y ambientalmente responsable, fomentando prácticas constructivas responsables, especialmente en

vivienda social. Para fortalecer su análisis, se recomienda evaluar el impacto energético en la edificación y el ciclo de vida completo de los materiales empleados. Finalmente, en línea con las directrices de la Comisión Europea para 2030, se sugiere promover nuevas tecnologías en la gestión de residuos y fomentar la expansión de mercados para el desarrollo de subproductos más sostenibles.

CONTRIBUCIONES Y AGRADECIMIENTOS

Este artículo deriva de una investigación llevada a cabo en la Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Centro Experimental de la Producción, en el marco de los proyectos UBACyT 2020-2024, 20020190100089BA, sus antecedentes 2014-2017 y 2018, así como los Proyectos UBA FADU SI PIA insertos. Este proyecto fue financiado por la Universidad de Buenos Aires, Secretaría de Ciencia y Técnica. Agradecemos a la Universidad de Buenos Aires, en especial al director del Centro CEP, Carlos Hugo Levinton, por su apoyo y asistencia en este estudio.

Este trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, en el marco de trabajo colaborativo con el Grupo de Investigación Diseño y Procesos para la Construcción Sustentable (DYPCS), Código 2110375GI/EF, y financiado por el Proyecto ECOIECO Red CYTED CÓDIGO P321RT0061.

Contribución de los autores:

Marta Edith Yajnes y Susana Inés Caruso: Datos experimentales y metodología de elaboración de los subproductos. Estado de la cuestión, introducción y metodología de los subproductos y conclusiones.

Claudia Muñoz Sanguinetti: Estado de la cuestión, datos de estudio del caso de estudio de Chile. Discusión de resultados y conclusiones. Revisión final.

Patricia González Vallejo: Análisis de datos aportados por las otras autoras y evaluación económica y ambiental. Redacción general del artículo. Resumen, estado de la cuestión, introducción y metodología del análisis económico y ambiental; aplicación al caso de estudio, resultados, discusión de resultados y conclusiones.

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés relevantes en relación con la investigación presentada.

REFERENCIAS

- Barbhuiya, S., y Das, B. B. (2023). Life cycle assessment of construction materials: Methodologies, applications and future directions for sustainable decision-making. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02326. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523005065>
- Comisión Europea. (2019). *Toma de medidas sobre el impacto total del sector de la construcción*. Comisión Europea.
- Comisión Europea. (2020). *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*. Bruselas. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/DOC/?uri=CELEX:52020DC0098>
- Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción (CITEC UBB). (2014). *Manual de hermeticidad al aire de edificaciones*. Universidad del Bío-Bío. https://construccionsustentable.uc.cl/images/Documentos/Manual_de_hermeticidad_al_aire_de_edificaciones.pdf
- Ecoinvent Association (2024). *Database v3*. <https://ecoinvent.org/database/>
- Fernandez Castro, J. (2015). El proyecto inclusivo villa 21-24 (Re)Urb. Barrio 21 24 Padre Sierra / Buenos Aires. *Revista Habitat Inclusivo*, 2. <https://www.buenastareas.com/ensayos/El-Proyecto-Inclusivo-En-La-Villa/71366713.html>
- Fernández, M. (2021). *Hormigón sin cemento para reducir la huella de carbono*. <https://lc.cx/Us2sX8>
- Fuchigami, Y., Kojiro, K., y Furuta, Y. (2020). Quantification of greenhouse gas emissions from wood-plastic recycled composite (WPRC) and verification of the effect of reducing emissions through multiple recycling. *Sustainability*, 12(6), 2449. <https://doi.org/10.3390/su12062449>

