



Vigilada Mineducación

MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDA EN OCAÑA COMO ESTRATEGIA PARA FORTALECER LA GESTIÓN DE
PROYECTOS SOSTENIBLES

Circular Economy Model in the construction sector in Ocaña as a strategy to strengthen
the management of sustainable projects.

KAREN LORENA QUINTERO MANZANO

Trabajo de grado

José Mauricio Tobar Guinand
Asesor, docente

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS
MEDELLÍN
2024

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
MARCO DE REFERENCIA Y CONTEXTO GENERAL.....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
JUSTIFICACIÓN	21
OBJETIVOS	25
GENERAL.....	25
ESPECÍFICOS.....	25
MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL	26
SECTOR CONSTRUCCIÓN	26
ECONOMÍA CIRCULAR	31
BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	44
GESTIÓN DE PROYECTOS	46
Gestión de Proyectos y Medio Ambiente (GPM).....	47
Project Management Institute (PMI).....	48
Marco lógico.....	49
DISEÑO METODOLÓGICO.....	51
TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	51
POBLACIÓN Y MUESTRA	51
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	51
DIAGNÓSTICO ECONOMÍA LINEAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN LA CIUDAD DE OCAÑA.....	53
PRÁCTICAS DE SOSTENIBILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN OCAÑA.....	74
MARCO DE REFERENCIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN OCAÑA, NORTE DE SANTANDER	79
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PMBOK del PMI AL MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR PROPUESTO PARA LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA CIUDAD DE OCAÑA.....	94
ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN DE CALIDAD.....	95
ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN DE RECURSOS.....	98
ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN DE COSTOS	100

ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN DE LOS <i>STAKEHOLDERS</i> O INTERESADOS	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS.....	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Actividades de construcción de la ciudad de Ocaña</i>	17
Tabla 2. <i>Clasificación de procesos y subprocesos del sector construcción</i>	29
Tabla 3. <i>Principales categorías empleadas para la evaluación de la EC</i>	38
Tabla 4. <i>Prácticas sostenibles en los proyectos</i>	76
Tabla 5. <i>Estrategias/acciones para la transición a un entorno de construcción circular</i>	84
Tabla 6. <i>Propuesta de indicadores para medición de prácticas circulares en la construcción</i>	87
Tabla 7. <i>Integración de áreas PMBOK con EC: Gestión de calidad</i>	96
Tabla 8. <i>Procesos área de gestión de calidad</i>	96
Tabla 9. <i>Integración de áreas PMBOK con EC: Gestión de recursos</i>	98
Tabla 10. <i>Proceso de planificación de recursos</i>	99
Tabla 11. <i>Integración de áreas PMBOK con EC: Gestión de costos</i>	101
Tabla 12. <i>Proceso de planeación de costos</i>	102
Tabla 13. <i>Integración de áreas PMBOK con EC: Gestión de interesados</i>	103
Tabla 14. <i>Proceso de identificación de stakeholders</i>	104
Tabla 15. <i>Gestión de residuos en los proyectos de construcción Ocaña (N. de S.)</i>	106
Tabla 16. <i>Integración del Modelo planteado</i>	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proyección de crecimiento del sector edificador	13
Figura 2. Estrategias del Acelerador de Edificaciones Neto Cero Carbono	14
Figura 3. Distribución política de Ocaña por comunas	16
Figura 4. Beneficios sociales, económicos y ambientales de la EC.....	23
Figura 5. Clasificación del sector construcción por subsectores	26
Figura 6. Categorización de las edificaciones	27
Figura 7. Categorización por subgrupos edificaciones no residenciales	27
Figura 8. Subcategorías del subsector infraestructura	28
Figura 9. Distribución porcentual de insumo de construcción	29
Figura 10. Comparativo entre EC y EL.....	33
Figura 11. ODS alineados con la Estrategia Nacional de Economía Circular	34
Figura 12. Beneficios de la Economía Circular.....	35
Figura 13. Esquema del proceso lineal de construcción	39
Figura 14. Esquema simplificado de EC del sector construcción	40
Figura 15. Modelo de EC del sector de la construcción propuesto en España	41
Figura 16. Uso de materiales en grandes cantidades para el desarrollo de proyectos de construcción.....	53
Figura 17. Reciclaje de material residual en los proyectos de construcción.....	54
Figura 18. Reutilización de material residual en los proyectos.....	55
Figura 19. Reducción de material virgen o no renovable usado en los proyectos	55
Figura 20. Reemplazo de materiales no sostenibles en los proyectos	56
Figura 21. Recuperación de materiales usados en los proyectos	57
Figura 22. Reparación de productos para aumentar el ciclo de vida.....	57
Figura 23. Rechazo de materiales no renovables o con bajo nivel de reciclaje ...	58
Figura 24. Porcentaje de materiales reciclados o reutilizados en los proyectos de construcción	59
Figura 25. Tipo de residuos generados durante la ejecución de los proyectos de construcción	59
Figura 26. Cantidad de residuos de construcción generados semanalmente	60
Figura 27. Cantidad de metales y retal de enchapes generados semanalmente en los proyectos	61
Figura 28. Los proyectos realizados en el sector generan impactos ambientales negativos.....	62
Figura 29. Implementación de políticas o programas para la gestión eficiente de residuos.....	62
Figura 30. Se considera el uso de materiales sostenibles en el diseño de proyectos	63
Figura 31. Cuenta con Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los materiales	63
Figura 32. Prácticas para la reutilización de materiales de construcción	64
Figura 33. Se trabaja arduamente en la reducción de los desperdicios de materiales de construcción	65
Figura 34. Se promueve la EC entre los actores de la cadena de suministro	65
Figura 35. Se considera el desmontaje y reutilización en el diseño de proyectos	66

