



Economía circular en el sector de la construcción de América del Sur

Piedad Cardozo Carrillo

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Proyectos de Desarrollo Sostenible

Bogotá, Colombia

2024

Economía circular en el sector de la construcción de América del Sur

Piedad Cardozo Carrillo

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magíster en Proyectos de Desarrollo Sostenible

Director y codirector:

Miguel Ángel González Curbelo y Felipe Andrés Romero Perdomo

Modalidad:

Artículo Científico

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Proyectos de Desarrollo Sostenible

Bogotá, Colombia

2024

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá, 2024

Resumen

La industria de la construcción, responsable del 38 % de las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial y generadora de más de 3 mil millones de toneladas de residuos anuales, enfrenta desafíos ambientales en América del Sur debido al predominio de la economía lineal. Ante esto, las empresas de construcción han empezado a adoptar el modelo de economía circular (EC), que promueve, entre otras cosas, el cierre de ciclos de recursos y la disminución de residuos. Esta tesis de maestría tiene como objetivo investigar las prácticas basadas en la EC que son implementadas por empresas del sector de la construcción en América del Sur. En particular, se describió la importancia de la EC en el sector de la construcción en la región, se estudió la adopción de estrategias de EC por parte de empresas seleccionadas en América del Sur y se evaluó el impacto circular de las prácticas dentro de este sector. Para ello, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de literatura académica y gris, así como el análisis de los informes de sostenibilidad de 13 empresas relevantes del sector de la construcción.

La importancia de la EC en el sector de la construcción en América del Sur se describió en términos de producción y consumo de materiales, generación de residuos, tasa de recuperación de residuos y comercio de residuos. La producción y consumo de materiales de construcción en América del Sur se caracteriza por la exportación significativa de materias primas. Brasil, Chile y Perú lideran la producción de cobre a nivel mundial. Brasil es el quinto productor de cemento más grande del mundo, siendo el mayor productor de la región seguido por Colombia y Argentina. Aunque el consumo per cápita de materiales en la región supera el nivel sostenible, hay una variabilidad considerable entre países. La generación de residuos de construcción y demolición (RCD) está en aumento, enfrentando desafíos de gestión y

eliminación informal, con tasas de recuperación bajas. Se están implementando propuestas innovadoras para utilizar residuos en la construcción, como el uso de subproductos agrícolas y materiales reciclados. El comercio de recuperación de RCD es significativo, con varios países de la región promoviendo políticas y acciones para fomentar la sostenibilidad y su gestión adecuada.

El estudio de la adopción de estrategias de EC en empresas seleccionadas del sector de la construcción en América del Sur en los últimos 5 años mostró que hay mayor interés y adopción de prácticas de EC en la etapa de fin de vida. La etapa de fabricación es la segunda más destacada, seguida de la etapa de prediseño y diseño. Se evidencia un crecimiento continuo con un enfoque particular en la optimización de recursos, la reducción de residuos y la eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, no se identificaron prácticas de EC para las etapas de construcción, y operación y uso.

La evaluación del impacto circular de las prácticas del sector de la construcción en América del Sur indicó que, a pesar de que se están implementando prácticas de EC, no se están empleando indicadores de medición en la mayoría de los casos. Las etapas de fabricación y fin de vida son las únicas que presentan indicadores de EC en los reportes de sostenibilidad, donde la tendencia de medición muestra una mejora en los últimos dos años. La carencia de indicadores en las etapas de prediseño y diseño, construcción, y operación y uso puede atribuirse a diversos factores, entre ellos, la falta de conciencia sobre la importancia de la circularidad en estas etapas, barreras técnicas y logísticas, así como falta de madurez en la capacidad de seguimiento y evaluación por parte de las empresas en este ámbito. Abordar esta carencia de indicadores contribuiría a promover mayor transparencia, trazabilidad y eficacia en los esfuerzos de EC en el sector de la construcción en América del

Sur. Este trabajo sienta las bases para abordar el impacto e implementación de la EC en la industria de la construcción en América del Sur.

Palabras claves: Circularidad, industria de la construcción, medio ambiente, residuos, simbiosis industrial, reportes de sostenibilidad.

Abstract

The construction industry, responsible for 38% of global carbon dioxide emissions and generating over 3 billion tons of waste annually, faces environmental challenges in South America due to the predominance of the linear economy. In response, construction companies have begun to adopt the circular economy (CE) model, which promotes, among other things, closing resource loops and reducing waste. This master's thesis aims to investigate CE-based practices implemented by construction sector companies in South America. Specifically, it describes the importance of CE in the construction sector in the region, examines the adoption of CE strategies by selected companies in South America, and evaluates the circular impact of practices within this sector. To achieve this, a comprehensive review of academic and grey literature was conducted, along with the analysis of sustainability reports from 26 relevant construction sector companies.

The importance of CE in the construction sector in South America was described in terms of material production and consumption, waste generation, waste recovery rate, and waste trade. The production and consumption of construction materials in South America are characterized by significant raw material exports. Brazil, Chile, and Peru lead global copper production. Brazil ranks as the fifth largest cement producer globally, being the largest producer in the region followed by Colombia and Argentina. Although per capita material consumption in the region exceeds sustainable levels, there is considerable variability among countries. Construction and demolition waste (CDW) generation is increasing, facing challenges of informal management and disposal, with low recovery rates. Innovative proposals are being implemented to use waste in construction, such as the use of agricultural

by-products and recycled materials. CDW recovery trade is significant, with several regional countries promoting policies and actions to encourage sustainability and proper management.

The study of CE strategy adoption in selected construction sector companies in South America over the past 5 years showed a greater interest and adoption of CE practices in the end-of-life stage. The manufacturing stage is the second most prominent, followed by the pre-design and design stage. There is evidence of continuous growth with a particular focus on resource optimization, waste reduction, and water use efficiency. However, no CE practices were identified for the construction, and operation and use stages.

The evaluation of the circular impact of construction sector practices in South America indicated that, despite CE practices being implemented, measurement indicators are not employed in most cases. The manufacturing and end-of-life stages are the only ones presenting CE indicators in sustainability reports, where the measurement trend shows improvement in the last two years. The lack of indicators in the pre-design and design, construction, and operation and use stages can be attributed to various factors, including lack of awareness of circularity importance in these stages, technical and logistical barriers, as well as immaturity in tracking and evaluation capacity by companies in this area. Addressing this lack of indicators would contribute to promoting greater transparency, traceability, and effectiveness in CE efforts in the construction sector in South America. This work lays the groundwork for addressing the impact and implementation of CE in the construction industry in South America.

Keywords: Circularity, construction industry, environment, waste, industrial symbiosis, sustainability reports.

1. Introducción

El sector de la construcción es uno de los sectores más contaminantes en la actualidad, siendo el responsable del 38 % de las emisiones de dióxido de carbono, del 30 % de la extracción de los recursos naturales y del 25 - 30 % de la generación de residuos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP], 2020). En particular, se estima que, anualmente, el sector genera 3 mil millones de toneladas de residuos sólidos y que consume 40 mil millones de toneladas de material, donde el agua y la arena son los materiales más extraídos (UNEP, 2020; Fritz Benachio et al., 2020; Circulab, 2021). Sumado a esto, se espera que, en los países en vías de desarrollo económico como los de América del Sur, la población crezca un 14 % para el año 2056 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2022). Según el World Green Building Council (WGBC, s.f), la población aumentará un 20 % para el año 2024, demandando el doble del espacio actual para acomodar este incremento en la población, lo que resultaría en un aumento de las afectaciones ambientales del sector (UNEP, 2020). Estudios enfocados en analizar las dinámicas del sector han reportado que una de las principales causas de esta realidad es el funcionamiento predominante del modelo de economía lineal (Akhimien et al., 2021; Oluleye et al., 2022).

La economía lineal del sector de la construcción y los sectores transversales a este se centra en tomar, hacer y desechar, pasando por alto el desarrollo sostenible, es decir, las implicaciones económicas, ambientales y sociales para las futuras generaciones. Ante esto, se han propuesto hojas de ruta hacia el 2050 para los edificios y la construcción en África, Asia y América del Sur (Global Alliance for Buildings and Construction [GlobalABC], International Energy Agency [IEA] y UNEP, 2020). Estas hojas de ruta involucran estrategias relacionadas con edificios cero emisiones netas para responder al cambio

climático, certificaciones Green Star, LEED (Leader sheap in Energy and Environmental Design) y EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) para fomentar la arquitectura ecológica, así como sistemas de flujos de energía, materiales y residuos de manera controlada y renovable bajo el modelo de economía circular (EC) (Sistema Iberoamericano de responsabilidad social empresarial [SIRSE], 2020). De estas estrategias, se ha destacado que la implementación de la EC es una alternativa holística que puede reemplazar el modelo de economía lineal, mitigando de gran manera sus consecuencias (Oluleye et al., 2022).

La EC tiene como objetivo maximizar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y minimizar la generación de residuos. La EC requiere un cambio en la forma en que se diseñan, fabrican y consumen los productos, así como en la forma en que se gestionan los residuos (Kirchherr et al., 2023). Los pilares de la EC son 10 acciones llamadas en conjunto las 10R: recuperar, reciclar, reutilizar, remanufacturar, reacondicionar, reparar, reutilizar, reducir, repensar y rechazar. Estas se pueden aplicar en el ciclo de vida de un proyecto de construcción en diferentes escalas (Potting, 2017). El sector de la construcción tiene el potencial de ser un actor relevante en el desarrollo de la EC (Rizos et al., 2017).

Las estrategias de EC implementadas en el sector de la construcción a nivel mundial están creciendo paulatinamente (Cimen, 2021). Se han planteado procesos en la fase de diseño que promueven la modularidad, la remanufactura, los biomateriales y la especificación de materiales reutilizables y reciclables (Guerra et al., 2021). Asimismo, se han aplicado decisiones en la fase de construcción sobre la creación de bancos de materiales, uso de residuos de otros sectores, reducción del espacio ocupado en la gestión de residuos en el sitio de construcción e implementación de procesos basados en logística inversa (Freitas y

Magrini, 2017). Desde la perspectiva académica, se han publicado estudios sobre la gestión de residuos de la construcción y la demolición, procesos de transformación y sostenibilidad en materiales (Fachinetto Paz et al., 2023; Torres-Guevara et al., 2021; Valdebenito et al., 2021). China, Italia, España, Reino Unido y Alemania son los países más destacados tanto en la práctica como en la investigación (Norouzi et al., 2021). Sin embargo, las investigaciones reportadas que aborden el contexto de América del Sur, de tal manera que se contribuya al debate e integración de alternativas de la EC en el sector de la construcción, son muy escasas. Es más, no existe una información consolidada y clara, lo que hace necesario investigar e identificar las prácticas sostenibles basadas en la EC que son implementadas por empresas de la región.

Esta tesis de maestría tiene como objetivo investigar las prácticas basadas en la EC que son implementadas por empresas del sector de la construcción en América del Sur. Los objetivos específicos son: (i) describir la importancia de la EC en el sector de la construcción en América del Sur; (ii) estudiar la adopción de estrategias de EC en las empresas seleccionadas del sector de la construcción en América del Sur; y (iii) estudiar el impacto circular de las prácticas del sector de la construcción en América del Sur.

2. Metodología

2.1. Revisión de literatura sobre el sector de la construcción en América del Sur

Se llevó a cabo un proceso de revisión de la literatura para describir la relevancia de la EC en el sector de la construcción en América del Sur. El proceso incluyó literatura académica y literatura gris.

En la literatura académica, se utilizó Scopus como base de datos. Para identificar las publicaciones más pertinentes, se usó la siguiente ecuación de búsqueda: (“circular *econom*” OR circularity) AND (material OR production OR consumption OR waste OR recovery) AND (“building*” OR "construction*") AND ("South America" OR Colombia OR Venezuela OR Guyana OR Suriname OR Brazil OR Ecuador OR Peru OR Bolivia OR Paraguay OR Uruguay OR Argentina OR Chile). La ecuación de búsqueda se aplicó a las secciones de título, resumen y palabras claves de las publicaciones el 26 de agosto del 2023. De esta manera, se obtuvieron 74 publicaciones como conjunto inicial. Seguidamente, se aplicaron tres filtros: publicaciones en inglés o español, publicaciones en formato de revisión y artículos, y publicaciones en revistas como tipo de fuente. Los filtros recopilaron 55 publicaciones, las cuales se revisaron en su contenido para seleccionar las que presentaban información pertinente. Esta revisión permitió evidenciar que más de la mitad de las publicaciones no tienen una conexión directa con el primer objetivo específico de esta tesis por varias razones. Primero, tienen un enfoque de ingeniería de procesos para analizar una innovación en particular para el reúso de residuos. Segundo se enfocan en aspectos de salud pública e inclusión social. De esta manera, se seleccionaron 21 publicaciones, a las cuales se les aplicó un cuarto filtro que consistió en que estas se pudieran descargar para examinar posteriormente su contenido y dar respuesta al objetivo específico. No se incluyeron las

publicaciones que no se lograron descargar. Este protocolo permitió obtener un conjunto final de 20 publicaciones de literatura académica.

Para la literatura gris, se buscaron y seleccionaron los reportes en idioma inglés o español que se encuentran en las páginas de las instituciones con autoridad en el tema del sector de la construcción y la EC como la CEPAL, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la Fundación Ellen MacArthur, el Foro Económico Mundial (FEM), el Education Management Information System (EMIS), entre otros. La revisión de literatura gris mostró que gran parte de las publicaciones ofrecen perspectivas de la sostenibilidad en la región, una visión de la gestión de residuos y el panorama del uso de materiales. Se obtuvo un conjunto final de 32 publicaciones de literatura gris.

La descripción de la relevancia de la EC sobre el sector de la construcción en América del Sur se estructuró en los siguientes cuatro aspectos: (i) producción y consumo de materiales de construcción, (ii) generación de residuos, (iii) tasa de recuperación de residuos, y (iv) comercio de la recuperación de residuos.

2.2. Adopción de estrategias de EC en empresas de construcción en América del Sur

Se aplicó el método de casos múltiples de estudio, que en esta tesis se desarrolló mediante el análisis de contenido de los reportes de sostenibilidad de compañías del sector de la construcción presentes en América del Sur. La metodología de estudio de caso es un enfoque de investigación que simplifica la exploración de tendencias en un contexto en particular, empleando diversas fuentes de datos para comprender implicaciones, similitudes y diferencias del contexto de interés (Yin et al., 2018). La metodología de casos múltiples, a

través del análisis de contenido de reportes de sostenibilidad, se ha utilizado en investigaciones anteriores (Le et al., 2023; Guerra et al., 2021; Cohen et al., 2022).