- Gaggino, R. (2006). Light and insulant plates for housing external closure. *Construction and Building Materials*, 20(10), 917-928. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.06.018>
- Galán-Marín, C., Martínez-Rocamora, A., y Solís-Guzmán, J. (2018). Paneles de tierra estabilizados naturales versus sistemas de fachadas convencionales. Evaluación de impacto económico y ambiental. *Sustainability*, 10(4), 1020. <https://doi.org/10.3390/su10041020>
- Garín Contreras, A., Salvo Garrido, S., y Bravo Araneda, G. (2009). Segregación residencial y políticas de vivienda en Temuco: 1992-2002. *Revista de Geografía Norte Grande*, (44),113-128. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-34022009000300006>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., y Hultink, E. J. (2017). *The Circular Economy. A new sustainability paradigm?* *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Gilani, G., Blanco, A., y De la Fuente, A. (2017). A new sustainability assessment approach based on stakeholder's satisfaction for building façades. *Energy Procedia*, 114, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.006>
- González-Vallejo, P. (2018). Herramienta para la estimación de costes económicos ambientales en el ciclo de vida de edificios residenciales. Fase de construcción. *Hábitat Sustentable*, 8(2), 32-51. <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02.03>
- González-Vallejo, P., Alba Rodríguez, D., Rivero Camacho, C., y Solís-Guzmán, J. (2021). *Certificación de sostenibilidad en viviendas con la herramienta CEACE: Certificado Ecológico Andaluz para Construcción de Edificios. Según indicadores ambientales HC, HE e HH*. I Congreso de Innovación y Sostenibilidad en la Vivienda Social, ISViS 2021.
- González-Vallejo, P., Marrero, M., y Solís-Guzmán, J. (2015 a). The ecological footprint of dwelling construction in Spain. *Ecological Indicators*, 52, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.016>
- González-Vallejo, P., Muñoz-Sanguinetti, C., y Marrero, M. (2019). Environmental and economic assessment of dwelling construction in Spain and Chile. A comparative analysis of two representative case studies. *Journal of Cleaner Production*, 208, 621-635. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.063>
- González-Vallejo, P., Solís-Guzmán, J., Llácer, R., y Marrero, M., (2015b). The construction of residential buildings in Spain in the period 2007-2010 and its impact according to the Ecological Footprint indicator. *Informes de la Construcción* 67, e111. <https://doi.org/10.3989/ic.14.017>
- Hernández-Zamora, M. F., Jiménez-Martínez, S., y Sánchez-Monge, J. I. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en sector construcción. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(2). <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831>
- Instituto Nacional de Estadística de España (INE). (s. d.). <https://www.ine.es/>
- Jang, H.-J., Wang, S.-J., Tae, S.-H., y Zheng, P.-F. (2024). Establishment of an Environmental Impact Factor Database for Building Materials to Support Building Life Cycle Assessments in China. *Buildings*, 14(1), 228. <https://doi.org/10.3390/buildings14010228>
- Jefatura del Estado de España. (2017). *Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público*. <https://www.boe.es/eli/es/l/2017/11/08/9/con>
- Junta de Andalucía, Consejería Fomento y Vivienda. (2016). *Base de costes de la Construcción de Andalucía (BCCA) 201*. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoarticulaciondelterritorioyvivienda/areas/vivienda-rehabilitacion/planes-instrumentos/paginas/vivienda-bcca.html>.
- Maalouf, C., Ingraio, C., Scrucca, F., Moussa, T., Bourdot, A., Tricase, C., Presciutti, A., y Asdrubali, F. (2018). An energy and carbon footprint assessment upon the usage of hemp-lime concrete and recycled-PET façades for office facilities in France and Italy. *Journal of Cleaner Production*, 170(1), 1640-1653. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.111>
- Marrero Meléndez, M., y Ramírez de Arellano Agudo, A. (2010). The Building Cost System in Andalusia: Application to construction and demolition waste management. *Construction Management and Economics*, 28, 495-507. <http://dx.doi.org/10.1080/01446191003735500>