Figura 36. Los proyectos de construcción están comprometidos con la reducción de emisiones de GEI	67
Figura 37. En los proyectos se aplican tecnologías de eficiencia energética	67
Figura 38. En los proyectos de construcción se usa el agua responsablemente .	68
Figura 39. Se promueve la adopción de energías renovables en los proyectos ..	68
Figura 40. Se reutilizan las aguas lluvias en otras actividades de los proyectos..	69
Figura 41. Se realiza separación de residuos en los proyectos	70
Figura 42. Se potencia la compra de productos que incluyen materiales reciclados	70
Figura 43. Cuentan con indicadores de sostenibilidad en los proyectos	71
Figura 44. El uso de prácticas circulares permite la reducción de costos	71
Figura 45. Se obtienen recursos naturales de las empresas locales autorizadas	72
Figura 46. Principios de la Economía Circular.....	74
Figura 47. Barreras de la Economía Circular en los proyectos	77
Figura 48. Esquema de construcción circular.....	79
Figura 49. Compromiso en el liderazgo compartido de ejecución de proyectos de construcción circulares.....	80
Figura 50. Distribución de los compromisos en el liderazgo compartido.....	81
Figura 51. Indicadores circulares a corto plazo	82
Figura 52. Visión holística de la EC en el sector construcción	83
Figura 53. Modelo de Economía Circular para el sector construcción propuesto.	89
Figura 54. Áreas de conocimiento PMBOK con oportunidades de integración	95

RESUMEN

En las últimas décadas se ha ido creando una creciente conciencia sobre la necesidad de abordar los desafíos ambientales y promover la sostenibilidad, y el sector de la construcción se encuentra en el centro de la atención como un sector primordial para impulsar la transición hacia un modelo económico más circular. Este estudio se enfocó en el diseño de un Modelo de Economía Circular dentro del sector de construcción de viviendas en Ocaña (Norte de Santander), como estrategia para gestión de proyectos sostenibles en esta región específica. Para lograrlo se llevó a cabo una revisión bibliográfica que abarcó conceptos de la Economía Circular, así como de la gestión de proyectos y la construcción sostenible. La metodología empleada en este estudio fue de tipo descriptivo transversal con enfoque cuantitativo. Los resultados dejan en evidencia que la economía lineal sigue siendo predominante en las prácticas productivas del sector de la construcción en la ciudad de Ocaña, identificando diversas oportunidades y desafíos en la aplicación del modelo, entre las que se encuentran la reducción de residuos, la optimización de recursos, la minimización de costos operativos y la promoción de la innovación en los procesos constructivos. Finalmente, la investigación integra la metodología PMBOK del PMI al modelo de Economía Circular propuesto, asegurando la incorporación de criterios de sostenibilidad desde la fase de planificación del proyecto.

Palabras claves: Economía Circular, Construcción de Viviendas, Gestión de Proyectos, Sostenibilidad, Residuos, Innovación, Desarrollo Urbano.

ABSTRACT

In recent decades, a growing awareness has been created about the need to address environmental challenges and promote sustainability, the construction sector is in the center of attention as a primary sector to promote the transition towards a more economic model circular. This study focused on the design of a Circular Economy Model within the housing construction sector in Ocaña (Norte de Santander), as a strategy for managing sustainable projects in this specific region. To achieve this, a bibliographic review was carried out that covered concepts of the circular economy, as well as project management and sustainable construction. The methodology used in this study was cross-sectional descriptive with a quantitative approach. The results make it evident that the linear economy continues to be predominant in the productive practices of the construction sector in the city of Ocaña, identifying various opportunities and challenges in the application of the model, among which are the reduction of waste, the optimization of resources, the minimization of operating costs and the promotion of innovation in construction processes. Finally, the research integrates the PMI's PMBOK methodology into the proposed circular economy model, ensuring the incorporation of sustainability criteria from the project planning phase.

Keywords: Circular Economy, Housing Construction, Project Management, Sustainability, Waste, Innovation, Urban Development

INTRODUCCIÓN

La industrialización y el acelerado crecimiento poblacional han generado un modelo económico lineal altamente ineficiente y contaminante, basado en extraer, producir, consumir y desechar. Este modelo no es ambiental ni socialmente sostenible. Ante esta problemática, surge el concepto de Economía Circular (EC) como un nuevo paradigma que busca la prosperidad económica optimizando el uso de los recursos, minimizando los residuos y generando impactos positivos, tanto ambientales como sociales.

La EC se fundamenta en los principios de reducir, reutilizar, recuperar, reciclar y regenerar. Permite crear sistemas de producción y consumo eficientes y no contaminantes que se retroalimentan y auto crecen como organismos naturales. Dentro de los sectores llamados a liderar esta transición se encuentra la construcción, por su gran demanda de recursos y generación de residuos.

La presente investigación tiene como objetivo general diseñar un modelo de EC específicamente enfocado en el sector de la construcción de vivienda en la ciudad de Ocaña, como estrategia para promover la gestión sostenible de proyectos constructivos en la región. Así mismo, el documento se clasifica en los siguientes apartados: 1) diagnóstico de la economía lineal en los proyectos de construcción de Ocaña, 2) beneficios potenciales de la incorporación de los principios de la EC en el sector construcción, 3) marco de referencia para la implementación de un modelo de EC y 4) aplicación de la metodología PMBOK del PMI al modelo de EC propuesto. Para alcanzar el logro de los objetivos específicos, se aplicó una metodología de enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, aplicando un cuestionario a una muestra de 20 empresas del sector en la ciudad. Se espera que la incorporación de este nuevo enfoque permita maximizar el aprovechamiento de los recursos, minimizar los impactos ambientales y brindar beneficios económicos y sociales para los habitantes del municipio.