2.2.1. Selección de empresas y recopilación de reportes

La población objetivo se definió al identificar las 50 principales empresas de construcción operando en América Latina en el año 2021. De estas, 45 se encuentran geográficamente operando en América del Sur, generando los mayores ingresos en la región, que ascendieron a un total de US\$20.508.100.000 millones de dólares estadounidenses. Este monto representa el 88 % de la cifra total informada por la revista digital Construcción Latinoamérica [CLA] (US\$23.328.000.000 millones de dólares estadounidenses), según el informe titulado “Las 50 principales (CLA50)” de Peters (2022). Se destaca que, aunque estas 45 constructoras operan en América del Sur, algunas tienen su sede principal o tienen origen fuera de esta región. Además, se evidencia que hay 5 empresas que forman parte de las 50 principales, que operan en América Central. La composición detallada de la población objetivo se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1.

Población objetivo de empresas de construcción que operan en América del Sur con base en CLA50.

Empresas					Países donde operan las empresas																							
Ranking 2021	Nombre	Origen	Ingreso bruto por ventas en millones US\$ (2021)	% participación (2021)	A	R	B	O	B	R	C	H	C	O	E	C	G	U	P	A	P	E	S	U	U	R	V	E
1	Sigdo Koppers	Chile	3.096,9	13,3	X	X	X	X	X	X									X									

Empresas					Países donde operan las empresas											
Ranking 2021	Nombre	Origen	Ingreso bruto por ventas en millones US\$ (2021)	% participación (2021)	A R	B O	B R	C H	C O	E C	G U	P A	P E	S U	U R	V E
2	Sacyr	España	2.022,0	8,7			X	X	X			X	X		X	
3	Mrv Engenharia	Brasil	1.319,1	5,7			X									
4	Techint Ingeniería Y Construcción	Italia	1.100,0	4,7	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X
5	AENZA (Graña Y Montero)	Perú	987,1	4,2				X	X				X			
6	SALFACORP	Chile	937,2	4,0				X					X			
7	Mota-Engil	Portugal	809,7	3,5			X		X				X			
8	Besalco	Chile	798,5	3,4				X	X				X			
9	Echeverría Izquierdo	Chile	568,6	2,4				X					X			
10	Constructora Meco	Costa Rica	556,8	2,4					X							
11	Andrade Gutierrez Engenharia S.A.	Brasil	555,9	2,4	X	X	X	X	X	X		X	X			X
12	Odebrecht Engenharia & Construção (OEC)	Brasil	516,4	2,2	X		X		X	X	X		X			
13	Constructora Tenda	Brasil	467,1	2,0			X									
14	Socovesa	Chile	433,6	1,9				X								
15	Even Construtora E Incorporadora	Brasil	421,6	1,8			X									
16	COSAPI S.A.	Perú	397,7	1,7		X		X	X				X			
17	Direcional Engenharia	Brasil	329,2	1,4			X									
18	Actividades de Construcción y Servicios (ACS)	España	305,3	1,3	X			X					X			
19	San Martín Contratistas Generales	Perú	299,6	1,3					X				X			
20	Ingevec	Chile	283,1	1,2				X					X			
21	Tegra Incorporadora	Brasil	272,8	1,2			X									
22	Método Potencial Engenharia	Brasil	233,5	1,0			X									
23	Inarco	Chile	228,6	1,0				X				X	X			
24	Uem Mineracao E Construcao	Brasil	215,5	0,9			X									
25	Claro Vicuña Valenzuela	Chile	210,1	0,9				X								
26	Construcap	Brasil	203,8	0,9			X									

Empresas					Países donde operan las empresas											
Ranking 2021	Nombre	Origen	Ingreso bruto por ventas en millones US\$ (2021)	% participación (2021)	A	B	B	C	C	E	G	P	P	S	U	V
					R	O	R	H	O	C	U	A	E	U	R	E
27	Mendes Júnior Engenharia	Brasil	201,1	0,9			X									
28	Racional Engenharia	Brasil	191,7	0,8			X									
29	Construtora Queiroz Galvao	Brasil	185,3	0,8			X									
30	Flesan	Chile	185,0	0,8				X								
31	Construtora Ferreira Guedes	Brasil	182,2	0,8			X									
32	Moller Y Pérez - Cotapos	Chile	180,4	0,8				X								
33	José Cartellone Construcciones Civiles	Argentina	180,0	0,8	X	X	X	X		X			X			
34	Constructora Concreto	Colombia	174,7	0,7					X							
35	FCC	España	164,7	0,7				X	X				X			
36	GAFISA	Brasil	151,6	0,6			X									
37	CSS Constructores	Colombia	150,0	0,6					X							
38	Mincivil	Colombia	149,0	0,6					X							
39	Trisul Incorporadora E Construtora	Brasil	143,4	0,6			X									
40	COMSA Corporación	España	137,4	0,6			X		X				X		X	
41	Construcciones El Condor	Colombia	131,2	0,6					X							
42	MPD Engenharia	Brasil	126,6	0,5			X									
43	Pacaambu Construtora	Brasil	111,7	0,5			X									
44	Ayesa	España	99,3	0,5	X		X	X	X	X			X			
45	Empresa Construtora Brasil	Brasil	93,1	0,4			X									
			20.508,1	88,0												
Total participación de las empresas seleccionadas por país					7	5	26	19	18	5	2	3	19	0	3	2

Nota. Elaboración propia con base en los datos recopilados de Peters (2022). La tabla 1 muestra la población objetivo de empresas de construcción que operan en América del Sur, clasificadas por ingreso bruto por ventas en millones de US\$ en el año 2021. Se incluyen empresas de diferentes países de origen y se indica su participación en el mercado de los

países de la región; AR: Argentina, BO: Bolivia, BR: Brasil, CH: Chile, CO: Colombia, EC: Ecuador, GU: Guyana, PA: Paraguay, PE: Perú, SU: Surinam, UR: Uruguay y VE: Venezuela.

Posteriormente, se seleccionaron las empresas que tienen reportes de sostenibilidad disponibles a la consulta pública en sus páginas web entre 2018 y 2022, como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2.

Empresas seleccionadas y título de los reportes anuales entre 2018 y 2022.

#	Empresa	Reportes de sostenibilidad				
		2018	2019	2020	2021	2022
1	Sigdo Koppers	Memoria Anual 2018	Memoria Anual 2019	Memoria Anual 2020	Memoria Anual 2021	Memoria Anual 2022
2	Sacyr	N.P.	N.P.	Informe Integrado de Sostenibilidad 2020	Informe Integrado de Sostenibilidad 2021	Informe Integrado de Sostenibilidad 2022
3	Mrv Engenharia	N.P.	N.P.	N.P.	Relatório de Sustentabilidade de 2021	Relatório de Sustentabilidade de 2022
4	Techint Ingeniería Y Construcción	N.P.	N.P.	Sustainability Report 2020	Humanitas Scientific Report 2021	Sustainability Report 2022
5	Aenza (Graña Y Montero)	Reporte integrado 2018	Reporte integrado 2019	Reporte integrado 2020	Reporte integrado 2021	Reporte integrado 2022
6	SALFACORP	Memoria anual 2018	Memoria anual 2019	Memoria anual 2020	Memoria anual 2021	Memoria integrada 2022
7	Mota-Engil	Informe Integrado de Sostenibilidad 2018	Informe Integrado de Sostenibilidad 2019	Informe Integrado de Sostenibilidad 2020	Informe Integrado de Sostenibilidad 2021	Informe Integrado de Sostenibilidad 2022
8	Besalco	Memoria anual 2018	Memoria anual 2019	Memoria anual 2020	Memoria anual 2021	Memoria anual integrada 2022

#	Empresa	Reportes de sostenibilidad				
		2018	2019	2020	2021	2022
9	Echeverría Izquierdo	N.P.	Desarrollo empresarial sostenible Resumen año 2019	Desarrollo empresarial sostenible Resumen año 2020	Gestión sostenible	Memoria Anual 2022
10	Odebrecht Engenharia & Construção (OEC)	Relatório Anual OEC 2018	Relatório Anual OEC 2019	Relatório Anual OEC 2020	Relatório Anual OEC 2021-2022	Relatório Anual OEC 2021-2022
11	Even Construtora E Incorporadora	N.P.	N.P.	N.P.	Relatório anual e de sustentabilidade 2021	Relatório anual e de sustentabilidade 2022
12	Cosapi	Memoria anual 2018	Memoria anual 2019	Memoria anual 2020	Memoria integrada 2021	Memoria integrada 2022
13	Direcional Engenharia	N.P.	N.P.	N.P.	Relatório anual e de sustentabilidade 2021	Relatório anual e de sustentabilidade 2022
14	Actividades de Construcción y Servicios (ACS)	Informe Integrado del grupo ACS 2018	Informe Integrado del grupo ACS 2019	Informe Integrado del grupo ACS 2020	Informe Integrado del grupo ACS 2021	Informe Integrado del grupo ACS 2022
15	Ingevec	N.P.	Memoria anual 2019	Memoria anual 2020	Memoria anual 2021	N.P.
16	Racional Engenharia	N.P.	Relatório Anual 2019	Relatório Anual 2020	Relatório Anual 2021	Relatório Anual 2022
17	Construtora Queiroz Galvao	Relatório de sustentabilidade cistrutora Queiroz Galvao 2018	Relatório de sustentabilidade cistrutora Queiroz Galvao 2019	Relatório de sustentabilidade cistrutora Queiroz Galvao 2020	Relatório de sustentabilidade cistrutora Queiroz Galvao 2021	Relatório de sustentabilidade cistrutora Queiroz Galvao 2022
18	Flesan	Informe de gestión 2018	Informe de gestión 2019	Informe de gestión 2020	Informe de gestión Medio ambiente 2021	Reporte anual Medio ambiente 2022
19	Moller Y Pérez – Cotapos	Memoria anual 2018	Memoria anual 2019	Memoria anual 2020	Informe de sostenibilidad 2021	Memoria anual 2022
20	Constructora Conconcreto	N.P.	N.P.	N.P.	Memoria anual 2022	N.P.
21	FCC Construcción	N.P.	Memoria de sostenibilidad 2019-2020	Memoria de sostenibilidad 2019-2020	Memoria de sostenibilidad 2021-2022	Memoria de sostenibilidad 2021-2022
22	Gafisa	N.P.	N.P.	N.P.	Relatório de Sustentabilidade 2021	Relatório de Sustentabilidade 2022
23	Comsa Corporación	Informe de RSC 2018	Informe de RSC 2019	Memoria de sostenibilidad 2020	Memoria de sostenibilidad 2021	Memoria de sostenibilidad 2022
24	Construcciones El Condor	Informe de gestión y sostenibilidad	Informe de gestión y sostenibilidad	Informe de gestión y sostenibilidad	Informe de gestión y sostenibilidad	Informe de gestión y sostenibilidad

#	Empresa	Reportes de sostenibilidad				
		2018	2019	2020	2021	2022
25	Pacaembu Construtora	Relatório Socioambiental 2018	Relatório Socioambiental 2019	Relatório Socioambiental 2020	Relatório Socioambiental 2021	N.P.
26	Ayesa	N.P.	N.P.	BUILDING 26 For a sustainable future Strategic Plan 2022-2026	N.P.	ESG Report 2022 y “BUILDING 26 For a sustainable future Strategic Plan 2022-2026”

Nota. Elaboración propia con base en los datos recopilados de Peters (2022). La tabla 2 muestra las 26 empresas en las que se encontró al menos un reporte anual de sostenibilidad disponible a la consulta pública en sus páginas web entre los años 2018 y 2022; se indican los títulos y la disponibilidad por año. N.P.: No presenta reporte de sostenibilidad.

2.2.2. *Análisis de contenido de los reportes de sostenibilidad*

Se realizó un análisis de contenido a los reportes de sostenibilidad recopilados de las empresas que contaban con los 5 reportes disponibles, desde el 2018 al 2022, es decir, que no se consideraron las empresas con 4 o menos reportes de sostenibilidad disponibles. El análisis se llevó a cabo manual y cualitativamente y consistió en determinar las prácticas de EC implementadas por cada etapa del ciclo de vida de la construcción en los reportes por año. Se analizaron las siguientes cinco etapas: (i) etapa de prediseño y diseño, (ii) etapa de fabricación, (iii) etapa de construcción, (iv) etapa de operación y uso, y (v) etapa de fin de vida (Kazmi y Chakraborty, 2023). Los resultados se interpretaron, en términos de presencia (+) o ausencia (-) de las etapas consideradas en el informe y se representó en una gráfica basada en el número total de veces que una etapa presentó estrategia de EC en el conjunto de informes de las empresas. Además, se listaron las prácticas o estrategias circulares por etapa.

2.3. Estudio del aporte circular de las empresas

Considerando las mismas empresas y reportes usados en el paso previo, se llevó a cabo el estudio del aporte circular de las empresas del sector de la construcción a través de un abordaje semicuantitativo. Se identificaron los indicadores de EC y sus mediciones reportadas en los informes. Se seleccionaron los indicadores considerados en los reportes de al menos la mitad de las empresas. Seguidamente, se estableció la correspondencia entre las etapas y los indicadores seleccionados, considerando dos opciones: si el reporte vincula explícitamente el indicador con la etapa o no. En el caso de una relación explícita, se consideró dicha correspondencia; de lo contrario, se asignó manualmente la relación. Finalmente, se analizó la tendencia de las mediciones de los indicadores cada dos años por empresa. El análisis de tendencia se expresó en términos de "tendencia negativa" (-), "tendencia positiva" (+), "tendencia neutral o sin cambio" (/) e "indicador no reportado" (n/r). Una tendencia positiva indica mejora o reducción de efectos negativos de un año a otro en la empresa.

3. Resultados y Discusión

3.1. Revisión de literatura sobre el sector de la construcción en América del Sur bajo el contexto de EC

La Tabla 3 muestra las 52 publicaciones que se seleccionaron para exponer el estado actual del sector de la construcción en América del Sur bajo el contexto de la EC, y que a su vez responden a los cuatro aspectos previamente mencionados en la sección 2.1.

Tabla 3.

Descripción de la literatura seleccionada y analizada en el presente estudio.