- Marrero, M., Puerto, M., Rivero Camacho, C., Freire Guerrero, A., y Solís-Guzmán, J. (2017). Assessing the economic impact and ecological footprint of construction and demolition waste during the urbanization of rural land. *Resources, Conservation and Recycling*, 117, 160-174. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.10.020>
- Marrero, M., Solís-Guzmán, J., Molero Alonso, B., Osuna Rodríguez, M., y Ramírez de Arellano Agudo, A. (2011). Demolition waste management in Spanish legislation. *The Open Construction and Building Technology Journal*, 5, 162-173. <https://doi.org/10.2174/1874836801105010162>
- Mercader-Moyano, P., Yajnes, M. E., y Caruso, S. I. (2017a). Experimental characterisation of a cement-based compound with recycled aggregates and EPS from rehabilitation work. *Revista de la Construcción (versión online)*, 15, 97-106. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2016000300010>
- Mercader-Moyano, P., Requena García-de-la-Cruz, M. V., y Yajnes, M. E. (2017b). Development of new eco-efficient cement-based construction materials and recycled fine aggregates and EPS from CDW. *The Open Construction and Building Technology Journal*, 11, 381-394. <https://doi.org/10.2174/1874836801711010381>
- Merli, R., Preziosi, M., Acampora, A., Lucchetti, M. C., y Petrucci, E. (2019). Recycled fibers in reinforced concrete: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119207. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119207>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile (MINVU), Corfo Chile, CChC. (2012). *Programa de Innovación de Construcción Sustentable (PICS)*. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/2_Estrategia-Construccion-Sustentable.pdf
- Muñoz Sanguinetti, C., González Vallejo, P., Cereceda, G., y Marrero Meléndez, M. (2018). Sustentabilidad, resiliencia y cambio climático. Implicancia energética y medioambiental de la EI y HC en el CV de viviendas mejoradas energéticamente en Chile. En *Intersecciones* (pp. 276-287). Escuela Arquitectura Pontificia Universidad Católica de Chile, ARQ (UC). https://www.cedeus.cl/wp-content/uploads/2020/12/LIBRO-INTERSECCIONES-2018_.pdf
- Muñoz, C., Zaror, C., Saelzer, G., y Cuchí, A. (2012). Estudio del flujo energético en el ciclo de vida de una vivienda y su implicancia en las emisiones de gases de efecto invernadero, fase de construcción. Caso Estudio : Vivienda Tipología Social. Región del Biobío, Chile. *Revista de la Construcción*, 11, 125-145. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2012000300011>
- Plaza, J., González, M., Yajnes, M. E., y Caruso, S. (2016). Análisis de resistencias térmicas de muros exteriores en cinco locales, empleo de producción en base a hormigones que incorporan residuos. En: *I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable* (pp. 451-462). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59462>
- Rival, J. M., y Salvia, A. (2016). *Estudio diagnóstico sobre las condiciones de vida, consumos problemáticos y seguridad ciudadana de jóvenes en villas y asentamientos del conurbano bonaerense*. Informe temático del Barómetro del Narcotráfico y las Adicciones en la Argentina. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/8176>
- Rossi, F., Castellani, B., Presciutti, A., Morini, E., Filipponi, M., Nicolini, A., y Santamouris, M. (2015). Retroreflective façades for urban heat island mitigation: Experimental investigation and energy evaluations. *Applied Energy*, 145, 8-20. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.129>
- Sarmiento-Rojas, J. A., González-Sanabria, J. S., y Hernández Carrillo, C. G. (2020). Análisis del impacto del sector de la construcción en economía colombiana. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 24(66), 109-118. <https://doi.org/10.14483/22487638.16194>
- Solís-Guzmán, J., Garzón González, M. P., González-Vallejo, P., y Marrero, M. (2024). Sustainability evaluation of residential buildings based on the footprint family: application to case studies in Andalusia. *Buildings*, 14(4), 1131. <https://doi.org/10.3390/buildings14041131>
- Solís-Guzmán, J., y Marrero, M. (2015). *Ecological footprint assessment of building construction*. Bentham Science P. <https://doi.org/10.2174/97816810809871150101>
- Solís-Guzmán, J., González-Vallejo, P., Martínez-Rocamora, A., y Marrero, M. (2015). The carbon footprint of dwelling construction in Spain. En S. S. Muthu (Ed.), *The carbon footprint handbook* (pp. 261-283). Taylor and Francis Group. <http://dx.doi.org/10.1201/b18929-15>