Este estudio aportará un modelo para la implementación de principios circulares en las diferentes etapas del proyecto, desde la planeación hasta la operación de las viviendas. Los resultados servirán como hoja de ruta para replicar iniciativas similares en otras ciudades y sentar las bases de una industria de la construcción que sea ambiental y socialmente responsable.

MARCO DE REFERENCIA Y CONTEXTO GENERAL

A continuación, se presenta el marco de referencia contextual del proyecto de investigación que tendrá inicialmente una mirada desde el contexto latinoamericano, luego desde el ámbito nacional del sector objeto de estudio, para posteriormente centrarnos en la ciudad de Ocaña, la cual se ubica en el departamento de Norte de Santander y es el lugar donde se desarrolla la investigación.

CONTEXTO LATINOAMERICANO

De acuerdo con Espinola (2022), América Latina y el Caribe (ALC) en la actualidad se caracterizan por la predominancia de la economía lineal basada en el modelo de “extracción-producción-desperdicio”, que requiere de una extracción constante de los recursos naturales. En cuanto a la producción de residuos por cada municipio al día, ALC registró para 2022 un estimado de 541 mil toneladas, con una proyección de crecimiento del 25% a 2050, de los cuales solo el 4,5% es concebido como tasa de reciclaje. Según “The Circularity Gap Report 2022”, mencionado por Espinola (2022) en su publicación, la economía lineal a nivel mundial representa un consumo de más de 100 mil millones de toneladas de materia prima al año, de los cuales más del 90% se considera como desperdicio. Del mismo modo, la Ellen MacArthur Foundation estableció que la adopción de prácticas circulares tiene el potencial para la reducción de las emisiones de Gases Efecto Invernadero —GEI— en hasta el 45%, de acuerdo con las proyecciones para el año 2050. Esto en la medida que aproximadamente la mitad de las emisiones generadas provienen de la producción y consumo de productos de todos los sectores, pero hace un énfasis principal en el plástico, acero, aluminio y cemento, materiales empleados en gran proporción en el sector construcción (Espinola, 2022).

La Circle Economy Foundation (s.f.), a partir de su informe “The Circularity GAP Report”, expuso como uno de los principales objetivos de la transición hacia la circularidad la reducción del impacto ambiental generado por los sectores prioritarios de la economía en América Latina y el Caribe, incluyendo construcción, manufactura y la industria agroalimentaria. Bajo esa perspectiva, las cifras indican que el consumo de materiales secundarios o reutilizados en la región es muy bajo, inferior al 1%, mientras que los residuos de construcción o demolición son de aproximadamente dos tercios del total generado por la economía, pese a que no se tiene un registro claro o contabilizado de manera oficial al respecto. De esa proporción, considerados como insumos no renovables de los sectores productivos, las rocas, metales, plástico y vidrio representan hasta el 10%, siendo muy inferior a la media mundial ubicada en el 15%. Según Circle Economy Foundation (s.f.), una evidencia de las tendencias extractivas de la economía latinoamericana se refleja en el hecho de que el 29% del consumo total de materiales de los sectores productivos en la región, es decir, 2358 millones de toneladas fueron resultantes de actividades como la “construcción, mantenimiento y renovación de viviendas, otros edificios e infraestructuras físicas” (p. 22).

Los flujos de biomasa, estrechamente vinculados a la cadena de valor agroalimentaria, aportan la mayor parte de la huella material total (45%). Los minerales no metálicos, compuestos en su mayoría por flujos de materiales pesados habitualmente utilizados por el sector de la construcción, desde cemento hasta arena y grava, representan casi un tercio (31.5%). Los minerales metálicos incluyen flujos de metales procesados como el acero y el cobre, que se utilizan en gran medida en las cadenas de valor de la industria manufacturera y la construcción. Representan alrededor del 13% de la huella material (Circle Economy Foundation (s.f.), p. 29).

De un total de 163 actividades productivas, en ALC, la construcción se encuentra entre las diez con mayor contribución a la huella de carbono, representando aproximadamente al 61%, o lo equivalente a 4.9 mil millones de toneladas de residuos materiales totales, siendo una cifra extremadamente superior a la que se establece en otros estudios, oscilando entre el 40% al 45%. En lo que respecta a las emisiones de CO₂, el sector construcción con 5,5% del total de las principales industrias, se ubica como la cuarta actividad con mayor contribución en la huella de carbono (Circle Economy Foundation, s.f.).

La sostenibilidad representa un hito a gran escala para el sector construcción en Latinoamérica y el Caribe, en la medida que el uso de materiales secundarios es escaso, en especial en zonas urbanas donde el cemento predomina como recurso para la construcción. Esto sumado al hecho de que en la región más del 80% de la población se encuentra viviendo en zonas urbanas, siendo la que representa el índice de urbanización más alto del mundo, y la ineficacia del sector ocasiona que exista un alto flujo de materiales de baja calidad y elevados costos, lo que supone un incremento en el consumo energético de las edificaciones y el gasto del doble de materiales para la construcción de viviendas. Sin embargo, es necesario resaltar que deben formularse estrategias para incrementar los niveles de sostenibilidad productiva de las empresas del sector construcción, ya que el 62% de las pymes promotoras de la economía y el Producto Interno Bruto —PIB— en la región pertenecen a este. Del mismo modo, el 7,7% de los empleos y el 6,1% de las actividades económicas de ALC corresponden al sector construcción, motivo por el que se hace necesario potenciar las capacidades de la mano de obra para renovar los proyectos hacia un enfoque circular (Circle Economy Foundation, s.f.).