Tipo de literatura	#.	Título de la publicación	Relevancia	Referencia
Literatura académica	1	Modeling barriers to a circular economy for construction demolition waste in the Aysén region of Chile	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de generación, tasa de recuperación y comercio de recuperación de residuos de construcción y demolición (RCD). Identifica las barreras para implementar una EC para los RCD y propone desarrollar una visión estratégica para políticas y regulaciones que respalden los elementos financieros y técnicos necesarios para implementar y ampliar la EC - RCD	Véliz et al. (2023)
	2	Environmental and Economic Assessment of Eco-Concrete for Residential Buildings: A Case Study of Santiago de Cali (Colombia)	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción de materiales de construcción y recuperación de RCD. Dentro de un contexto de EC, se propone el uso del ecohormigón, el cual es un producto que satisface la demanda del sector de la construcción considerando experiencias para la valorización de residuos y desarrollo de materiales	Maury-Ramírez y De Belie (2023)
	3	A Hybrid Decision Tool for Site Selection of Construction and Demolition Waste (CDW) Facilities in Developing Countries	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de recuperación de RCD. Se centra en la descripción de una herramienta de decisión híbrida para la selección de sitios de instalaciones de reciclaje de RCD en países en desarrollo	Soto-Paz et al. (2023)
	4	A low carbon future for Brazilian steel and cement: A joint assessment under the circular economy perspective	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción. Aborda la EC y la sostenibilidad en las industrias del acero y el cemento, materiales esenciales reconocidos por su importancia para el consumo mundial de energía industrial y las emisiones de dióxido de carbono	Fernandes Torres de Souza y Pacca (2023)
	5	Construction and demolition waste recycling in developing cities: management and cost analysis	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de la generación de RCD y su comercio. Sugiere explorar el mercado de áridos reciclables y encontrar actores interesados en adquirir la materia prima. Recomienda priorizar el tratamiento y clasificación de residuos in situ para reducir la generación de residuos	Ferronato et al. (2023)
	6	Recycling of Rubber and Polyethylene Terephthalate (PET) to Produce Ecological Bricks in Peru	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción de materiales de construcción a partir de reciclaje de residuos; se enfoca en la fabricación de ladrillos ecológicos mediante la incorporación de caucho y tereftalato de polietileno (PET) y componentes plásticos de neumáticos usados en la estructura de los ladrillos	Lizarzaburu-Aguinaga et al. (2023)
	7	Crop waste management proposal in rice systems at	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción de materiales de construcción y gestión de residuos. Se centra en la gestión de los residuos	Urrea-Ceferino y Grimaldos-Mojica (2023)

Tipo de literatura	#.	Título de la publicación	Relevancia	Referencia
		the department of Cordoba, Colombia	agroindustriales del cultivo de arroz en la región de Córdoba, Colombia	
	8	Life Cycle Analysis for the Recycled Expanded Polystyrene (EPS) and Polypropylene (PP) Mixture as an Alternative to the Material in the Construction Sector	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción de materiales de construcción y análisis del ciclo de vida. Sugiere que el nuevo material producido a partir de EPS y PP reciclados genera menos impacto ambiental que materiales convencionales como el policloruro de vinilo (PVC), lo que podría abrir nuevas posibilidades para incorporar modelos de EC en el sector de la construcción	Bautista et al. (2023)
	9	Waste valorization of coal mining waste from a circular economy perspective: A Brazilian case study based on environmental and physicochemical features	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción de materiales de construcción y análisis del ciclo de vida. Analiza los residuos generados por la extracción y procesamiento de carbón mineral, así como en su potencial de valorización en el sector de la construcción desde una perspectiva de EC	Acordi et al. (2023)
	10	Comparison of environmental impacts related to municipal solid waste and construction and demolition waste management and recycling in a Latin American developing city	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de tasa de recuperación de residuos; hace una comparación de los impactos ambientales generados por el sistema de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) y RCD en La Paz, Bolivia	Ferronato et al. (2023)
	11	Circular Bioeconomy in the Amazon Rainforest: Evaluation of Açai Seed Ash as a Regional Solution for Partial Cement Replacement	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción de materiales de construcción y análisis del ciclo de vida. Aborda la aplicación de la bioeconomía circular en la región amazónica brasileña al evaluar el uso de un subproducto agrícola (Açai) en la construcción como reemplazo parcial del cemento	Rocha et al. (2022)
	12	A Multi-Criteria Decision-Making Framework for Prioritizing and Overcoming Sectoral Barriers in Converting Agricultural Residues to a Building Material	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción de materiales de construcción y análisis del ciclo de vida proporcionando una visión de cómo la conversión de residuos agrícolas en materiales de construcción puede contribuir a la EC en el sector de la construcción en América del Sur, al superar barreras y priorizar acciones	Pamučar et al. (2022)
	13	Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Case Study of Colombia	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD destacando las limitaciones y desafíos existentes de su gestión en términos de información, tratamientos y otros aspectos relacionados, no solo para Colombia, sino también para otros países de América Latina con contextos similares: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador y Perú	Colorado et al. (2022)
	14	How effective is the construction sector in promoting the circular economy in Brazil and France?: A waste input-output analysis	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD y su tasa de recuperación en Brasil. Examina cómo la EC se promueve en el sector de la construcción en Brasil y Francia, a través de un análisis de entrada-salida de residuos	Doussoulin, y Bittencourt, (2022)
	15	Willingness to pay for construction and demolition waste from buildings in Chile	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD en Chile. Muestra que más del 20 % de RCD generados en Chile asociados a la construcción residencial no cuentan con infraestructura capaz de recibirlos en su propia región administrativa	Véliz et al. (2022)
	16	Strategies to promote circular economy in the management of construction and demolition waste at the regional level: a case study in Manaus, Brazil	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD para su gestión y aplicación en el sector de la construcción en Brasil. Estudiaron las prácticas de gestión de residuos relacionados con los RCD producidos en las obras desarrolladas en 2018 por tres importantes industrias de la construcción que operan en Manaus	Oliveira et al. (2021)
	17	Synergizing environmental, social, and economic sustainability factors for refuse derived fuel use in cement industry: A case	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de producción y consumo de materiales de construcción.	Chaves et al. (2021)

Tipo de literatura	#.	Título de la publicación	Relevancia	Referencia
		study in Espirito Santo, Brazil		
	18	Building materials in a circular economy: The case of wood waste as CO2-sink in bio concrete	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción de materiales de construcción y recuperación de RCD. Evaluación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la producción de biohormigón de madera como parte de una estrategia de EC	Caldas et al. (2021)
	19	Success Drivers for Implementing Circular Economy: A case Study from the Building Sector in Colombia.	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción y generación de residuos; el caso de estudio es la empresa TECMO, cuyos residuos de acero son vendidos en parte a otra empresa para su reciclaje y reintegración en la cadena de valor	Torres-Guevara et al. (2021)
	20	The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción mediante la reutilización y reciclaje de las conchas de ostras en la producción de piedra artificial en Brasil como ejemplo de EC en el sector de la construcción	Silva et al. (2019)
Literatura gris	21	The Circularity Gap Report: América Latina y el Caribe	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción con datos sobre los flujos de materiales para medir la circularidad de la región y destaca los vacíos de datos para contribuir al debate sobre la EC y fundamentar la toma de decisiones a nivel regional	Circle Economy Foundation (s.f.)
	22	Latin America Construction Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2023 - 2028)	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción, así como el tamaño del mercado latinoamericano de la construcción. Los mayores precios de las materias primas han beneficiado a gran parte de América Latina por el aumento de los precios de metales básicos, representando un aumento de los ingresos por exportaciones	Mordor Intelligence Research & Advisory (s.f.)
	23	Cementos - Datos Estadísticos 2022	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción. Incluye un reporte del año 2022 en Argentina sobre producción de cementos y generación de empleos	AFCP (s.f.)
	24	Cementos - Informe Sectorial	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción. Reporte a noviembre de 2022 en Colombia de la producción de Cementos y sus principales empresas.	EMIS (s.f.)
	25	Produtividade e oportunidades para a cadeia de construção	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción y generación de residuos. El estudio presenta cifras del sector de la construcción en Brasil en el tema de sostenibilidad, recursos naturales extraídos y residuos sólidos	ABCEM (s.f.)
	26	Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción. Proyecta la producción y consumo de materiales en Colombia en el sector para los próximos 30 años	Gobierno de Colombia (s.f.)
	27	Solo aprovechamos el 1% de residuos orgánicos e inorgánicos que generamos	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD e indicadores de residuos sólidos en Perú, donde se evidencia la falta de gestión de los residuos sólidos del sector en el año 2020	ComexPerú (s.f.)
	28	Economía Circular en América Latina y el Caribe	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD, así como residuos generados en América Latina y el Caribe en el año 2016 y estimaciones para el año 2050	De Miguel et al. (2021)
	29	Uruguay + Circular	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción. El Plan Nacional de Residuos para una Uruguay + Circular propone gestión de residuos de neumáticos para el sector	Ministerio de Ambiente de Uruguay (s.f.)
	30	“What a Waste Global Database”	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD. Presenta un indicador de residuos sólidos promedio de la región Latinoamérica y El Caribe	Banco Mundial (s.f.)
	31	Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción, así como proyecciones a nivel mundial y perspectiva cuantitativa hasta el año 2060 a nivel mundial y para los países de América del Sur	OCDE (s.f.)

Tipo de literatura	#.	Título de la publicación	Relevancia	Referencia
	32	Reimaginar nuestros edificios y espacios para una economía circular	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de recuperación de RCD en el que la EC en el sector de la construcción representa una importante disminución de emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial	Fundación Ellen MacArthur (s.f.a)
	33	Want to apply the Circular Buildings Toolkit to your project?	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de recuperación de RCD, definiendo estrategias y acciones para una construcción circular	Fundación Ellen MacArthur (s.f.b)
	34	Americas Regional Network	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD y cifras de población en América del Sur para el año 2040 que pueden aportar a una proyección de generación de RCD	WGBC (s.f.)
	35	Latin American Economic Outlook 2022: Towards a Green and Just Transition	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de recuperación de RCD, de acuerdo con las estrategias de políticas nacionales de algunos países de América Latina.	OCDE et al. (s.f.)
	36	Datos estadísticos 2022, nacional y departamental	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Bolivia con datos estadísticos del sector de la construcción nacional	CABOCO y EPLACONS S.R.L. (s.f.)
	37	Datos estadísticos del sector constructor	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Bolivia con datos estadísticos del sector de la construcción nacional	CABOCO (s.f.)
	38	El mercado de materiales y acabados de la construcción de Paraguay	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Paraguay con datos de importaciones y exportaciones de materiales de construcción	Departamento de Inteligencia de Mercado (s.f.)
	39	Sector ferretero de Venezuela está en dificultades	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Venezuela con datos del insumo ferretero	Fierros (s.f.)
	40	Las cifras negras del sector construcción	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Venezuela con datos de insumos básicos, cemento y las cabillas (barras de acero)	Daniel (2012)
	41	Plan Nacional de Implementación de Surinam del Convenio de Estocolmo 2019	Presenta una perspectiva de la EC en el aspecto de generación de los RCD en Surinam	Weber (2019)
	42	El gobierno prevé un millón de toneladas de agregado de construcción este año	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Guyana con datos de materias primas	Ministerio de Recursos Naturales (s.f.)
	43	Informe estadístico 2021	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción proporcionando datos del cemento en Sur América	Federación interamericana del cemento [FICEM] (s.f.)
	44	Míneral de hierro en Brasil	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Brasil con datos de materias primas	The Observatory of Economic Complexity [OEC] (s.f.)
	45	Serie de estudios sobre mercados mineros	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Argentina con datos de materias primas	Ministerio de Economía Argentina (s.f.)
	46	Quiénes somos	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Argentina con datos de materias primas	Aluar (s.f.)
	47	Reporte de sustentabilidad 2021	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Chile con datos de materias primas	CODELCO (s.f.)
	48	Reporte estadístico mineroenergético año 2022	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Perú con datos de materias primas	Sociedad Nacional de minería petróleo y energía (s.f.)
	49	Cobre	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Perú con datos de materias primas	Antamina y Sociedad Nacional de minería petróleo y energía (s.f.)
	50	The world's top ceramic tile manufacturers	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Brasil, Colombia y Perú con datos de materias primas	Baraldi (2023).

Tipo de literatura	#.	Título de la publicación	Relevancia	Referencia
	51	World production and consumption of ceramic tiles	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de producción y consumo de materiales de construcción en Brasil con datos de materias primas	Baraldi (2023).
	52	Dos empresas latinoamericanas entre los mayores contratistas de demolición del mundo	Presenta una perspectiva de la EC en los aspectos de comercio de recuperación de residuos de construcción y demolición (RCD) en Brasil y Chile con datos de ingresos económicos	Peters (2024)

Nota. Elaboración propia con base en la búsqueda descrita en la sección 2.1. La tabla 3 muestra la descripción de la literatura seleccionada y analizada en el presente estudio, relacionada con el estado actual del sector de la construcción en América del Sur bajo el contexto de la EC. Se incluyen publicaciones académicas y literatura gris relevantes, que abordan aspectos específicos como la generación, tasa de recuperación y el comercio de RCD, producción y consumo de materiales de construcción y análisis del ciclo de vida.

3.1.1. Producción y consumo de materiales de construcción

Es un aspecto clave en la producción de materiales en el sector de la construcción en América del Sur la autosuficiencia de materias primas por sus exportaciones. Aproximadamente, el 40 % de los materiales extraídos de la región se exportan para satisfacer la demanda global; esto representa un beneficio económico a varios países por los altos precios de materias primas como el cobre y el litio (Circle Economy Foundation, s.f.). En el 2021, Brasil, el segundo mayor exportador de hierro del mundo, envió el 63 % de sus exportaciones, valuadas en \$46,2 millones de dólares, a China. Chile, con una producción en el 2022 de 1.728.000 toneladas métricas finas, y Perú con 740.571, lideran la producción mundial del cobre con 28 % y 12 % respectivamente, siendo sus mayores consumidores a nivel mundial China 52 % y Europa 16 % (OEC, s.f.; CODELCO, s.f.; Antamina y Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, s.f.). El cobre es un material esencial en la construcción para el cableado en edificaciones y tuberías de agua y gas en la infraestructura;

hay que resaltar que la minería representa el 58 % de exportaciones de Perú; siendo el cobre el de mayor representación (Sociedad Nacional de minería petróleo y energía, s.f.). Adicionalmente, en Argentina, la única empresa productora de aluminio primario tiene una capacidad anual de 460.000 toneladas, según balance de junio 2023, destinando el 70 % a la exportación hacia Estados Unidos y Brasil como insumo para la fabricación de placas, paneles y perfiles. Estos países tienen una gran influencia en el mercado de materias primas para la construcción en la región y a nivel mundial (Aluar, s.f. y Mordor Intelligence Research & Advisory, s.f.).