- Solís-Guzmán, J., Marrero, M., Montes-Delgado, M. V., y Ramírez-de-Arellano, A. (2009). A Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management*, 29, 2542-2548. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>
- Solís-Guzmán, J., Marrero, M., y Ramírez-de-Arellano, A. (2013). Methodology for determining the ecological footprint of the construction of residential buildings in Andalusia (Spain). *Ecological Indicators*, 25, 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>
- Solís-Guzmán, J., Leiva, C., Martínez-Rocamora, A., Vilches, L. F., Alba-Rodríguez, D., García Arenas, C., y Marrero, M. (2015). Recycling of wastes into construction materials. En S. S. Muthu (Ed.), *Environmental Implications of Recycling and Recycled Products*, 51-78. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-287-643-0_3
- Universidad Politécnica de Cartagena. (2022). *Hormigón sin cemento y de reciclaje*. <https://www.upct.es/noticias/2022-08-10-hormigon-sin-cemento-y-de-reciclaje-para-minimizar-la-huel-la-de-carbono-y-encapsular-residuos-toxicos>
- Vázquez-López, E., Solís-Guzmán, J., y Marrero, M. (2024). A work breakdown structure for estimating building life cycle cost aligned with sustainable assessment—application to functional costs. *Buildings*, 14, 1119. <https://doi.org/10.3390/buildings14041119>
- Vergara, L. (2019). Mediatización social y transformaciones residenciales recientes en ciudades de La Araucanía. *Cultura-hombre-sociedad*, 29(2), 36-60. <http://dx.doi.org/10.7770/0719-2789.2019.cuhso.04a03>
- Warrier, G. A., Palaniappan, S., y Habert, G. (2024). Classification of sources of uncertainty in building LCA. *Energy Build*, 305, 113892. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.113892>
- World Wildlife Fund. (2012). *Planeta vivo*. WWF International, Zoological Soc. London y Global Footprint Network. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/informe_planeta_vivo_2012_5.pdf
- Yajnes, M., Caruso, S., Kozak, D., Kozak, A., y Mühlmann, S. (2017). Gestión de residuos y producción de bloques con material reciclado in situ en obra de escala intermedia en Buenos Aires, Argentina. En: *Libro de Actas 3er Congreso Internacional Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes*, 1047-1058). <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59471/Yajnes%20marta%20%28espa%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Moussavi Nadoushani, Z. S., Akbarnezhad, A., Ferre Jornet, J., y Xiao, J. (2017). Multicriteria selection of façade systems based on sustainability criteria. *Building and Environment*, 121, 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.016>
- Zhanggen Guo, An Tu a, Chen Chen a, Dawn E. Lehman. (2018). Mechanical properties, durability, and life-cycle assessment of concrete building blocks incorporating recycled concrete aggregates. *Journal of Cleaner Production*, 199, 136-149. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.069>

ANEXO I

Abreviatura	Definición
ACICS	Sistema de Clasificación de Información de Construcción de Andalucía
ACV	análisis del ciclo de vida
BCCA	base de costes de construcción de andalucía
CD	costes directos
CI	costes indirectos
CV	ciclo de vida
CVE	ciclo de vida del edificio
EC	economía circular
EI	energía incorporada
EPS	poliestireno extruido
EQF	factores de equivalencia
HC	huella de carbono
HE	huella ecológica
PA	precios auxiliares
PB	precios básicos
PUS	precios unitarios simples
Q	cantidades de proyecto
Qi	cantidades unitarias
RCD	residuos de construcción y demolición
RSU	residuos sólidos urbanos
SLC	cerramiento de ladrillón compacto
SP1	ladrillón
SP2	placa de papel cemento
SPs	subproductos
UBB	Universidad del Bío-Bío

ANEXO 2

Tabla A1. Precio descompuesto del aislamiento del cerramiento M1 según la BCCA

09TPP70011	m ²	Aislamiento paredes planchas rígidas poliestireno de 10 mm			
Aislamiento de paredes con planchas rígidas de poliestireno expandido de 10 mm de espesor y 15 kg/m ³ de densidad colocado sobre superficies planas, incluso aplicación de lechada de cemento corte y colocación; según normativa.					
Medida la superficie ejecutada					
Código	Ud.	Concepto	Cant.	Precio	Importe
TO00300	h	Of. 1 ^º colocador	0,03	19,23	0,58
TP00100	h	Peón especial	0,03	18,28	0,55
XT15000	m ³	Poliest. Planchas rígidas, dens. 15 kg/m ³	0,01	183,12	1,83
Costes directos					3,26

Tabla A2. Precio descompuesto del aislamiento del cerramiento M1 según la BCCA

09TPP70014	m ²	Aislamiento paredes planchas rígidas poliestireno de 70 mm			
Aislamiento de paredes con planchas rígidas de poliestireno expandido de 70 mm de espesor y 15 kg/m ³ de densidad colocado sobre superficies planas, incluso aplicación de lechada de cemento corte y colocación; según normativa.					
Medida la superficie ejecutada					
Código	Ud.	Concepto	Cant.	Precio	Importe
TO00300	h	Of. 1 ^a colocador	0,06	19,23	1,15
TP00100	h	Peón especial	0,05	18,28	0,91
XT15000	m ³	Poliest. Planchas rígidas, dens. 15 kg/m ³	0,075	183,12	13,73
WW00400	u	Pequeño material	1	0,3	0,30
Costes directos					16,10