De acuerdo con el informe "Circularity GAP Report", para la adopción de prácticas circulares en el sector y abordando la tendencia de crecimiento de existencias en infraestructura y viviendas esperada para las décadas venideras, las estrategias que permitirán la reducción de los niveles de consumo, residuos generados e inversión económica se enfocan en el aumento de la eficiencia energética de las construcciones verticales, en el diseño y construcción urbanos, de materiales, de generación de residuos y emisiones de GEI. Sin embargo, aunque existen múltiples iniciativas que buscan impulsar la Economía Circular en ALC, las tasas de reciclaje siguen manteniéndose en el 3%, en lo que refiere a materiales técnicos. Además, existen sistemas de segregación de residuos inadecuados para la industria y gestión ineficiente de inventarios, lo que se

suma a los vacíos existentes en el proceso de recolección de información sobre los flujos de materiales y desechos pesados generados en sectores como la construcción (Circle Economy Foundation, s.f.).

CONTEXTO A NIVEL NACIONAL

La economía de Colombia experimentó un destacado crecimiento del 12.6% anual en el segundo trimestre de 2022, elevando el crecimiento semestral a un sorprendente 10.6% anual, una cifra que excedió las expectativas del mercado. Paralelo a este escenario positivo, el sector de la construcción mostró un aumento del 9.4% en su valor agregado durante los meses de abril, mayo y junio, resultando en un incremento del 7.0% en la primera mitad del año (ANIIF, 2022). Este sector se caracteriza por su amplia conexión con diversas áreas de la economía y su considerable demanda de mano de obra, lo que contribuye significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) del país, evidenciando su vitalidad y capacidad para impulsar la economía. De acuerdo con datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en octubre de 2022 el empleo en la construcción representaba el 6.5% del empleo total, con aproximadamente 1.473.000 trabajadores. Además, el análisis del valor agregado en las principales ramas de la actividad económica durante el tercer trimestre del mismo año reveló un aumento del 13.4% en el sector construcción. Este incremento se debe en parte a la subida anual del 1.5% en obras civiles, 13.9% en actividades especializadas y 19.3% en edificaciones (CAMACOL, 2022).

Este crecimiento trimestral del sector se debe principalmente al notable rendimiento de las edificaciones, que crecieron un 12.4%, aunque este porcentaje es menor en comparación con el 25.3% del año anterior. Las actividades relacionadas también contribuyeron significativamente, con un aumento del 9.6%, aportando 8.7 puntos porcentuales al crecimiento global. Es importante mencionar que las obras civiles experimentaron un crecimiento del 3.0%, marcando un regreso a cifras positivas tras tres periodos consecutivos de contracción. Hasta junio de 2022, las edificaciones continúan siendo el principal motor de crecimiento en la construcción, manteniendo un ritmo del 10.9%, seguidas por las actividades relacionadas, aunque con una leve disminución en su tasa de crecimiento comparada con el año anterior (ANIFF, 2022).

Dentro del sector, el segmento de edificaciones residenciales y no residenciales ha mostrado un crecimiento sobresaliente en su PIB durante 2022, constituyendo el 53.2% del PIB de la construcción. Este notable avance se apoya principalmente en el segmento residencial y el incremento en la comercialización, generando un impacto positivo en la iniciación de nuevas viviendas. Según CAMACOL, y su sistema de información georreferenciada Coordinada Urbana, existían 360.000 viviendas en construcción en Colombia, marcando un récord en la historia del país. En este año, se han vendido 234.592 viviendas nuevas, de las cuales 168.224 pertenecen al segmento de Vivienda de Interés Social (CAMACOL, 2022).

Como se observa en la Figura 1, de acuerdo con el estudio de la Cámara Colombiana de la Construcción – CAMACOL (2022), el escenario base para la economía colombiana

en el sector de la construcción anticipaba un crecimiento anual del 11,8% en el PIB de edificaciones para 2022, y un 9,8% para 2023. Este pronóstico se basa en la rápida comercialización de viviendas, especialmente las de interés social, que lideran el mercado en velocidad de ventas y fomentan el desarrollo del sector de construcción de edificaciones residenciales (ANIIF, 2022).

Figura 1. Proyección de crecimiento del sector edificador



Fuente: Tomado de Estudio Económico del Sector Construcción, CAMACOL (2022).

En el transcurso del año, se vendieron 234.592 viviendas nuevas, marcando el segundo nivel más alto en la historia reciente del mercado inmobiliario colombiano, lo que supone un aumento del 28% en comparación con el promedio de años anteriores. De estas, 168.224 correspondieron a Vivienda de Interés Social (VIS) y 66.368 a viviendas No VIS. Además, este auge en las ventas impulsa tanto la oferta como el inicio de nuevas obras, elementos cruciales en el proceso constructivo que involucra a la mayoría de los sectores y subsectores relacionados. Hasta la fecha, se han iniciado construcciones de aproximadamente 125.016 viviendas, lo que representa un incremento del 7,8% en comparación con el mismo periodo del año anterior. Para el 2023, se espera el comienzo de 189.000 nuevas viviendas, de las cuales 133.000 serán de interés social. Además, se proyecta la venta de 250.000 viviendas nuevas, con 177.000 de ellas clasificadas como VIS (CAMACOL, 2022).