Entre 2005 y 2017, la producción mundial de cemento creció significativamente, donde Brasil se posicionó como el quinto productor más grande del mundo, siendo a su vez el mayor productor de América del Sur (Chaves et al. 2021). La producción de cemento en América del Sur durante los años 2017 a 2021 creció en un 8 %, pasando de 109.000.000 de toneladas a 117.000.000 de toneladas (Tabla 4). Después de Brasil, se destaca Colombia, Argentina y Perú, con producciones que representan entre la cuarta y quinta parte de la producción de Brasil. Seguidamente, se encuentran Ecuador, Chile y Bolivia, con producciones de cemento que oscilan entre 3.000 y 6.000 toneladas. En la mayoría de los países, la estimación de producción de cemento en el 2021 es mayor que en años anteriores, lo que indica un aumento continuo de la misma. En el 2022, Argentina produjo 13.000.000 de toneladas de cemento, generando más de 423.000 empleos de acuerdo con la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland [AFCP] (2023); Colombia produjo 11.000.000 de toneladas y la tendencia en el mercado de Bolivia muestra un incremento del 6 % en las ventas de cemento (CABOCO y EPLACONS S.R.L., s.f. y s.f.).

Tabla 4.

Producción de cemento en América del Sur (millones de toneladas).

País	2017	2018	2019	2020*	2021*
Argentina	11,96	11,84	11,08	9,87	12,12
Bolivia	3,61	3,76	3,90	3,21	3,61
Brasil	54,00	53,60	56,61	61,05	60,77
Chile	4,00	4,75	5,03	4,28	4,75
Colombia	12,30	12,46	13,01	11,85	13,80
Ecuador	5,69	5,80	5,55	5,03	5,42
Paraguay	1,51	1,06	1,14	1,04	1,10
Perú	9,98	10,05	10,57	9,14	12,86
Surinam	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
Uruguay	0,72	0,81	0,74	0,83	0,89
Venezuela	5,41	2,01	1,15	1,47	2,56
Guyana	ND	ND	ND	ND	ND
Total	109,24	106,18	108,84	107,81	117,92

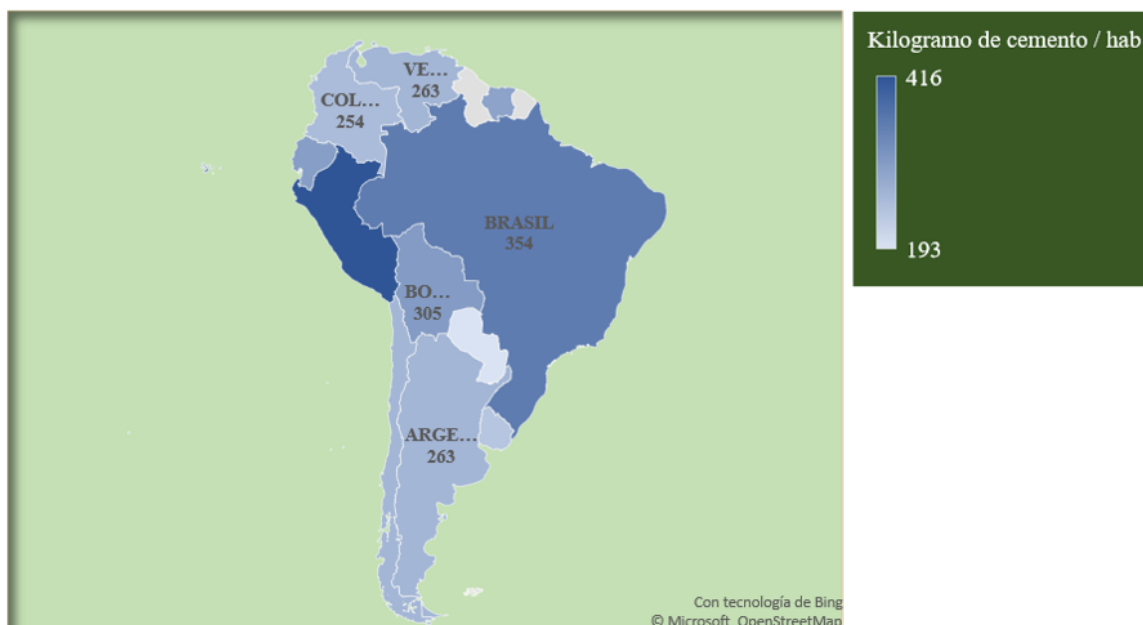
Nota. Elaboración propia con base en los datos recopilados de Federación Interamericana del Cemento [FICEM] (s.f.) y el Informe Estadístico 2021. La tabla 4 muestra la producción anual de cemento en diferentes países de América del Sur para los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Se destaca la evolución de la producción de cemento en el total de la región y se incluyen cifras específicas para cada país *Valor estimado.

A pesar de que el consumo per cápita de materiales en todos los sectores económicos en América del Sur está en línea con el promedio mundial, supera el nivel sostenible. En 2018, se consumieron aproximadamente 12,4 toneladas por persona al año en gran parte de los países de América del Sur, mientras que el nivel sostenible estimado de consumo está establecido en 8 toneladas por persona al año (Circle Economy Foundation, s.f.). La Figura 1 describe el consumo per cápita estimado de cemento en kilogramos por habitante del año

2021 de los países de la región (FICEM, s.f.) e indica que hay una variabilidad considerable en el consumo entre los diferentes países.

Figura 1.

Consumo de cemento per cápita (kg/hab.) en América del Sur en 2021.



Nota. Elaboración propia. Se muestra el consumo de cemento per cápita en kilogramos por habitante en América del Sur en el año 2021, con datos obtenidos de FICEM (s.f.) y su Informe Estadístico 2021. Se destaca la variabilidad considerable en el consumo de cemento entre los diferentes países de la región, lo cual refleja las diferencias en la demanda y el uso de materiales de construcción

Por ejemplo, Perú tiene el consumo per cápita más alto con 416.000 kg/hab., mientras que Paraguay muestra el valor más bajo con 193.000 kg/hab. Brasil, Bolivia y Ecuador están entre los países con un consumo per cápita relativamente alto, superando los 300.000 kg/hab.,

mientras que otros países como Paraguay y Uruguay muestran cifras más bajas, alrededor de 200.000 a 240.000 kg/hab. Algunos países muestran un consumo per cápita similar, como Argentina, Chile, Colombia y Venezuela, que comparten un valor estimado de 263.000 kg/hab. El consumo per cápita promedio estimado para la región en 2021 es de 286.000 kg/hab. Es importante señalar que no se dispone de datos estimados para el consumo per cápita de cemento en Guyana.

Se han de resaltar otros aspectos sobre el consumo de materiales en el sector de la construcción en los países de América del Sur. En Brasil, se utiliza en el sector de la construcción más de un tercio de los recursos naturales extraídos y la mitad de la energía generada abastece las edificaciones del país (ABCCEM, s.f.). En Colombia, se proyecta un consumo de materiales como concreto de 315.000.000 de metros cúbicos, acero de 27.000.000 de toneladas y 130.000.000 de toneladas de ladrillo en los próximos 30 años (Gobierno de Colombia, s.f.). En Guyana, la producción de agregados de construcción en 2020 fue de 650.000 toneladas, lo cual no es suficiente para cubrir una demanda creciente, por lo que se espera duplicar la producción, teniendo en cuenta las necesidades de los nuevos proyectos del Gobierno para el desarrollo de 5.000 viviendas, la infraestructura para la conectividad al interior del país y los puentes de conexión con Surinam (Ministerio de Recursos Naturales, 2021).

Respecto a las importaciones, América del Sur importa el 20 % de las materias primas que consume, principalmente representado en minerales no metálicos y combustibles fósiles (Circle Economy Foundation, s.f.). Paraguay es uno de los principales importadores neto de materiales para la construcción, contando con Brasil como principal proveedor. En Venezuela, el sector ferretero depende en un 90 % de importaciones; con los problemas que

presenta de producción de materias primas, se ha afectado la disponibilidad de cemento y acero, generando escasez y aumento de precios de los insumos de construcción. Similarmente se encuentra Bolivia, que importa hierro y acero desde varios países como Brasil, Perú, Argentina y otros países de Europa (Departamento de Inteligencia de Mercado, s.f.; Fierros, s.f. y CABOCO, s.f.).

La cerámica es la materia prima para el uso en acabados a destacar en América del Sur, teniendo en cuenta que, en Brasil se produjo 927.000.000 de m² en el año 2022, destacándose como el tercer país productor a nivel mundial con un porcentaje de participación del 5,5 %; Brasil exporta el 33 % de su producción, ubicándose como el séptimo exportador mundial y el tercer país con mayor consumo con 736.000.000 m² (Baraldi, 2023). En la región del Centro y Sur de América se producen 1.246.000.000 m² y se consumen 1.241.000.000 m²; además, hay 6 compañías de producción de azulejos que se encuentran entre las 25 principales del mundo, donde 4 son de Brasil, una de Perú y otra de Colombia, con una producción respectivamente en su país de 270.000.000 de m², 42.000.000 de m² y 38.000.000 de m²; Perú exporta el 34 % y Colombia el 6 %; así mismo las dos principales compañías del mundo pertenecientes a Estados Unidos y México tienen plantas de producción en Argentina, Brasil, Colombia y Perú; en estos países quedan la mitad de las plantas de producción de la compañía mexicana (Baraldi, 2023).

3.1.2. Generación de residuos

Materiales como el hormigón, bloques de arcilla, cerámica y acero son los que predominan entre los RCD en varios países, como Chile, Brasil, Colombia, y Perú (Véliz et al., 2023; Soto-Paz et al., 2023; Doussoulin y Bittencourt, 2022; Torres-Guevara et al. 2021);

los aspectos relevantes sobre su generación y gestión en América del Sur se pueden clasificar en:

- i. Crecimiento de la generación de RCD: De Miguel et al. (2021) describe que, en el año 2016, se generó en promedio 0,97 kg/hab por día de RCD en la región, cifra muy cercana al 1 kg/hab por día de RCD enunciado en el 2020 por el Banco Mundial (2021); se estima que esta cifra aumentará un 25 % para el año 2050, cifras que concuerdan con el crecimiento de población en América del Sur (WGBC. S.f.). A lo largo de los años, se ha observado un aumento de residuos en diferentes países; en Brasil se estima que el total de residuos de construcción es de unos 150 kilogramos por m² (Doussoulin, J. P., y Bittencourt, M., 2022). En Chile, se generaron aproximadamente 50.000.000 de m³ de RCD entre los años 2002 y 2018.
- ii. Desafíos de gestión: La gestión de los RCD enfrenta desafíos importantes en términos de información, tratamientos y falta de infraestructura capaz de recibir estos residuos en su propia región administrativa. Además, se evidencia una falta de gestión efectiva de los RCD en todos los países de la región; en países como Bolivia, Perú y Surinam se maneja como práctica común la eliminación informal de RCD en áreas como canteras y vertederos abiertos. La cantidad masiva de RCD generada y su eliminación informal en vertederos abiertos plantea serias preocupaciones ambientales y de salud pública, así como vertederos que no cumplen con las normas internacionales y emiten sustancias peligrosas al medio ambiente (Circle Economy Foundation, s.f.; Colorado et al. 2022; Ferronato et al., 2023; Véliz et al. 2022; ComexPerú, 2022).
- iii. Estudios de flujos y datos insuficientes: La falta de datos sobre flujos de residuos clave impide la elaboración de modelos de escenarios para áreas clave como el

entorno construido y el sector energético en la región, lo que representa un desafío para la implementación de estrategias de gestión efectivas (Ferronato et al., 2023).

- iv. Impacto ambiental y potencial de reutilización: Se destaca la necesidad de enfoques para separar y reutilizar materiales inertes, como el hormigón y los ladrillos, que representan una oportunidad para su reutilización como agregados (ABCCEM, s.f.). Así mismo, no se encuentran planes de territorializar y destinar áreas específicas para los vertederos y el respectivo manejo del RCD, impactando así cuerpos de agua y áreas de reserva natural. En Surinam, por ejemplo, tienen un vertedero oficial por cada uno de sus Distritos y se han identificado incontables vertederos ilegales por todo el país, sin ningún tipo de regularización (Weber R., 2019).

3.1.3. Tasa de recuperación de residuos

La información encontrada sobre la tasa de recuperación de RCD en América del Sur solo muestra que, en Chile, se recupera el 8,6 % de los residuos generados (Véliz et al., 2023). Esta cifra refleja la falta de un sistema eficiente de reutilización y reciclaje de los residuos de construcción. Se evidencia la necesidad de mejorar las prácticas de gestión de residuos para cerrar esta brecha y fomentar la EC. En Colombia y Brasil se evalúan las cantidades de residuos y se proponen herramientas para la selección de sitios de instalaciones de reciclaje de RCD. Se muestra un flujo estimado de ingresos a plantas de recuperación de residuos, destacando las áreas predominantes de generación de residuos como la construcción vial, comercial y vivienda. En Manaus, Brasil, se examinan las prácticas de gestión de residuos en obras desarrolladas por importantes industrias de la construcción. Aunque no se proporcionan cifras específicas sobre la cantidad de residuos (Oliveira et al., 2021). Se

plantea la importancia de identificar y ubicar estratégicamente las instalaciones de reciclaje para manejar eficientemente estos residuos (Soto-Paz et al., 2023).

3.1.4. Propuesta de nuevos materiales para la construcción a partir de residuos generados por otros sectores

En América del Sur, se están implementando diversas propuestas innovadoras que buscan aprovechar los residuos generados por otros sectores en el ámbito de la construcción.

En Brasil, se explora la valorización de residuos generados por la extracción y procesamiento de carbón mineral para su uso en la construcción. Se menciona que la mayoría de estos residuos se eliminan en vertederos industriales controlados y sugiere su potencial utilización en la fabricación de materiales de construcción (Acordi et al., 2023). Se propone el uso de subproductos agrícolas como el Açaí como reemplazo parcial del cemento Portland en morteros autonivelantes. Este enfoque promueve la reutilización de residuos agrícolas, reduciendo así las emisiones de dióxido de carbono asociadas con la producción de cemento (Rocha et al., 2022). En Brasil también se propone el uso de madera reciclada para la producción de biohormigón, destacando su potencial como sumidero de dióxido de carbono y su contribución a una industria de la construcción con bajas emisiones de carbono (Caldas et al., 2021). Finalmente, también se describe la reutilización de conchas de ostras en la producción de piedra artificial, presentándolo como un ejemplo de EC en la construcción (Silva et al., 2019).