Tabla A3. Precio descompuesto del revestimiento exterior 1 del cerramiento M1 según la BCCA

10LMM70013	m ²	Revestimiento tablero fibras madera y resinas, hidrófugo, DM de 11 mm. esp. tipo OSB SMARTPANEL			
Revestimiento de paramento vertical con tablero de fibras de madera y resinas hidrófugo, de densidad media y 11 mm de espesor, colocado con fijaciones mecánicas; según normativa.					
Medida la superficie ejecutada					
Código	Ud.	Concepto	Cant.	Precio	Importe
ATC00400	h	Cuadrilla formada por oficial 1 ^a instalador y ayudante	0,2	37,65	7,53
RL72400	m ²	Tablero fibras mad. y resinas, hidróf. dm 11 mm. Para exterior	1,02	45,19	46,09
WW00400	u	Pequeño material	1	0,3	0,30
Costes directos					53,92

Tabla A4. Precio descompuesto del revestimiento exterior 2 del cerramiento M1 según la BCCA

10LWW70001	m ²	Revestimiento de faldón de placa ondulada asfáltica			
Revestimiento con placa ondulada de asfalto con armadura de fibras minerales y vegetales y resinas, incluso p.p. de solapes, accesorios de fijación y juntas de estanqueidad.					
Medida la superficie ejecutada					
Código	Ud.	Concepto	Cant.	Precio	Importe
ATC00100	h	Cuadrilla albañilería, formada por oficial 1 ^a y peón esp.	0,15	37,51	5,63
XI70010	m ²	Placa ondulada asfalto y fibras	1,19	7,50	8,89
WW00300	u	Material complement. o pzas. especiales	1	0,55	0,55
WW00400	u	Pequeño material	1		0,30
Costes directos					15,36

Tabla A5. Precio descompuesto del revestimiento interior del cerramiento M1 según la BCCA

10LWW70002	m ²	Revestido paneles placas yeso laminado 10 mm perf. mad. gal. fij. mec.			
Revestido con placas de yeso laminado de 10 mm de espesor, para trasdosado de muros colocado sobre perfilera de madera con fijaciones mecánicas, incluso replanteo, limpieza, nivelación, aplomado, ejecución de ángulos, pasos de instalaciones y repaso de juntas; construido según especificaciones del fabricante de los paneles.					
Medido a cinta corrida					
Código	Ud.	Concepto	Cant.	Precio	Importe
ATC00100	h	Cuadrilla albañilería, formada por oficial 1ª y peón esp.	0,19	37,51	6,00
FP01100	m ²	Placa de yeso laminado de 10 mm	1,05	4,06	4,26
WW00300	u	Material complement. o pzas. especiales	7,22	0,55	3,97
WW00400	u	Pequeño material	1		0,3
Costes directos					14,54

Tabla A6. Precio descompuesto del aislamiento del cerramiento M2 según la BCCA

09TPP00110	m ²	Aislamiento paredes panel semirrígida fibra de vidrio de 50 mm			
Aislamiento de paredes con panel semirrígido de fibras de vidrio, aglomeradas con resinas termoendurecibles de 50 mm de espesor y 15 kg/m ³ de densidad, colocado sobre superficies planas, incluso corte y colocación según normativa.					
Medida la superficie ejecutada					
Código	Ud.	Concepto	Cant.	Precio	Importe
TO00300	h	Of. 1ª colocador	0,03	19,23	0,48
TP00100	h	Peón especial	0,03	18,28	0,46
XT13000	m ²	Panel semirrígido fibra vidrio 50 mm densidad 15kg/m ³	1,01	2,44	2,46
WW00400	u	Pequeño material	1,00	0,30	0,30
Costes directos					3,70

REVISTA DE

VOL. 27 No. 2

ARQUITECTURA

(Bogotá)

JULIO-DICIEMBRE 2025 • ISSN: 1657-0308 • E-ISSN: 2357-626X • PP. 1-204



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

Vigilada Mineducación



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones - CIFAR

Universidad Católica de Colombia
(2025, julio-diciembre).
Revista de Arquitectura (Bogotá), 27(2),
1-204. DOI: 10.14718

ISSN: 1657-0308
E-ISSN: 2357-626X

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE
COLOMBIA

Presidente

Francisco José Gómez Ortiz

Vicepresidente - Rector

Francisco José Gómez Ortiz (E)