De acuerdo con la Superintendencia de Industria y Comercio (2022), en Colombia, la industria de la construcción sostenible ha estado evolucionando durante más de diez años. De acuerdo con CAMACOL, esta industria contribuye significativamente al impacto ambiental, siendo responsable del 39% de las emisiones de CO₂, del 40% de la contaminación del agua, y del uso de más de 400 millones de toneladas de materiales anualmente, muchos de los cuales son perjudiciales para el medio ambiente (Zapata, 2022). La demanda de edificaciones más eficientes en términos de conservación energética, uso de materiales alternativos y energías renovables, junto con la necesidad de obtener certificaciones ambientales, está motivando al sector a buscar alternativas

innovadoras a las prácticas tradicionales. Desde 2008, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) ha estado promoviendo la construcción de entornos que sean prósperos, ecológicamente responsables, inclusivos y saludables (Superintendencia de Industria y Comercio, 2022).

Aunque se han realizado avances en normativas para fomentar la sostenibilidad en la construcción y se han propuesto incentivos económicos para promoverla, el CCCS señala que la implementación de estos incentivos es compleja y costosa, disminuyendo su atractivo para los constructores. Según ASOBANCARIA (2022) y datos de la Galería Inmobiliaria, Colombia ha experimentado un aumento de proyectos con certificación ambiental, pasando de 1 a 258 en la última década. A marzo de 2022, solo el 6.9% de los proyectos de vivienda en el país tenían certificación de sostenibilidad, indicando que aún queda un largo camino por recorrer para que esta tendencia se convierta en la norma en el sector. En cuanto a materiales alternativos y sostenibles, el CCCS promueve el uso de materiales que minimicen la huella de carbono, sean de producción local, utilicen tecnologías limpias, no requieran largos traslados y tengan un bajo consumo energético. Según encuestas del sector, actualmente el "35% de los proyectos residenciales en Colombia utilizan materiales de bajas emisiones". Además, hay una tendencia creciente entre los proveedores de integrar prácticas sostenibles en la fabricación de materiales de construcción (Superintendencia de Industria y Comercio, 2022).

El Acelerador de Edificaciones Neto Cero Carbono (AENCC) en Colombia es una iniciativa orientada a marcar la pauta y el ritmo para la transición hacia edificaciones con cero emisiones netas de carbono. Esta iniciativa es crucial para que Colombia alcance los objetivos establecidos en su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) y apoye las metas de transformación estipuladas en la Estrategia 2050 del país (Véase Figura 2).

Figura 2. Estrategias del Acelerador de Edificaciones Neto Cero Carbono



Fuente: Tomado de Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS (2023).

Según información proporcionada por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible —CCCCS— (2023), el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) ha seleccionado a Colombia como uno de los dos únicos países a nivel mundial para recibir apoyo técnico y financiero en la implementación de este proyecto. Este proyecto forma parte de un programa más amplio de las Naciones Unidas enfocado en lograr que todas las edificaciones alcancen cero emisiones netas de carbono. A nivel nacional, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MinAmbiente) lidera el proyecto, mientras que a nivel global es implementado por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) y a nivel local por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCCS).

CONTEXTO A NIVEL REGIONAL

En 2022, el sector de la construcción en Norte de Santander mostró un crecimiento significativo. Durante la Asamblea Anual de Afiliados de Camacol Cúcuta y Nororiente, se destacó el potencial y las oportunidades de crecimiento en la región. Según Coordinada Urbana, en 2021 se realizaron diversos proyectos para la construcción de viviendas, alcanzando ventas de 5.670 viviendas en el departamento, un aumento del 28% respecto al año anterior, con una gran mayoría perteneciendo al segmento de Vivienda de Interés Social (VIS). La perspectiva para la región fue calificada como positiva, destacándose la contribución del sector a la generación de empleo y al impulso de la economía nacional. Para 2022, se esperaba superar las 6.090 unidades vendidas en Norte de Santander, mientras que a nivel nacional se proyectaba la comercialización de 267.000 viviendas nuevas, con un crecimiento anual del 7% en el mercado y un 10% en el segmento VIS (CAMACOL, 2022).

En este sentido, desde la Cámara de Comercio de Cúcuta (CCC) se han definido una serie de líneas estratégicas a partir de las cuales se planea la implementación del Clúster Construcción en el departamento de Norte de Santander, y dentro del mismo se incluye el desarrollo de soluciones sustentables. En estas líneas estratégicas se hace mención explícitamente de la formulación de programas de innovación para la cadena de valor, la formulación de una política pública que permita el desarrollo sostenible del hábitat urbano, así como la estructuración de un programa de manejo de residuos generados por el sector, basados en el modelo de Economía Circular (CCC, 2023).

Por otro lado, considerando que la problemática y propuesta de solución se enfocará en el contexto de la ciudad de Ocaña, ubicada en el departamento de Norte de Santander, resulta pertinente mencionar que Ocaña es la segunda ciudad del departamento, después de la capital San José de Cúcuta, con un total de 134.379 habitantes (DANE, 2021). La notable influencia de Ocaña en la región del Catatumbo se fundamenta en diversos factores clave. No solo se destaca como el principal centro receptor de población en la zona, sino que también sobresale por su extensa oferta de servicios en ámbitos cruciales como educación, cultura y tecnología. Esta diversidad de recursos no solo satisface las necesidades básicas de la población, sino que también impulsa un dinámico crecimiento urbano. Esta tendencia de expansión se ve respaldada por la atracción ejercida por Ocaña como epicentro regional, evidenciando así su papel

fundamental en el desarrollo socioeconómico de la región del Catatumbo (3.89%), superior al promedio departamental (3.82%) (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2020).