En Chile se sugiere la conversión de residuos agrícolas en materiales de construcción para promover la EC en la región. La priorización de barreras como la tecnología y las

políticas se menciona como clave para superar los desafíos en este campo (Pamučar et al., 2022).

En Colombia se propone el uso de ecohormigón que incorpora materiales cementantes suplementarios como cenizas volantes y escorias de alto horno. Esta estrategia busca aumentar la tasa de recuperación de residuos y fomentar la reutilización, reciclaje y recuperación de materiales y productos en la industria de la construcción (Maury-Ramírez y De Belie, 2023). Además, se exploran opciones de reutilización de residuos agroindustriales del cultivo de arroz, como la paja y la cascarilla (Carvajalino Umaña et al., 2022). Se plantea la utilización de la cáscara de arroz en la industria del cemento y en la producción de materiales de construcción por sus propiedades únicas como aislante térmico. A pesar del interés de empresas privadas en Colombia de adoptar la EC para el reúso de materiales (Romero Perdomo et al., 2023), no hay una gestión adecuada de los residuos de construcción en el país (Urrea-Ceferino y Grimaldos-Mojica, 2023). Colombia destaca el uso de materiales reciclados como el poliestireno expandido (EPS) y polipropileno (PP), señalando su menor impacto ambiental en comparación con materiales convencionales como el PVC (Bautista et al., 2023).

En Perú se fabrican ladrillos ecológicos utilizando caucho, PET y componentes plásticos de neumáticos usados. Esta práctica contribuye a la gestión sostenible de residuos perjudiciales para el medio ambiente y podría hacer que la vivienda sea más accesible para las poblaciones de bajos ingresos (Lizarzaburu-Aguinaga et al., 2023).

En Uruguay se aborda la gestión de residuos de neumáticos y su uso en la fabricación de materiales para canchas, mezclas asfálticas y pisos de seguridad en la construcción, como parte de una estrategia de EC (Ministerio de Ambiente de Uruguay, s.f.).

Estas estrategias y acciones encontradas en Brasil, Chile, Colombia, Perú y Uruguay se encuentran definidas por la fundación Ellen MacArthur, resaltando la importancia de utilizar los materiales adecuados para reducir el uso de materiales vírgenes y no renovables (Fundación Ellen MacArthur, s.f.b). Esto revela la diversidad de esfuerzos e innovaciones en América del Sur para transformar residuos de diferentes sectores en materiales útiles y sostenibles para la industria de la construcción.

3.1.5. Comercio de la recuperación de residuos

La facturación total alcanzada por las 100 principales empresas de demolición a nivel mundial en el año 2023 ascendió a US\$7.727.000.000 millones de dólares. En este contexto, solo dos empresas de Latinoamérica lograron ubicarse en este selecto grupo; una empresa de Brasil se posicionó en el puesto 56 con ingresos de US\$43.100.000, mientras que una de Chile ocupó el puesto 79 con ingresos de US\$28.270.000; su contribución al valor total del ranking fue del 0,56 % y 0,37 % respectivamente. Estas compañías ofrecen servicios que abarcan desde implosión, demolición, reciclaje, tunelización, desmantelamiento hasta excavación submarina (Peters C., 2024). En la región de América del Sur no se ha cuantificado ni sistematizado el comercio de la recuperación de residuos del sector de la construcción. Por consiguiente, las cifras al respecto son muy escasas.

Al explorar el panorama del comercio y la gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en América del Sur, se destaca un estudio en Colombia que estimó el flujo de ingresos potenciales de una planta de recuperación de residuos en el Área Metropolitana de Bucaramanga entre 2012 y 2022. Este análisis resalta la importancia de obras en construcción vial, comercial, y viviendas de bajos y altos ingresos en este cálculo

(Soto-Paz et al., 2023). En Bolivia, otra investigación enfocada en la gestión de RCD en La Paz discute análisis de escenarios que indican que una gestión adecuada de residuos podría ser relativamente asequible y tener un impacto positivo en la economía local (Ferronato et al., 2023).

Se enfatiza el esfuerzo de varios países, que incluyen a Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Uruguay, Bolivia y Brasil, para promover estrategias, políticas específicas y acciones que buscan fomentar la sostenibilidad, reducir los impactos ambientales y promover la reutilización y el reciclaje de recursos (OCDE et al., s.f.).

3.2. Estrategias de EC implementadas

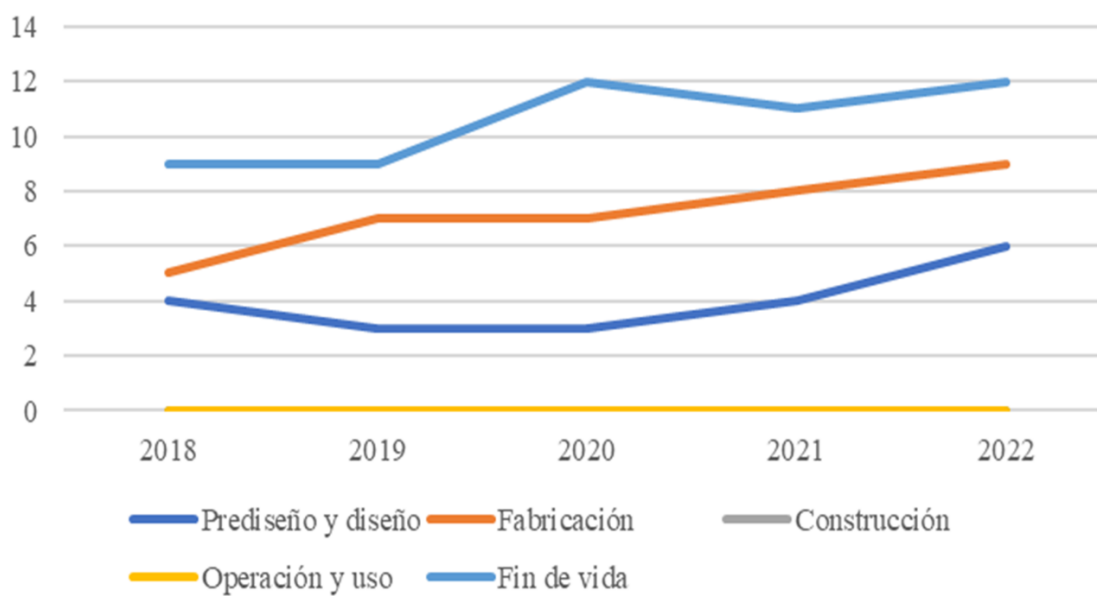
De acuerdo con la Figura 2, se encontró que hay mayor interés en la adopción de prácticas de EC en la etapa de fin de vida de las empresas de construcción a lo largo del tiempo. Se observó un crecimiento teniendo en cuenta que, en el año 2018, de las 13 empresas, 9 reportaron datos de estrategias relacionadas con esta etapa (Sigdo Koppers, AENZA (Graña y Montero), OEC, COSAPI S.A., ACS, Constructora Queiroz Galvao, Moller y Pérez - Cotapos, COMSA Corporación y Construcciones El Condor) y en 2022 se registraron 12 empresas, faltando solo Besalco.

Los reportes indicaron que hay una mayor adopción a través de los años de estrategias en la etapa de fabricación, siendo esta la segunda etapa más destacada. En esta etapa se registraron estrategias como el uso eficiente del agua, la implementación de tecnologías renovables y la reutilización de residuos. Se evidenció un crecimiento continuo de adopción de las estrategias, donde en el año 2018, 6 empresas reportaron datos de estrategias relacionadas con esta etapa (AENZA (Graña y Montero), OEC, COSAPI S.A., ACS,

Construtora Queiroz Galvao y Construcciones El Condor) y en 2022 se registraron 9 empresas (Sigdo Koppers, AENZA, SALFACORP, Mota-Engil, OEC, ACS, Construtora Queiroz Galvao, Moller y Pérez - Cotapos y Construcciones El Condor).

Figura 2

Tendencia estrategias de EC por etapa de vida en las empresas de construcción – Caso de estudio.



Nota. Elaboración propia. Se presenta la tendencia de estrategias de EC por etapa de vida en las empresas de construcción del caso de estudio descrito en la sección 2.2.2. con base en el soporte Tabla S1.

La etapa de prediseño y diseño es la tercera etapa donde más se ha implementado estrategias de EC (Figura 2). Los resultados mostraron una adopción de prácticas que aumentó en los dos últimos años. Se reportaron estrategias en 4 empresas (Flesan, Moller y Pérez - Cotapos, COMSA Corporación y Construcciones El Condor) en el 2018 y 6 en 2022

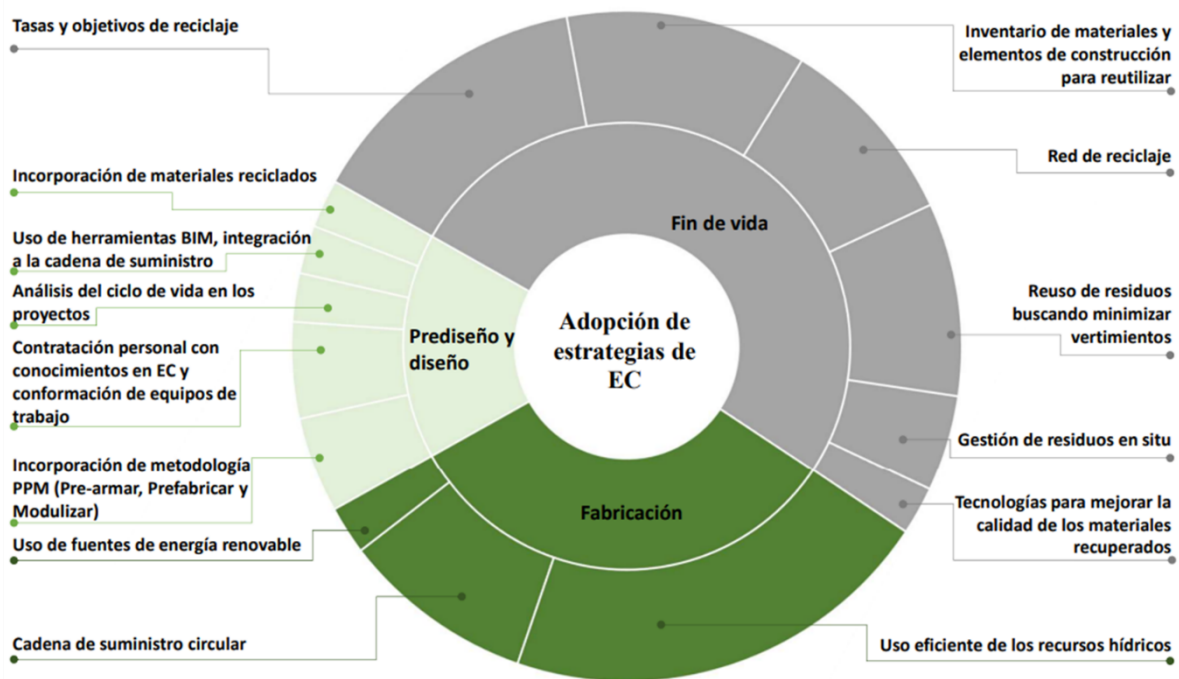
(SALFACORP, Mota-Engil, ACS, Flesan, Moller y Pérez - Cotapos y COMSA Corporación). Estas empresas mencionan estar en la búsqueda de la circularidad mediante la digitalización de procesos y la optimización de recursos en la búsqueda de reducir residuos. Esto sugiere un cambio progresivo hacia modelos de negocio más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente desde esta etapa. Adicionalmente, los informes registraron la ausencia de prácticas de EC en la etapa de construcción y en la etapa de operación y uso por parte de las empresas.

De acuerdo con la Figura 3, en las estrategias reportadas en la etapa de prediseño y diseño de las empresas de construcción frente a la EC, se resalta la importancia de la estrategia de contratación de personal con conocimientos en EC para la conformación de equipos de trabajo más idóneos; en Flesan se evidencia un esfuerzo en la gestión ambiental, con la creación de una gerencia de medio ambiente y la participación en alianzas colaborativas para promover la revalorización de materiales y fomentar un modelo de negocio circular. Asimismo, Moller y Pérez - Cotapos destaca acciones como la capacitación del personal para reducir la generación y manejo de residuos, la optimización de cortes de materiales y la preferencia por elementos prefabricados, lo que sugiere un enfoque en la reducción de residuos y la eficiencia en el uso de materiales; SALFACORP incorpora metodologías de pre-ensamblado, prefabricación y modularización (PPM) en los proyectos, lo que sugiere un enfoque hacia la optimización de recursos y la reducción de residuos. Solo Mota-Engil destaca la digitalización de procesos con el objetivo de potenciar la vida útil del producto y utilizar materiales con menor impacto ambiental. ACS reporta el análisis de ciclo de vida en los proyectos, mediante la evaluación del impacto ambiental y la optimización de recursos, y, finalmente, Construcciones El Condor destaca la incorporación de materiales

reciclados en los proyectos mediante el pavimento de concreto con fibra sintética reciclada y el asfalto caucho, lo que refleja un enfoque en la utilización de materiales sostenibles y la reducción de residuos.

Figura 3.

Adopción de estrategias de EC en las empresas de construcción.



Nota. Elaboración propia. Se presenta la proporción de adopción de cada una de las estrategias de EC según etapa de vida de las empresas de construcción del caso de estudio descrito en la sección 2.2.2. con base en la Tabla S2.

Las prácticas identificadas señalaron que no existe una estrategia uniforme en la etapa prediseño y diseño entre las empresas analizadas. En lugar de ello, se observaron acciones aisladas y diversas. Munaro y Tavares (2023) encontraron que las barreras institucionales

están relacionadas con estrategias de diseño deficientes, identificando que se necesita una mayor inversión para mejorar los conocimientos y habilidades de los profesionales. La falta de conocimiento sobre diseño para desmontaje y temas de EC de materiales y edificios está relacionada con información insuficiente sobre costos y métodos de deconstrucción, aplicación insuficiente de estrategias RCD y falta de aclaración sobre cómo considerar los edificios como un servicio y no como un producto.