Vicerrector Administrativo

Edgar Gómez Ortiz

Vicerrector Académico

Gabriel José Angulo Linero

Vicerrector de Talento Humano

Ricardo López Blum

Director de investigaciones

Edwin Daniel Durán Gaviria

Director Editorial

Carlos Arturo Arias Sanabria

FACULTAD DE DISEÑO

Decano

Jorge A. Gutiérrez Martínez

Director de programa de

Arquitectura

Augusto Forero La Rotta

Dirección de Centro de

Investigación

César Andres Eligio Triana

Director gestión de la calidad

Heidy Piza Cubides

Coordinación de

Internacionalización

Andrés Gómez La Rotta

Comité asesor externo Facultad de
Diseño

Antonio Castañeda Buraglia

Germán Téllez García

Samuel Ricardo Velez

Oscar Posada Correa

REVISTA DE

ARQUITECTURA
(Bogotá)

Portada:

Título de la imagen:

Kaktus Tårnene (Kaktus Towers)

Autor, fuente seudónimo:

Patricio Orlando®

Fecha de realización : 04/07/2024

Director

Jorge A. Gutiérrez Martínez

Decano Facultad de Diseño

Universidad Católica de Colombia

Colombia Arquitecto

Editor

Doc.Arq. Rolando Cubillos-González

<https://orcid.org/0000-0002-9019-961X>

Scopus ID: 57298294100

Editora Ejecutiva

Anna Maria Cereghino-Fedrigio

<https://orcid.org/0000-0002-0082-1955>

Editores Académicos

Carolina Rodríguez-Ahumada

<https://orcid.org/0000-0002-3360-1465>

Pilar Suescún Monroy

<https://orcid.org/0000-0002-4420-5775>

Flor Adriana Pedraza Pacheco

<https://orcid.org/0000-0002-8073-0278>

Mariana Ospina Ortiz

<https://orcid.org/0000-0002-4736-6662>

Director Editorial

Carlos Arturo Arias Sanabria

Universidad Católica de Colombia

Apoyo editorial

María Paula Méndez P.

Universidad Católica de Colombia

Coordinador editorial

Fabián Andrés Gullavan Vera

Universidad Católica de Colombia

Diseño, montaje y diagramación

Daniela Martínez Díaz

Divulgación y distribución

Claudia Álvarez Duquino

REVISTA DE
ARQUITECTURA
(Bogotá)

**Revista de acceso abierto,
arbitrada e indexada**

Publindex: Categoría B. Índice Bibliográfico Nacional (IBN)

ESCI: Emerging Source Citation Index

DOAJ: Directory of Open Access Journals

Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

SciELO: Scientific Electronic Library Online - Colombia

Redib: Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

Ebsco: EBSCOhost Research Databases

Clase: Base de datos bibliográfica de revistas de ciencias sociales y humanidades

Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Directorio y catálogo)

Dialnet: Fundación Dialnet - Biblioteca de la Universidad de La Rioja

LatinRev: Red Latinoamericana de Revistas Académicas en Ciencias Sociales y Humanidades

Proquest: ProQuest Research Library.

Miar: Matrix for the Analysis of Journals

Sapiens Research: *Ranking* de las mejores revistas colombianas según visibilidad internacional

Actualidad Iberoamericana: (Índice de Revistas) Centro de Información Tecnológica (CIT)

Google Scholar

Arla: Asociación de Revistas latinoamericanas de Arquitectura

COMITÉ EDITORIAL Y CIENTÍFICO

Ph.D. Erica Norma Correa-Cantaloube

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET. Buenos Aires, Argentina

Ph.D. Teresa Cuervo-Vilches

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid, España

Ph.D. Margarita Greene

Pontificia Universidad Católica de Chile
CEDEUS - Centro de Desarrollo Urbano Sustentable.
Santiago, Chile