Figura 3. Distribución política de Ocaña por comunas



Fuente: Tomado de DAG Ingeniería & Gobernación de Santander (2014)

“El Municipio de Ocaña se ubica sobre la zona occidental del departamento de Norte de Santander en la cordillera Oriental, está situada a 8° 14' 15" Latitud Norte y 73° 2' 26" Longitud Oeste y la extensión territorial del municipio es de 460Km². Se encuentra a una altura máxima de 1.202 m sobre el nivel del mar” (Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Ocaña, 2015). El área metropolitana del municipio se compone de un total de 18 corregimientos y se encuentra dividida internamente por 6 comunas como se aprecia en la Figura 3.

Respecto a la infraestructura, se puede evidenciar que Ocaña ha desarrollado su morfología urbana de forma no planificada con un trazado urbano ortogonal, que se ha configurado a través de los años según las necesidades en la comunidad, sectores en crecimiento y funciones sociales. En la comuna 1 están centradas las actividades comerciales, culturales y usos residenciales, son las áreas cuyo destino tiene que ver con servicios administrativos, públicos y de educación. Las zonas con actividad residencial de la población más vulnerable se encuentran concentradas en las comunas 2, 4 y 6, existiendo además muchas áreas residenciales con afectación por riesgo geológico. Las comunas 1, 3 y 5 comparten el afluente de agua del municipio que los atraviesa. Las comunas 2 y 5 son las que tienen mayor suelo de expansión urbana. La comuna 6 es la zona de actividades mixtas alrededor de la vía nacional que comunica a Ocaña con el Departamento del Cesar y el interior del país (Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Ocaña, 2015).

Finalmente, para determinar el sector macroeconómico que afecta el potencial de comerciantes en el municipio de Ocaña, se determina la clasificación de códigos CIU de actividad económica donde se encuentran las siguientes estadísticas relacionadas con actividades de construcción registradas.

Tabla 1. Actividades de construcción de la ciudad de Ocaña

Actividad económica	Persona Natural	SAS
F4111 Construcción de edificios residenciales	33	20
F4112 Construcción de edificios no residenciales	3	3
F4210 Construcción de carreteras y vías de ferrocarril	1	17
F4220 Construcción de proyectos de servicio público	3	14
F4290 Construcción de otras obras de ingeniería civil	31	68
F4390 Actividades especializadas para la construcción de edificios y obras de ingeniería civil	9	12

Fuente: Cámara de Comercio de Ocaña (2022).

El sector de la construcción ha experimentado en la ciudad de Ocaña un crecimiento significativo en los últimos años. Existen proyectos de construcción específicos destinados a mejorar la infraestructura, proporcionar viviendas y promover el desarrollo económico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, los proyectos han conservado algunas prácticas de la época de la Revolución Industrial, que es lo que hoy día se conoce como modelo económico lineal “producir-consumir-desechar”. En ese periodo de la historia, emergieron grandes iniciativas para la transformación social, económica y cultural, dando paso a la conformación de sociedades industriales, con mejoras tecnológicas en los procesos productivos e incremento de los niveles de eficiencia (Falappa et al., 2019). A pesar de dichos avances, con el paso de los años se ha creado una cultura de consumo, que dio lugar a que las empresas empezaran a programar la obsolescencia de los productos para aumentar el crecimiento económico y, así, conformarse con el uso de materiales de menor calidad a precios más altos, como mecanismo para generar rentabilidad (Mata, 2019).

El modelo económico lineal trae consigo que las personas adquieran bienes obsoletos de fácil restitución, creando un ciclo de producción y consumo constante, que supone un incremento en la cantidad de desechos generados, convirtiéndose en una preocupación ambiental a nivel mundial (González, et al., 2023). Sin embargo, la economía lineal es un factor que se encuentra arraigado a la sociedad, dificultando el establecimiento de nuevos modelos de desarrollo basados en la sostenibilidad (Rodríguez & Rivera, 2022). De acuerdo con Melo et al. (2022), este tipo de economía se caracteriza por dejar en segundo plano el impacto ambiental, anteponiendo la “explotación de recursos y obtención de residuos”; de ahí que las cifras de las Naciones Unidas reporten una generación de 540 mil toneladas diarias de residuos en Latinoamérica y el Caribe.

Durante el desarrollo del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), en el que se presentó el sexto informe de evaluación, se destacó el hecho de que el planeta se está acercando peligrosamente al umbral de 1,5 °C acordado a nivel internacional, lo que requiere de una acción colectiva inmediata orientada a la reducción del uso de energías generadas a partir de combustibles fósiles. Sin embargo, eso resulta poco probable al hacerse evidente en las cifras de la Ellen MacArthur Foundation, que solo se puede eliminar el 55% de fuentes globales de GEI a partir de la descarbonización de dichos sistemas, ya que el 45% adicional es el resultado de actividades de explotación de materias primas, manufactura y tratamiento de tierras. En ese sentido, la problemática principal radica en que no se espera que este tipo de emisiones contaminantes disminuyan, ya que el modelo económico predominante en la sociedad actual sigue siendo el lineal, resultando en desarrollo insostenible (Tan, et al., 2022).