En la etapa de fabricación se destacó el “uso eficiente de los recursos hídricos” (Figura 3) entre todas las estrategias del ciclo de vida, por lo que se identificó en 9 empresas mediante el énfasis en prácticas como el tratamiento de aguas residuales, la implementación de sistemas de humedales para reusar el agua gris en el riego de áreas verdes, el consumo de suministro de agua, el uso de plantas de tratamiento de aguas servidas y la recuperación y tratamiento de aguas grises para diferentes usos. Además, se observaron iniciativas como el uso eficiente del recurso hídrico con respecto al porcentaje de consumo de agua y fuentes de captación en Mota-Engil, el volumen de agua tratado y el consumo de agua por fuente, junto con la implementación de sistemas para el tratamiento de efluentes industriales y sanitarios en OEC. En ACS, se abordó el consumo, extracción y vertido de agua, mientras que en Construtora Queiroz Galvao se destacó el consumo eficiente de agua y su reutilización, incluyendo el consumo, extracción y vertido de agua, así como el agua reutilizada. Por otro lado, Moller y Pérez - Cotapos y Construcciones El Condor enfocaron sus estrategias en el consumo total de agua, la recirculación de aguas residuales industriales, el aprovechamiento y la recirculación de aguas residuales y la implementación de sistemas para su reutilización en diferentes procesos.

Otras de las estrategias identificadas en la etapa de fabricación son cadena de suministro circular; SALFACORP en el uso de concreto de demolición, utilización de materiales reciclados como insumos en la producción, uso de botellas desechables y pallets de madera para elaborar mobiliario de obra, apuesta por la innovación en el uso de agregados artificiales y base granular con pavimento reciclado e implementación de medidas para reducir la generación y manejo de residuos. El uso de fuentes de energía renovables como estrategia lo ha incorporado solo Sigdo Koppers en la matriz de suministro energético de sus instalaciones.

Es de resaltar que la mayor preocupación de las empresas es el manejo eficiente del agua y su reutilización. Kazmi y Chakraborty (2023) sugieren que indicadores como “consumo de energía”, “emisiones de gases de efecto invernadero” y “uso eficiente de los recursos hídricos” son integrales y ayudan a lograr la circularidad en la industria de la construcción desde la etapa previa al diseño de un proyecto y por lo tanto propusieron futuras investigaciones en esta dirección.

Para la etapa de construcción, Kazmi y Chakraborty (2023) describe que en la mayoría de los países de Europa y Asia existen políticas y directrices para la gestión de RCD, como también indicadores como “el transporte de materiales de construcción”, “instalaciones de embalaje y almacenamiento” y “eliminación de residuos” durante la construcción que contribuyen a los residuos de construcción generados en el sitio, pero que en la práctica se ignoran en gran medida, lo cual soporta el hecho que en este estudio no se encontraron estrategias.

Al igual que en la etapa de construcción, en la etapa de operación y uso, no se identificaron estrategias. De acuerdo con Kazmi y Chakraborty (2023), en la industria de la

construcción existen estrategias como “estado de los materiales de construcción durante su uso”, “uso y modalidades de funcionamiento acordes con los principios de EC”, “consumo de energía”, “mantenimiento preventivo” y “espacios saludables y confortables”. Además, Munaro y Tavares (2023) resaltan que promover mercados con sistemas de control de inventarios, seguimiento de productos, protocolos de seguimiento y publicación de información sobre materiales usados que están o estarán disponibles es fundamental para hacer de los edificios un banco de materiales.

En los informes de sostenibilidad de las empresas, se destaca la etapa fin de vida, donde se evidencia que la estrategia de "tasas y objetivos de reciclaje" (Figura 3) fue la segunda más reportada entre ellas. Esta estrategia se destacó en 6 empresas, según los datos publicados en sus informes anuales de sostenibilidad. Por ejemplo, Sigdo Koppers detalla un plan de reutilización de materiales para la producción de acero sostenible, mientras que SALFACORP menciona el reciclaje de hormigón residual y en Mota-Engil se establece un objetivo estratégico de recuperar el 80% de los residuos. Además, OEC reporta un indicador de reutilización de residuos, ACS se compromete a mantener una tasa de residuos destinados al reciclaje superior al 80%, y en Construtora Queiroz Galvao se especifica el porcentaje de residuos destinados para recuperación.

En cuanto al "reúso de residuos buscando minimizar vertimientos", varias empresas también destacan prácticas relacionadas. Por ejemplo, Sigdo Koppers reutiliza materiales para la producción de acero sostenible, mientras que Mota-Engil recicla diversos materiales como cemento, acero, asfalto y combustibles; COSAPI S.A. se compromete con cero vertimientos de efluentes y COMSA Corporación prioriza la valorización de los residuos como recursos, minimizando el depósito en vertedero.

Otra estrategia importante es el "inventario de materiales y elementos de construcción para reutilizar", donde empresas como Sigdo Koppers cuentan con un indicador de cumplimiento de inventario. Mota-Engil reporta porcentajes de residuos valorizados, OEC monitorea materiales no renovables en busca de disminuir su uso, COSAPI S.A. realiza un inventario estimado en toneladas de diversos tipos de residuos y Constructora Queiroz Galvao elabora un inventario de residuos no peligrosos y peligrosos.

En cuanto a la "red de reciclaje", las empresas implementan acciones como el reaprovechamiento de residuos sólidos no peligrosos y el uso de concreto de demolición de AENZA, mediante el reciclaje de residuos de productos no renovables en el proceso de construcción OEC, y la entrega de residuos reciclables a empresas procesadoras Moller y Pérez - Cotapos.

La "gestión de residuos *in situ*" también es una preocupación destacada, con empresas como Constructora Queiroz Galvao y Construcciones El Condor que reportan indicadores de reutilización de residuos de construcción y demolición en obra.

Finalmente, las "tecnologías para mejorar la calidad de los materiales recuperados" son implementadas por empresas como SALFACORP, que, junto con su proveedor de hormigones, elabora dosificaciones que incluyen la recuperación de plástico triturado para mantener la resistencia de los elementos. Además, incorporan el uso de botellas plásticas en el proceso, las cuales se recolectan desde los puntos limpios ubicados en los distintos centros de trabajo de la empresa.

En la etapa fin de vida se muestra un compromiso continuo con la mejora de procesos y la maximización del valor de los materiales reciclados. A pesar de que la adopción de la EC en la etapa de fin de vida ha atraído la mayor atención, un gran porcentaje de los residuos

de construcción y demolición de los edificios son de baja calidad, por lo que sugieren que en esta etapa se deben evidenciar estrategias de “demolición selectiva”, “planificación y métodos de desmontaje secuencial”, “reutilización adaptativa” y “renovación sostenible” para así ayudar a maximizar la recuperación y reutilización de los recursos en el fin de vida de los edificios y de la construcción en general (Kazmi y Chakraborty, 2023).

3.3. Impacto circular de las empresas

Solo en las etapas de fabricación y fin de vida se logró hacer seguimiento de indicadores de estrategias a 8 empresas, teniendo en cuenta que en los reportes de las 7 empresas restantes no hubo evidencia de estos. En la etapa de fabricación (Tabla 5), se encontró en AENZA un indicador en la estrategia “uso eficiente de los recursos hídricos”, el cual es el indicador de programa de viviendas sostenibles con sistemas de humedales para reúso del agua gris en el riego de las áreas verdes; este indicador presentó un porcentaje inicial del 0 % en el 2018 y del 100 % en el 2022; dentro de la misma estrategia, OEC hace seguimiento al porcentaje de reutilización de agua, donde no se evidenció una mejora en su adopción, ya que en el primer reporte registró 14 % y en el último reporte 3,6 %.

Tabla 5.

Indicadores en etapa de fabricación. Estrategia uso eficiente de los recursos hídricos.

Empresa	Etapa de fabricación			
	Uso eficiente de los recursos hídricos			
	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
AENZA	+	+	+	+
OEC	+	-	/	-

Nota. Elaboración propia con base a los datos crudos de la Tabla S3, se presenta las empresas de construcción del caso de estudio descrito en la sección 2.2.2. que presentan indicadores en sus informes de sostenibilidad en la estrategia “Uso eficiente de los recursos hídricos”. – se refiere a “tendencias negativas”; + se refiere a “tendencias positivas”; / se refiere a “tendencia neutra o tendencia sin cambio”, n/r a “no reportado”. *Indicador de viviendas sostenibles con sistemas de humedales para reúso del agua gris en el riego de las áreas verdes (porcentaje). **Indicador de reutilización de agua (porcentaje).

Es importante destacar que, a pesar de la importancia del recurso hídrico en el ciclo de vida y del compromiso declarado por las empresas hacia la sostenibilidad ambiental, solo un número limitado de empresas demuestran un esfuerzo significativo por lograr indicadores concretos en este ámbito. De las nueve empresas que reconocen la importancia del recurso hídrico en sus procesos y expresan un compromiso con el medio ambiente, solo dos muestran un compromiso tangible hacia la implementación de prácticas sostenibles relacionadas con el uso eficiente del agua; aún queda mucho por hacer para garantizar una implementación consistente y efectiva de medidas de uso eficiente de los recursos hídricos en todas las empresas del sector de la construcción. Es fundamental que todas las empresas reconozcan la importancia crítica del agua como recurso limitado y valioso, y trabajen activamente para reducir su consumo y maximizar su reutilización en los proyectos de construcción. Las estadísticas sobre uso del agua son las menos desarrolladas de acuerdo con encuestas realizadas a empresas de construcción en Argentina (Cohen et al., 2022).

En la etapa de fin de vida, se observaron indicadores que reflejan el desempeño de las empresas en cinco estrategias (Tablas 6-10); la estrategia "tasas y objetivos de reciclaje"

revela una serie de tendencias significativas entre las empresas estudiadas (Tabla 6). Sigdo Koppers destaca por su tendencia positiva, evidenciando un aumento constante en el porcentaje de residuos reciclados o reutilizados, pasando del 1 % al 21 % en el último reporte. Por otro lado, Mota-Engil enfrenta dificultades para alcanzar su objetivo del 80 % de residuos recuperados para el 2023, con una tendencia negativa que muestra una disminución del 63 % al 14 % en el período evaluado. A pesar de un declive en el 2022, OEC ha mantenido una tendencia general positiva en el reciclaje de residuos con terceros; ACS ha logrado mantener consistentemente una tasa de residuos destinados al reciclaje superior al 80 % desde el 2020. Finalmente, Construtora Queiroz Galvao ha demostrado una tendencia variable en su objetivo de reportar el porcentaje de residuos destinados para recuperación, pero concluye con una tendencia positiva al aumentar significativamente del 31 % al 76 % entre 2021 - 2022.

Tabla 6.

Indicadores en etapa de fin de vida en la estrategia de tasas y objetivos de reciclaje.

Empresa	Etapa fin de vida			
	Tasas y objetivos de reciclaje			
	2018 - 2019	2019 - 2020	2020 - 2021	2021 - 2022
Sigdo Koppers*	+	-	+	+
Mota-Engil*	n/r	n/r	-	-
OEC*	-	+	+	-
ACS*	/	/	/	-
Construtora Queiroz Galvao*	-	+	-	+

Nota. Elaboración propia con base a los datos crudos de la Tabla S3, se presenta las empresas de construcción del caso de estudio descrito en la sección 2.2.2. que presentan indicadores en sus informes de sostenibilidad en la estrategia “Tasas y objetivos de reciclaje”. – se refiere

a “tendencias negativas”; + se refiere a “tendencias positivas”; / se refiere a “tendencia neutra o tendencia sin cambio”, n/r a “no reportado”. * Indicador de residuos reciclados o reutilizados (porcentaje).

Las tendencias de la estrategia “tasas y objetivos de reciclaje” resaltan la importancia de un enfoque estratégico y comprometido hacia el reciclaje y la recuperación de materiales en la gestión de residuos en la etapa de fin de vida, subrayando la necesidad de abordar los desafíos identificados y capitalizar las oportunidades para mejorar la sostenibilidad ambiental y económica.

La estrategia “reúso de residuos buscando minimizar vertimientos” revela una situación notable entre las 13 empresas estudiadas; solo COSAPI S.A. presenta un indicador relacionado. Según la Tabla 7, COSAPI S.A. plantea la meta de cero vertimientos de efluentes en el año 2021 y reporta para su logro en su primer periodo, un 38 % de residuos reaprovechados al 2022.

Tabla 7.

Indicadores en etapa de fin de vida en la estrategia de reúso de residuos buscando minimizar vertimientos.

Empresa	Etapa fin de vida			
	Reúso de residuos buscando minimizar vertimientos			
	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
COSAPI S.A.*	n/r	n/r	n/r	+

Nota. Elaboración propia con base a los datos crudos de la Tabla S3, se presenta las empresas de construcción del caso de estudio descrito en la sección 2.2.2. que presentan indicadores

en sus informes de sostenibilidad en la estrategia “Reúso de residuos buscando minimizar vertimientos”. – se refiere a “tendencias negativas”; + se refiere a “tendencias positivas”; / se refiere a “tendencia neutra o tendencia sin cambio”, n/r a “no reportado”. *Indicador de residuos reaprovechados buscando cumplir la meta de cero vertimientos de efluentes (porcentaje).

La ausencia de reportes por parte de las demás empresas en esta estrategia sugiere una posible falta de atención o priorización en relación con el reúso de productos. Sin embargo, el reporte positivo de COSAPI S.A. en el año 2022 indica un potencial para la adopción de prácticas más sostenibles en esta área en el futuro. Este hallazgo subraya la importancia de fomentar y promover la implementación de estrategias de reúso de residuos para minimizar los vertimientos y avanzar hacia una gestión más responsable y sostenible de los recursos en la etapa de fin de vida.

La estrategia “inventario de materiales y elementos de construcción para reutilizar” evidenció que Sigdo Koppers mantiene constante año tras año un cumplimiento del 100 % en la creación y mantenimiento de un inventario de residuos, demostrando un compromiso sólido con la gestión sostenible de los materiales de construcción (Tabla 8); Mota-Engil no reporta constantemente valores ni una tendencia específica en sus indicadores que están basados en las toneladas de residuos no peligrosos valorizados anualmente. Esto sugiere que su enfoque está en evaluar y valorizar los materiales reutilizables, adaptándose a la magnitud de los proyectos. Similar a Mota-Engil, OEC también informa sobre el porcentaje de productos no renovables, como cemento, acero, asfalto y combustibles, que forman parte de los residuos a reutilizar; sin embargo, no se muestra una tendencia clara.

Tabla 8.

Indicadores en etapa de fin de vida. Estrategia Inventario de materiales y elementos de construcción para reutilizar.