Ph.D. Carmen Egea Jiménez

Universidad de Granada. Granada, España

Ph.D. Clara Irazábal-Zurita

University of Missouri. Kansas City, Estados Unidos

Ph.D. Beatriz García Moreno

Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

M.Sc. Juan Carlos Pérpolis Valsecchi

Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia

Ph.D. Khirfan Luna

University of Waterloo. Waterloo, Canada

Ph.D. Dania González Coure

Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana, Cuba

Ph.D. Fernando Vela-Cossío

Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España

Ph.D. Débora Domingo-Calabuig

Universitat Politècnica de València. Valencia, España

Ph.D. - HDR Jean Philippe Garric

Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Paris, France

Ph.D. Maureen Trebilcock-Kelly

Universidad del Bío Bío. Concepción, Chile

Ph.D. Mariano Vázquez-Espí

Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España

Ph.D. Denise Helena Silva-Duarte

Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil

Ph.D. Luis Gabriel Gómez Azpeitia

Universidad de Colima. Colima, México

Editorial

Av. Caracas N° 46-72, piso 5
Teléfono: (601) 4433700 Ext. 5145
editorial@ucatolica.edu.co
www.ucatolica.edu.co
[https://www.ucatolica.edu.co/portal/
editorial/](https://www.ucatolica.edu.co/portal/editorial/)



CONTENIDO

- 5 p **ES** **Contribución de la Revista de Arquitectura (Bogotá) a los ODS. Análisis temático y bibliométrico (2015-2025)**
Contribution of the Journal of Architecture (Bogotá) to the SDGs: Thematic and Bibliometric Analysis (2015-2025)
Anna Maria Cereghino-Fedrigo · Flor Adriana Pedraza-Pacheco
- 15 p **ES** **Resiliencia de la arquitectura regional de bahareque: simulación según un modelo basado en agentes con el software NetLogo**
Resilience of Regional Bahareque Architecture: Agent-Based Simulation Using NetLogo software
Carlos Eduardo Rincón-González · Jorge Augusto Montoya-Arango
- 39 p **ES** **Confort asociado al teletrabajo en viviendas del IPV y Procrear: clima templado cálido**
Comfort associated with remote work in IPV and Procrear housing: warm temperate climate
Yésica Alamino-Naranjo · María Celina Michaux
- 55 p **ES** **¿Qué eligen quienes eligen la tierra? Casas, estilos de vida y sentidos sociales**
What Do Those Who Choose Earth Choose? Houses, Lifestyles, and Social Meanings
Antonela Lucía Mostacero · Josela Garcilazo · Santiago Cabrera · Celeste Arnaudo
- 71 p **ES** **Identificación de barreras en la interacción entre Construcción Industrializada (CI) y Building Information Modeling (BIM)**
Identification of Barriers in the interaction between Industrialized Construction and Building Information Modeling (BIM)
Ítalo Sepúlveda-Solari · Sebastián Sarmiento-Herrera · Gabriela Peterssen-Soffia
- 83 p **ES** **El patrimonio en la era de la globalización**
Heritage in the Age of Globalization
Alberto Cedeño-Valdiviezo
- 103 p **EN** **Sustainable Construction as Getting Dressed of Place: Two Experiences in the Tropics**
La construcción sostenible como vestirse de lugar: dos experiencias en el trópico
Carlos Mauricio Bedoya · Carlos Alberto Mejía · Édgar Cano Restrepo ·

- 123 P.** **EN** **Creativity in the Design Process: Cognitive Actions and Conceptual Transformations**
Creatividad en el proceso de diseño: acciones cognitivas y transformaciones conceptuales
Nazife Asli Kaya • Seniz Cikis
- 137 P.** **ES** **Estrategia para la implementación parcial de una herramienta didáctica que valora la sostenibilidad en proyectos arquitectónicos**
Strategy for the Partial Implementation of a Didactic Tool for Assessing Sustainability in Architectural Projects
Carlos Antonio Rada-Solano • Christiam Alonso Castro-Escalante
- 149 P.** **ES** **Circularidad como alternativa sostenible en la autoconstrucción de viviendas en zonas vulnerables de Latinoamérica**
Circularity as a Sustainable Alternative in the Self-Construction of Housing in Vulnerable Areas of Latin America
Patricia González-Vallejo • Marta Edith Yajnes Susana • Inés Caruso • Claudia Marcela Muñoz-Sanguinetti
- 175 P.** **ES** **Tendencias investigativas sobre espacios educativos y subjetivación en Iberoamérica**
Research Trends on Educational Spaces and Subjectivation in Ibero-America
Wilson Riaño-Casallas
- 191 P.** **ES** **El impacto de BIM en la coordinación de proyectos: investigación de interferencias**
The impact of BIM on Project Coordination: Clash Detection
Pedro Praia • João da Costa-Pantoja • Márcio Roma-Bezzer • Nathaly Sarasty-Narváez