Pese a que el sector de la construcción ha contribuido mundialmente al crecimiento económico, ha generado efectos adversos en la sociedad y el medio ambiente, tornándose en una preocupación constante durante las últimas décadas. Esto reflejado en el hecho de que este sector emplea únicamente para la construcción de edificios cerca del 40% de la energía global, anualmente gasta el 16% del agua, 25% del total de madera virgen estimada y aproximadamente 40% de grava, arena y piedra en bruto (Illankoon & Chinthaka, 2023). En ese sentido, la construcción de estas edificaciones no solo

aprovecha recursos vírgenes, sino que también es responsable de la generación de un alto índice de residuos sólidos que no son aprovechados.

De acuerdo con Nilimaa (2023), la transformación de los materiales para construcción es causante del agotamiento de recursos naturales como el agua y genera una importante cantidad de huella de carbono, esto sumando al rápido crecimiento de la población mundial y los altos índices de urbanización que demandan la construcción de nuevas viviendas e infraestructuras, exacerbando más el impacto medioambiental generado por esta industria. Del mismo modo, López et al. (2020), a partir de su análisis de los estudios de diversos autores, establecieron que el sector de construcción y demolición a nivel mundial compone el mayor flujo de residuos sólidos, que varían entre el 30% y el 40%, de los cuales la Unión Europea presenta índices de generación del 36%, China entre el 30% y 40%, y Estados Unidos el 67%.

Por otro lado, la gestión de los impactos negativos generados por los residuos del sector construcción se han convertido en una prioridad para los programas de sostenibilidad mundial, esto como resultado del alto consumo de energía, la contaminación hídrica, los altos índices de emisiones de Gases Efecto Invernadero y carbono, agotamiento de vertederos de desechos, degradación de la tierra y el agotamiento de los recursos naturales (Akanbi et al., 2018). A pesar del incremento en el deseo de adoptar enfoques de recuperación, como la reutilización y el reciclaje, en la mayoría de las situaciones el manejo de desechos presenta deficiencias notables (López et al., 2020).

En este sentido, como lo afirma López (2021), en la mayoría de los casos estos procedimientos padecen de ineficiencias, generando volúmenes substanciales de desechos que son depositados en vertederos o, en algunas instancias, descartados en lugares no autorizados sin implementar salvaguardias ambientales. Además de esto, estas prácticas a menudo carecen de una perspectiva integral que englobe componentes adicionales, tales como medidas de reducción de residuos y estrategias innovadoras para reestructurar la cadena de suministro de los materiales de construcción, con el propósito de conservar su valor intrínseco y prevenir pérdidas materiales.

En la actualidad la construcción se caracteriza por ser un proceso intensivo y enfocado en un modelo económico lineal, que carece de inversión tecnológica e infraestructura, asistencia financiera y voluntad política orientada a la sostenibilidad empresarial. Además, existe gran incertidumbre en el sector como consecuencia de la variación de los precios de los insumos y materias primas, escasez de estos, alta demanda de urbanización, insuficiente infraestructura para la gestión oportuna de residuos, las adversidades del cambio climático y el uso incorrecto de tecnologías de reciclado de residuos de construcción o demolición (Ghufran et al., 2022).

Bajo esa perspectiva, surge el paradigma de la Economía Circular (EC), como propuesta para cambiar el patrón productivo y de consumo actual que se enfoca en “tomar-hacer-eliminar”, impactando negativamente en la sostenibilidad del planeta y condicionando la calidad de vida humana. De ahí que se haga menester cerrar los círculos de recursos y desechos, ralentizando el flujo de materiales mediante el procesamiento de productos

duraderos que puedan ser reutilizables (Norouzi et al., 2021). Sin embargo, las implicaciones de la EC en el sector construcción aún son objeto de investigación, que amerita mayor intervención de la comunidad científica y académica.

Continuando con el contexto de la problemática existente, la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, donde se va a desarrollar la presente investigación, no es ajena a los impactos negativos derivados de los proyectos de construcción. Ocaña se ubica sobre la zona occidental del departamento Norte de Santander sobre la cordillera Oriental y es la segunda ciudad del departamento. Acorde a Reyes (2022) al ser parte de la región del Catatumbo se convierte en el principal centro de recepción de población, así como por agrupar una alta oferta de servicios en educación, cultura y tecnología, lo que podría explicar, entre otros, una tendencia de crecimiento urbano (3.89%), superior al promedio departamental (3.82%). En cuanto a la infraestructura urbana de Ocaña, esta ha desarrollado su morfología de forma no planificada con un trazado urbano ortogonal, que se ha configurado a través de los años según las necesidades en la comunidad, sectores en crecimiento y funciones sociales. En el norte se encuentran extensas zonas residenciales, hacia las afueras o la periferia zonas industriales y en el centro se desarrolló intensivamente el comercio (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2020).