Empresa	Etapa fin de vida			
	Inventario de materiales y elementos de construcción para reutilizar			
	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
Sigdo Koppers*	/	/	/	/
Mota-Engil*	n/r	n/r	/	/
OEC*	/	/	/	/

Nota. Elaboración propia con base a los datos crudos de la Tabla S3, se presenta las empresas de construcción del caso de estudio descrito en la sección 2.2.2. que presentan indicadores en sus informes de sostenibilidad en la estrategia “Inventario de materiales y elementos de construcción para reutilizar”. – se refiere a “tendencias negativas”; + se refiere a “tendencias positivas”; / se refiere a “tendencia neutra o tendencia sin cambio”, n/r a “no reportado”.

*Indicador de cumplimiento de contar con un inventario de residuos (porcentaje).

En dos empresas del estudio se encontraron indicadores relacionados con la estrategia “red de reciclaje” (Tabla 9); AENZA reporta una tendencia negativa en su indicador de porcentaje de residuos no peligrosos reaprovechados; esta comienza en un 29 % en 2020, disminuye significativamente al 1 % en 2021 y luego aumenta ligeramente al 5 % en 2022, mostrando una disminución en la eficiencia del reciclaje de residuos no peligrosos durante el período; SALFACORP reporta que recicla un 8,3 % del total de residuos generados, superando la meta corporativa del 2 %. Aunque se proporcionan datos específicos de un año,

se indica que esta empresa tiene una tendencia positiva en su gestión de reciclaje de residuos durante el período 2021-2022 teniendo en cuenta que ha superado la meta propuesta.

Tabla 9.

Indicadores en etapa de fin de vida en la estrategia red de reciclaje.

Empresa	Etapa fin de vida			
	Red de reciclaje			
	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
AENZA*	n/r	n/r	-	+
SALFACORP*	n/r	n/r	n/r	+

Nota. Elaboración propia con base a los datos crudos de la Tabla S3, se presenta las empresas de construcción del caso de estudio descrito en la sección 2.2.2. que presentan indicadores en sus informes de sostenibilidad en la estrategia “Red de reciclaje”. – se refiere a “tendencias negativas”; + se refiere a “tendencias positivas”; / se refiere a “tendencia neutra o tendencia sin cambio”, n/r a “no reportado”. *Indicador de reciclar o reaprovechar del total de residuos generados (porcentaje).

Los indicadores resaltan la importancia de establecer estrategias sólidas de reciclaje de materiales en el sector de la construcción para fomentar la sostenibilidad ambiental. Este llamado cobra mayor relevancia al considerar los bajos porcentajes reportados por las dos empresas en las que se identificaron estos dentro de la estrategia red de reciclaje.

En cuanto a los indicadores de “gestión de residuos *in situ*”, se evidencian en Constructora Queiroz Galvao fluctuaciones notables en el porcentaje de residuos gestionados dentro de la organización, siendo del 77% en 2020, descendiendo al 40% en 2021 y luego aumentando al 62% en 2022 (Tabla 10). Por otro lado, en Construcciones El Condor, se

destaca un informe positivo de reutilización de RCD, con un porcentaje del 88% en 2021 y del 78% en 2022.

Tabla 10.

Indicadores en etapa de fin de vida. Estrategia gestión de residuos in situ.

Empresa	Etapa fin de vida			
	Gestión de residuos in situ			
	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
Construtora Queiroz Galvao*	n/r	n/r	-	+
Construcciones El Condor*	n/r	n/r	n/r	-

Nota. Elaboración propia con base a los datos crudos de la Tabla S3, se presenta las empresas de construcción del caso de estudio descrito en la sección 2.2.2. que presentan indicadores en sus informes de sostenibilidad en la estrategia “Gestión de residuos in situ”. – se refiere a “tendencias negativas”; + se refiere a “tendencias positivas”; / se refiere a “tendencia neutra o tendencia sin cambio”, n/r a “no reportado”. *Indicador de reutilización de RCD en obra (porcentaje).

La variabilidad en los reportes de Queiroz Galvao subraya la necesidad de un enfoque más consistente en la gestión de residuos, mientras que el positivo desempeño de El Condor sugiere un camino hacia una gestión más eficiente y sostenible de los residuos en el lugar de trabajo.

Los indicadores identificados en las estrategias de la etapa fin de vida en las empresas, revela una serie de tendencias y desafíos importantes; se observó un mayor número de indicadores relacionados con la gestión de residuos y el reúso de materiales. Aunque algunas empresas demostraron tendencias positivas en la recuperación y reciclaje de residuos, otras

mostraron notables fluctuaciones, lo que subraya la importancia de un enfoque más consistente y comprometido con la circularidad en la etapa.

La ausencia de indicadores en las etapas prediseño y diseño, construcción y operación y uso del ciclo de vida puede atribuirse a diversos factores interrelacionados. Es posible que exista una falta de conciencia sobre la importancia de la circularidad desde las etapas iniciales del ciclo de vida del producto. La literatura principalmente se centra en la etapa fin de vida útil de los edificios y se ha enfocado principalmente en el reciclaje (Kazmi y Chakraborty, 2023).

Además, pueden existir barreras técnicas y logísticas para la implementación efectiva de estrategias circulares en estas etapas del ciclo de vida. La integración de prácticas circulares en el diseño arquitectónico y la planificación de la construcción puede requerir cambios significativos en los procesos y la infraestructura existente, lo que puede resultar desafiante para algunas empresas; ante esto, Cohen et al., (2022) menciona que la falta de impulsores relevantes como herramientas de diseño y tutoriales afecta en gran manera.

4. Conclusiones

Se encontró que, en la región de América del Sur, la producción y utilización de materiales de construcción se distingue por una importante exportación de materias primas, junto con dificultades en el manejo y la eliminación no regulada de RCD, así como por tasas de reciclaje bajas. A pesar de estas dificultades, se están aplicando enfoques novedosos para incorporar residuos en proyectos de construcción y el mercado de recuperación de RCD está experimentando un crecimiento significativo.

Las empresas del sector de la construcción en América del Sur han comenzado a abordar las estrategias de EC. Se observó un enfoque particular en la etapa de fin de vida de los proyectos. Hay un aumento en el número de empresas que reportan datos relacionados con esta etapa, demostrando un compromiso creciente con la circularidad. Además, se destaca una importante adopción de estrategias en la etapa de fabricación, donde se enfatiza el uso eficiente del agua, la implementación de tecnologías renovables y la reutilización de residuos. En la etapa de prediseño y diseño, se evidencia un cambio progresivo hacia modelos de negocio más sostenibles, con un enfoque en la digitalización de procesos y la optimización de recursos para reducir residuos. Sin embargo, se identifica una falta de prácticas de EC en las etapas de construcción, y operación y uso, lo que sugiere la necesidad de mayores esfuerzos en estas áreas para promover una gestión más sostenible de los recursos en la industria de la construcción en la región. En conjunto, estas estrategias resaltan la importancia de una evaluación exhaustiva y continua de las prácticas de gestión de residuos en las empresas del sector de la construcción en América del Sur. Es fundamental que estas organizaciones trabajen en estrecha colaboración con expertos en sostenibilidad y adopten

un enfoque integrado y proactivo para abordar los desafíos y oportunidades en el camino hacia una EC más efectiva y sostenible.

A pesar de las estrategias implementadas en las diversas etapas del ciclo de vida, aún persisten notables desafíos en la medición de indicadores para las estrategias. Las empresas no reportan indicadores para las etapas de prediseño y diseño, construcción, y operación y uso. Es más, los indicadores usados en las etapas de fabricación y fin de vida muestran más progreso entre 2021 y 2022 en comparación con el periodo de 2018 a 2020 en lo que respecta al uso eficiente de los recursos hídricos, tasas y objetivos de reciclaje, reúso de residuos buscando minimizar vertimientos, inventario de materiales y elementos de construcción para reutilizar, red de reciclaje y gestión de residuos. La mayoría de las empresas analizadas proporcionan una evidencia cualitativa de sus esfuerzos, sin embargo, la falta de valores cuantitativos y mediciones precisas limita la trazabilidad de los datos y la transparencia en la evaluación de su desempeño circular.

Se requiere un mayor compromiso por parte de las empresas, así como la implementación de medidas regulatorias y de políticas que fomenten la integración de la circularidad en todas las etapas del ciclo de vida de los productos de construcción. Además, se necesitan más investigaciones para comprender mejor las barreras y oportunidades específicas que enfrentan las empresas en la región en su transición hacia un modelo de construcción más circular y sostenible.

Finalmente, es necesario mencionar que el método utilizado en este estudio, que se basó en el análisis de los informes de sostenibilidad empresarial, puede verse afectado por sesgos debido a la tendencia de las empresas a seleccionar cierto contenido para incluir en sus informes. Sin embargo, los resultados ofrecen un valioso alcance exploratorio para los

investigadores interesados en el tema y para las discusiones sobre cómo el sector de la construcción en América del Sur puede avanzar en la implementación de prácticas de EC.

Agradecimientos: Agradezco profundamente el apoyo y la orientación de los profesores Miguel Ángel González Curbelo y Felipe Andrés Romero Perdomo. Su generosa dedicación de tiempo y sus consejos tan acertados fueron fundamentales para alcanzar este resultado y me enorgullece haber podido contar con su vasto conocimiento.

También deseo expresar mi gratitud a William, por su inquebrantable apoyo durante este logro profesional. A mi familia, y especialmente a Rosita, quien me motivó a asumir este desafío académico. Gracias de todo corazón, Mamá.

Conflictos de interés: La autora declara no tener ningún conflicto de interés

Referencias

Acevedo-Agudelo, H. y Figueroa-Álvarez, J. (2023). Circularity practices in the management of C&D waste in construction industry: a literature review of the strategies and key aspects about its implementation. *Informes de la Construcción* 75, 569, e485. <https://doi.org/10.3989/ic.92607>.

Acordi, J., Simao, L., Faraco, M. N. S., Borgert, C. H., Olivo, E., Montedo, O. R. K., & Raupp-Pereira, F. (2023). Waste valorization of coal mining waste from a circular economy perspective: A Brazilian case study based on environmental and physicochemical features. *Resources Policy*, 80, 103243.

Akhimien, N. G., Latif, E., & Hou, S. S. (2021). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 38, 102041.

Aluar [Documento WWW], (s.f.). Quienes somos. <https://www.aluar.com.ar/seccion/descripci-n-de-la-empresa/2/32>

Anastasiades, K., Blom, J., Buyle, M. y Audenaert, A. (2020). Translating the circular economy to bridge construction: Lessons learnt from a critical literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2019.109522>

Antamina y Sociedad Nacional de minería petróleo y energía [Documento WWW], (s.f.). Cobre. Perú es el segundo mayor productor de cobre del mundo. <https://antmin.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2020/01/infografia-cobre-2018.pdf>

Asociación Brasileña de Construcción Metálica (ABCCEM) [Documento WWW], (s.f.). Produtividade e oportunidades para a cadeia de construção. <https://www.abcem.org.br/site/biblioteca-digital/artigos>

Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCEP) [Documento WWW], (2023.). Datos Estadísticos 2022. <https://afcp.info/Anuarios/Anuario-2022.pdf>

Banco Mundial [Documento WWW], (s.f.). “What a Waste Global Database” <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/what-waste-global-database>

Baraldi, L. (2023). The world’s top ceramic tile manufacturers. Ceramic World Review [CWR], year 33, 154, 74 - 78. https://www.ceramicworldweb.com/en/news/The_world_top_ceramic_tile_manufacturers_2022

Baraldi, L. (2023). World production and consumption of ceramic tiles. Ceramic World Review [CWR], year 33, 154, 58 - 72.

Bautista, K. S., Hernández, N. E., Solano, J. K., Orjuela, D. y Acevedo, P. (2023). Life Cycle Analysis for the Recycled Expanded Polystyrene (EPS) and Polypropylene (PP) Mixture as an Alternative to the Material in the Construction Sector. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, 99, 247. DOI: 10.3303/CET2399042

Borges, F., Rampasso, I., Quelhas, O., Leal, W. y Anholon, R. (2022). Addressing the UN SDGs in sustainability reports: An analysis of Latin American oil and gas companies. Environmental Challenges 7, 100515.

Brown, D. S., Brown, J. C. y Brown C. (2016). Land occupations and deforestation in the Brazilian Amazon. Land Use Policy. 54, 331 – 338.

Caldas, L. R., Saraiva, A. B., Lucena, A. F. P., Da Gloria, M. Y., Santos, A. S., & Toledo Filho, R. D. (2021). Building materials in a circular economy: The case of wood waste as CO₂-sink in bio concrete. *Resources, Conservation & Recycling*, 166, 105346.

Cámara boliviana de la construcción [CABOCO] (s.f.). Datos estadísticos del sector constructor. Ficha 21. <https://www.caboco.org/estadistica/datos-estadisticos-del-sector-constructor>

Cámara boliviana de la construcción [CABOCO] y Empresa de planificación y construcción S.R.L. [EPLACONS S.R.L.] (s.f.). Datos estadísticos 2022, nacional y departamental. <https://www.caboco.org/estadistica/datos-estadisticos-2022>

Carvajalino Umaña, J. D., Romero Perdomo, F. A., López González, M., Ardila, N., & González Curbelo, M. Á. (2022). Economía circular en Colombia: panorama y estrategias para acelerar su implementación. En Edgar Serna M. (Ed.) *Ingeniería y Desarrollo En La Nueva Era* (pp. 187- 200). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8732161&info=resumen&idioma=SPA>

Chaves, G. de L. D., Siman, R. R., Ribeiro, G. M., & Chang, N.-B. (2021). Synergizing environmental, social, and economic sustainability factors for refuse derived fuel use in cement industry: A case study in Espirito Santo, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 288, 112401.

Charef, R., Morel, J. C. y Rakhshan K. (2021). Barriers to Implementing the Circular Economy in the Construction Industry: A critical Review. *Sustainability* 13(23), 12989; <https://doi.org/10.3390/su132312989>

Cimen, Ö. (2021). Construction and built environment in circular economy: A comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production* 305, 127180.

Circle Economy Foundation [Documento WWW], (s.f.). Circularity gap report Latin America and the Caribbean CEPAL, BID, BID Invest, PNUMA y ONUDI. Amsterdam: Circle Economy. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/10760712-5fde-4106-9afc-953c7d3d569d/content>

Circulab (2021). ¿Cómo mantener la Economía Circular en el centro del sector de la construcción tras la pandemia? Perspectivas sobre los retos y el camino a seguir. <https://circulab.com/es/circular-economy-construction-sector/>

Cohen, J., Rosado, L., & Gil, J. (2022). How is the construction sector addressing the Circular Economy? Lessons from current practices and perceptions in Argentina. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1078, 1. 012008.