CONTACTO

Dirección postal
Avenida Caracas N° 46-72
Universidad Católica de Colombia
Bogotá D. C., (Colombia)
Código postal: 111311

Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones (CIFAR)
Sede El Claustro. Bloque "L", 4 piso
Diag. 46A No. 15b-10
Editora: Anna María Cereghino-Fedrigo

Teléfonos
+57 (601) 327 73 00 - 327 73 33
Ext. 3109; 3112 o 5146
Fax: +57 (601) 285 88 95

Correo electrónico
revistadearquitectura@ucatolica.edu.co
cifar@ucatolica.edu.co

Página WEB
www.ucatolica.edu.co

Vínculo revistas científicas
<http://publicaciones.ucatolica.edu.co/revistas-cientificas>
<https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/>



Impresión

Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S.
Bogotá D. C., Colombia
abril de 2024

Especificaciones

Formato: 34 x 24 cm
Papel: Mate 115 g
Tintas: Policromía

Contribución de la Revista de Arquitectura (Bogotá) a los ODS. Análisis temático y bibliométrico (2015-2025)

Contribution of the Journal of Architecture (Bogotá) to the SDGs: Thematic and Bibliometric Analysis (2015-2025)

Anna Maria Cereghino-Fedriago Flor · Adriana Pedraza-Pacheco

Resiliencia de la arquitectura regional de bahareque: simulación según un modelo basado en agentes con el software NetLogo

Resilience of Regional Bahareque Architecture: Agent-Based Simulation Using NetLogo software

Carlos Eduardo Rincón-González · Jorge Augusto Montoya-Arango

Confort asociado al teletrabajo en viviendas del IPV y Procrear: clima templado cálido

Comfort associated with remote work in IPV and Procrear housing: warm temperate climate

Yésica Alamino-Naranjo · María Celina Michaux

¿Qué eligen quienes eligen la tierra? Casas, estilos de vida y sentidos sociales

What Do Those Who Choose Earth Choose? Houses, Lifestyles, and Social Meanings

Antonela Lucia Mostacero · Josela Garcilazo · Santiago Cabrera · Celeste Arnaudo

Identificación de barreras en la interacción entre Construcción Industrializada (CI) y Building Information Modeling (BIM)

Identification of Barriers in the interaction between Industrialized Construction and Building Information Modeling (BIM)

Ítalo Sepúlveda-Solari · Sebastián Sarmiento-Herrera · Gabriela Peterssen-Soffia

El patrimonio en la era de la globalización

Heritage in the Age of Globalization

Alberto Cedeño-Valdiviezo

Sustainable Construction as Getting Dressed of Place: Two Experiences in the Tropics

La construcción sostenible como vestirse de lugar: dos experiencias en el trópico

Carlos Mauricio Bedoya · Carlos Alberto Mejía · Édgar Cano Restrepo

Creativity in the Design Process: Cognitive Actions and Conceptual Transformations

Creatividad en el proceso de diseño: acciones cognitivas y transformaciones conceptuales

Nazife Asli Kaya · Seniz Cikis

Estrategia para la implementación parcial de una herramienta didáctica que valora la sostenibilidad en proyectos arquitectónicos

Strategy for the Partial Implementation of a Didactic Tool for Assessing Sustainability in Architectural Projects

Carlos Antonio Rada-Solano · Christiam Alonso Castro-Escalante

Circularidad como alternativa sostenible en la autoconstrucción de viviendas en zonas vulnerables de Latinoamérica

Circularity as a Sustainable Alternative in the Self-Construction of Housing in Vulnerable Areas of Latin America

Patricia González-Vallejo · Marta Edith Yajnes Susana · Inés Caruso · Claudia Marcela Muñoz-Sanguinetti

Tendencias investigativas sobre espacios educativos y subjetivación en Iberoamérica

Research Trends on Educational Spaces and Subjectivation in Ibero-America

Wilson Riaño-Casallas

El impacto de BIM en la coordinación de proyectos: investigación de interferencias

The impact of BIM on Project Coordination: Clash Detection

Pedro Praia · João da Costa-Pantoja · Márcio Roma-Buzar · Nathaly Sarasty-Narváez



@REVARQUCATORICA



REVISTA DE ARQUITECTURA (BOGOTÁ) UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA



HTTPS://WWW.MENDELEY.COM/PROFILES/REVISTA-DE-ARQUITECTURA-BOGOT/