Colorado, H.A.; Muñoz, A.; Neves Monteiro, S., 2022. Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Case Study of Colombia. Sustainability, 14, 7225. <https://doi.org/10.3390/su14127225>

ComexPerú [Documento WWW], (s.f.). Solo aprovechamos el 1% de residuos orgánicos e inorgánicos que generamos. Semanario 1107. <https://www.comexperu.org.pe/publicaciones>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022, 3 de noviembre). Tendencias de población en América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/videos/tendencias-poblacion-america-latina-caribe>. YouTube

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (2022). Hoja de ruta nacional de edificaciones neto cero carbono. Hoja_de_Ruta_ENCC.pdf. https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2023/03/Hoja_de_Ruta_ENCC_compressed.pdf

Corporación Nacional del cobre, Chile (CODELCO) [Documento WWW], (s.f.). Reporte de sustentabilidad 2021. https://www.codelco.com/memoria2021/site/docs/20220219/20220219165716/reporte_sustentabilidad_codelco_2021__1_.pdf

Daniel [Documento WWW], (10 de febrero de 2012). Las cifras negras del sector construcción. Revista Económica de Venezuela <https://revistaeconomicadevenezuela.blogspot.com/2012/02/las-cifras-negras-del-sector.html>

De Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M., & Kohout, M. (2021). Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora (Documento de Proyectos LC/TS.2021/120). Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Deloitte, 2022. Estudo Produtividade e oportunidades para a cadeia de construção. Associação Brasileira de construções metálicas (ABCCEM)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). Economía Circular. Primer reporte 2020. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/economia-circular/economia-circular-1-reporte.pdf>

Departamento de inteligencia de mercado [Documento WWW], (s.f.). El mercado de materiales y acabados de la construcción de Paraguay. <https://recursos.exportemos.pe/mercado-materiales-acabados-construccion-paraguay-informe-especializado-2018.pdf>

Doussoulin, J. P., y Bittencourt, M. (2022). How effective is the construction sector in promoting the circular economy in Brazil and France?: A waste input-output analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 60, 47–58.

Eberhardt, L.C.M., Birgisdottir, H. y Birkved, M., (2019). Life cycle assessment of a Danish office building designed for disassembly. *Building Research & Information*. 47:6, 666 - 680. <https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1517458>.

EMIS University [Documento WWW], (s.f.). Colombia - Informe del Sector Cemento y Concreto – Noviembre 2022. Sectorial – Reportes Sectoriales. Downloaded by co-ean01 from 45.32.171.230

Fachinetto Paz, C., Biela, R., Garcia Punhagui, K. R. y Possan, E. (2023). Life cycle inventory of recycled aggregates derived from construction and demolition waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01594-y>

Fernandes Torres de Souza, J., & Pacca, S. A. (2023). A low carbon future for Brazilian steel and cement: A joint assessment under the circular economy perspective. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 17, 200141.

Ferronato, N., Fuentes Sirpa, R. C., Guisbert Lizarazu, E. G., Conti, F., Torretta, V. (2023). Construction and demolition waste recycling in developing cities: management and cost analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(24377-24397). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23502-x>

Ferronato, N., Moresco, L., Guisbert Lizarazu, G. E., Gorrity Portillo, M. A., Conti, F. y Torretta, V. (2023). Comparison of environmental impacts related to municipal solid waste and construction and demolition waste management and recycling in a Latin American

developing city. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 8548–8562.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-16968-8>

Federación interamericana del cemento (FICEM) [Documento WWW], (s.f.). Informe estadístico 2021. <https://ficem.org/uso-estadisticas/>

Fierros [Documento WWW], (s.f.). Sector ferretero de Venezuela está en dificultades. <https://www.fierros.com.co/es/noticias/sector-ferretero-de-venezuela-esta-en-dificultades>

Freitas, L. y Magrini, A. (2017). Waste Management in Industrial Construction: Investigating Contributions from Industrial Ecology. *Sustainability* 9 (7), 1251. <https://doi.org/10.3390/su9071251>

Fritz Benachio, G., Duarte Freitas, M. y Tavares, S. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*. 260, 121046. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046>

Fundación Ellen MacArthur [Documento WWW], (s.f.a). Reimaginar nuestros edificios y espacios para una economía circular. <https://ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/ambiente-construido/vision-general>

Fundación Ellen MacArthur [Documento WWW], (s.f.b). Want to apply the Circular Buildings Toolkit to your project?. <https://ce-toolkit.dhub.arup.com/strategies>

Global Alliance for Buildings and Construction [GlobalABC], International Energy Agency [IEA] y United Nations Environment Programme [UNEP], (2020). GlobalABC Roadmap for Buildings and Construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector, IEA, Paris. <https://globalabc.org/roadmaps-buildings-and-construction>.

Guerra, B.C., Shahi, S., Mollaei, A., Skaf, N., Weber, O., Leite, F. & Haas, C. (2021). Circular economy applications in the construction industry: A global scan of trends and opportunities. *Journal of Cleaner Production* 324, 129125.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos República Argentina (2023). Informes técnicos / Volumen 7, n 88. Indicadores de coyuntura de la actividad de la construcción. 7. 5.

Kazmi, R., Chakraborty, M. Identification of parameters and indicators for implementing circularity in the construction industry. *J. Eng. Appl. Sci.* 70, 77 (2023). <https://doi.org/10.1186/s44147-023-00251-3>

Kirchherr, J., Yang, N. H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 194, 107001.

Le, D. L., Salomone, R., & Nguyen, Q. T. (2023). Circular bio-based building materials: A literature review of case studies and sustainability assessment methods. *Building and Environment*, 110774.

Lima, A., Simoes, S., Aloini, D., Zerbino, P., Oikonomou, T., Karytsas, S., Karytsas, C., Seco, O., Porcar, B., Herrera, I., Slabik, S., Dürr, H., Genovese, A. y Bimpizas-Pini, M. (2023). Climate mitigation models need to become circular - let`s start with the construction sector. *Resources, Conservation & Recycling*, 190, 106810.

Lizarzaburu-Aguinaga, D., Farfan Gomez, J. D., Benittes-Alfaro, E., Acosta Suasnabar, E., Lizarzaburu Aguinaga, M. G., & Orrego Cumpa, R. (2023). Recycling of Rubber and Polyethylene Terephthalate (PET) to Produce Ecological Bricks in Peru. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, 101, 199. DOI: 10.3303/CET23101034

Maury-Ramírez, A. y De Belie, N. (2023). Environmental and Economic Assessment of Eco-Concrete for Residential Buildings: A Case Study of Santiago de Cali (Colombia). *Sustainability*, 15, 12032. <https://doi.org/10.3390/su151512032>

Ministerio de Ambiente de Uruguay, 2021. Uruguay + Circular. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas->

Ministerio de recursos naturales [Documento WWW], (2021) El gobierno prevé un millón de toneladas de agregado de construcción este año. <https://nre.gov.gy/2021/01/31/govt-eyes-one-million-tonnes-construction-aggregate-this-year/>

Mordor Intelligence Research & Advisory [Documento WWW], (s.f.). *Latin America Construction Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2023 - 2028)*. Mordor Intelligence. Retrieved October 20, 2023, from <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/latin-america-construction-market>

Mrad, C. y Frölén, R. (2022). A Review of Europe's Circular Economy in the Building Sector. *Sustainability* 2022, 14(21), 14211. <https://doi.org/10.3390/su142114211>

Munaro, M. R., & Tavares, S. F. (2023). A review on barriers, drivers, and stakeholders towards the circular economy: The construction sector perspective. *Cleaner and Responsible Consumption*, 8, 100107. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100107>

Oliveira, M. P. S. L., Oliveira, E. A. de, & Fonseca, A. M. (2021). Strategies to promote circular economy in the management of construction and demolition waste at the regional level: a case study in Manaus, Brazil. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(2021), 2713–2725. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02197-7>

Oluleye, B. I., Chan, D. W., Saka, A. B., & Olawumi, T. O. (2022). Circular economy research on building construction and demolition waste: A review of current trends and future research directions. *Journal of Cleaner Production*, 357, 131927.

Organización para la cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) [Documento WWW], (s.f.). *Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>

Organización para la cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Corporación Andina de Fomento (CAF) y La Unión Europea (UE) [Documento WWW], (s.f.). *Latin American Economic Outlook 2022: Towards a Green and Just Transition*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/3d5554fc-en>.

Pamučar, D.; Behzad, M.; Janosevic, M.; Aburto Araneda, C.A., [Documento WWW], (s.f.). A Multi-Criteria Decision-Making Framework for Prioritizing and Overcoming Sectoral Barriers in Converting Agricultural Residues to a Building Material. *Mathematics*, 10, 4003. <https://doi.org/10.3390/math10214003>

Peters C. [www.construcción latinoamericana] (2024). Dos empresas latinoamericanas entre los mayores contratistas de demolición del mundo. *Construcción Latinoamericana (CLA)*, enero 2024. <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/dos-empresas-latinoamericanas-entre-los-mayores-contratistas-de-demolicion-del-mundo/8034079.article>

Peters C.[www.construcción latinoamericana] (2022). Las 50 principales CLA50. *Construcción Latinoamericana (CLA)*, septiembre-octubre 2022, 32 - 35. <https://digimag.construccionlatinoamericana.com/magazine/reader/235048/32?pageNumber=33>

Pomponi, F. y Moncaster, A. [Documento WWW], (s.f.). A critical review of circular economy definitions. In Proceedings of the 32nd International Conference of CIB W78, October 31st – November 2nd, 2016, Brisbane, Australia 16, 245-254.

Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E. y Hanemaaijer, A. (2017). Circular Economy: measuring innovation in the product chain. Policy Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2544

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [Documento WWW], (s.f.). 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emissions, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. UN environment programme: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/40507>

Rizos, V., Tuokko, K. y Behrens, A. [Documento WWW], (s.f.). The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts. <https://www.researchgate.net/publication/315837092>

Rocha, J. H. A., de Siqueira, A. A., de Oliveira, M. A. B., Castro, L. d. S., Caldas, L. R., Monteiro, N. B. R., Toledo Filho, R. D. [Documento WWW], (s.f.). Circular Bioeconomy in the Amazon Rainforest: Evaluation of Açai Seed Ash as a Regional Solution for Partial Cement Replacement. *Sustainability*, 14, 14436. <https://doi.org/10.3390/su142114436>

Romero Perdomo, F., Carvajalino Umaña, J. D., López González, M., Ardila, N., & González-Curbelo, M. Á. (2023). The private sector's role in Colombia to achieving the circular economy and the Sustainable Development Goals. *DYNA*, 90(228), 9–16. <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n228.107721>

Silva, T. H., Mesquita-Guimarães, J., Henriques, B., Silva, F. S., & Fredel, M. C. (2019). The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product. *Resources*, 8(1), 13. doi:10.3390/resources8010013

Sistema Iberoamericano de responsabilidad social empresarial (2020). 7 prácticas de la construcción sostenible. <http://sirse.info/7-practicas-de-la-construccion-sostenible/>

Sociedad Nacional de minería petróleo y energía [Documento WWW], (s.f.). Reporte estadístico minero energético año 2022. <https://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/reporte-estadistico-mineroenergetico/8199-a%C3%B1o-2022-fecha-de-publicaci%C3%B3n-septiembre-2023.html>

Soto-Paz, J., Hernandez, A., Mejía-Parada, C. A., Mora-Ruiz, V., Hernández, W., Luna-Guevara, F., Casallas-Ojeda, M., Parra-Orobio, B. A. (2023). A Hybrid Decision Tool for Site Selection of Construction and Demolition Waste (CDW) Facilities in Developing Countries. *Environmental Processes*. <https://doi.org/10.1007/s40710-023-00633-y>

The Observatory of Economic Complexity (OEC) [Documento WWW], (s.f.). Mineral de hierro en Brasil. <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/iron-ore/reporter/bra>

The OECD (2021). Inventory of Circular Economy indicators. OECD. <https://www.oecd.org/cfe/cities/InventoryCircularEconomyIndicators.pdf>

Torres-Guevara, L. E., Prieto-Sandoval, V. y Mejia-Villa, A. (2021). Success Drivers for Implementing Circular Economy: A case Study from the Building Sector in Colombia. *Sustainability*.13, 1350. <https://doi.org/10.3390/su13031350>

Uruguay XXI Promoción de inversiones, exportaciones e imagen país [Documento WWW], (s.f.). Sectores construcción e inmobiliario en Uruguay. www.uruguayxxi.gub.uy

Urrea-Ceferino, G., y Grimaldos Mojica, M. A. (2023). Crop waste management proposal in rice systems at the department of Cordoba, Colombia. *Economia agro-alimentare / Food Economy. An International Journal on Agricultural and Food Systems*, 25(1), 167-189. DOI: 10.3280/ecag2023oa14667

U.S. Green Building Council [Documento WWW], (s.f).
<https://www.usgbc.org/projects?Search+Library=>

Valdebenito, G., Vásquez, V., Prieto, A. J. y Alvial, J. (2021). The paradigm of circular economy in heritage preservation of Southern Chile, *Arquitectura Revista*. 17, 1, 73 – 89. DOI: 10.4013/arq.2021.171.05

Véliz, K. D., Walters, J. P., Busco, C., y Vargas, M. (2023). Modeling barriers to a circular economy for construction demolition waste in the Aysén region of Chile. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 18, 200145.

Véliz, K. D., Ramírez-Rodríguez, G., y Ossio, F. (2022). Willingness to pay for construction and demolition waste from buildings in Chile. *Waste Management*, 137, 222–230.

Weber R. (2019). Plan Nacional de Implementación de Surinam del Convenio de Estocolmo 2019. Departamento de Salud Ambiental y Desarrollo Sostenible y Agencia de Salud Pública del Caribe. <https://gov.sr/wp-content/uploads/2022/07/NIP-FINAL-1-1.pdf>

World Green Bulding Council (WGBC) [Documento WWW], (s.f.). Américas. Americas Regional Network. <https://worldgbc.org/americas/>

Yagual-Velástegui, A.M., López-Franco, M.L., Sánchez-León, L. y Narváez-Cumbicos, J.G. (2018). La contribución del sector de la construcción sobre el producto interno bruto PIB en Ecuador. *Revista Lasallista de Investigación*. 15. 2.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications* (Vol. 6). Thousand Oaks, CA:
Sage.