Actualmente, la gestión de residuos en el sector de la construcción en la ciudad de Ocaña es un desafío significativo. Las actividades relacionadas con la construcción, mantenimiento, reparación, rehabilitación, construcción y demolición de infraestructuras generan volúmenes considerablemente altos de desechos. Lamentablemente, estos residuos suelen ser tratados de manera inadecuada debido a la falta de conocimiento, los altos costos asociados con su gestión adecuada y las limitaciones técnicas existentes. Esta problemática no solo afecta el medio ambiente local, sino que también representa un riesgo para la salud pública y compromete la sostenibilidad a largo plazo de la ciudad. Al aplicar la Economía Circular en este sector se pueden lograr beneficios significativos, como la reducción de residuos, la conservación de recursos naturales y la disminución de la huella ambiental. Esta transición requiere un cambio cultural y la aplicación de diversas estrategias entre todos los involucrados en la industria para avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente. Esta investigación estaría guiada por la pregunta problema: ¿Qué elementos y lineamientos requiere un modelo de Economía Circular en el sector de la construcción como estrategia para minimizar el impacto ambiental y fortalecer la gestión de proyectos sostenibles en Ocaña (Norte de Santander)?

JUSTIFICACIÓN

La gestión de proyectos sostenibles es un desafío significativo hoy en día y su propósito primordial es asegurar que los proyectos se desenvuelvan con criterios de responsabilidad medioambiental, equidad social y viabilidad económica. Es así como la idea de una transición a una “Economía Circular representa un cambio sistémico que construye resiliencia a largo plazo, genera oportunidades comerciales y económicas, y proporciona beneficios ambientales y sociales” (Ellen MacArthur Foundation, 2019). La Economía Circular tiene como objetivo generar cadenas de valor cerradas en redes que hagan posible el aprovechamiento de los recursos de forma óptima, logrando un mejor uso de los recursos y la energía a lo largo del ciclo productivo, llevando al reaprovechamiento de los residuos generados en el proceso (Fuentes, 2022). Del mismo modo, en este modelo económico se propende porque la energía obtenida y empleada sea renovable, así como los materiales de producción biodegradables para su reutilización final en otros procesos productivos (Rodríguez & Rivera, 2022).

Un aspecto determinante de la competitividad de la Economía Circular como modelo de gestión recae en el hecho de que se obtienen beneficios económicos al reducir la probabilidad de ser afectados por los flujos de materias primas, ya que se reduce la demanda de materiales vírgenes y, por ende, la necesidad dependiente de importar los materiales no existentes en el país (González, et al., 2023). El nuevo paradigma que representa la Economía Circular para la sostenibilidad supone una alternativa viable y lógica que mejora las problemáticas ambientales de la linealidad, garantizando que el porcentaje de probabilidad de mantener el valor o utilidad de los bienes, recursos o componentes sea alto, es decir, que los residuos generados se reduzcan (Fraire, et al., 2023).

Según la European Economic Area – EEA (2016), algunas de las principales características de este modelo económico basado en la circularidad es la reducción de pérdidas de materiales y residuos, la contribución a mantener el valor de los bienes y materiales dentro del mercado y la reducción de emisiones a lo largo de la cadena productiva. En ese sentido, el principal beneficio que ofrece la Economía Circular para cualquier sector de la economía es su potencial para afrontar los retos medioambientales, al tiempo que ofrece la oportunidad de generar crecimiento económico mediante la formulación de ideas de negocio verdes, estimulando la reducción de impactos negativos con el estímulo al emprendimiento sostenible (Seppälä, et al., 2017).

De acuerdo con Circular Economy Coalition (s.f.), conformada por organismos o entidades como el Banco Interamericano de Desarrollo y la Fundación Ellen MacArthur, en su documento “Economía circular en América Latina y el Caribe: Una visión compartida”, uno de los sectores clave para satisfacer las necesidades de la región es el de la construcción. Esto se hace evidente en el hecho de que es una de las regiones con mayor grado de urbanización del mundo, en la que el 18% de la población del área urbana reside en 6 grandes urbes con densidades de más de 10 millones de personas. En consonancia con dichas tendencias, actualmente se aplica un modelo económico

lineal que supone alto consumo de materias primas, la generación descontrolada de residuos de demolición y construcción, aumento de los efectos ambientales generados por dichos residuos, ineficiente gestión de las fuentes de energía, un aumento de emisiones de GEI y CO₂.

Sin embargo, en la actualidad las empresas de construcción están desarrollando sus capacidades y conocimientos hacia el diseño y construcción de edificios tomando como referente la Economía Circular. A partir de ese proceso de transición están emergiendo nuevos mercados con materiales innovadores y servicios de transformación de procesos productivos que optimizan el uso de materiales, energía y desechos, al tiempo que hacen posible la incorporación de los productos secundarios a la economía. Del mismo modo, los mecanismos financieros y políticos están fomentando la adaptación a los principios generales de la Economía Circular, de forma que en las grandes ciudades se está incorporando el modelo en los planes maestros, dando paso a concebir como posible una reducción de hasta el 38% de las emisiones de GEI a 2050 (Circular Economy Coalition, s.f.).

Bajo esa perspectiva, el sector de la Construcción en Colombia es uno de los más competitivos y con mayor flexibilidad para adaptarse a nuevos modelos económicos y romper los paradigmas del modelo tradicional. Aplicar la Economía Circular en este sector implica la reutilización y recuperación de materiales para su posterior uso en nuevos proyectos, reduciendo así la cantidad de residuos y la necesidad de extracción de materias primas vírgenes. Además, la Economía Circular fomenta la implementación de estrategias de diseño que optimizan la durabilidad y el rendimiento de los materiales, lo que puede reducir los costos de mantenimiento a largo plazo (European Commission, 2019).

La necesidad de avanzar hacia modelos sostenibles que reduzcan las emisiones contaminantes, los residuos y el uso intensivo de materiales es cada vez más urgente, como advierten diversos autores como Gallego et al. (2020), Gibbs (2006) y Hirst (2013). Esto se debe a las graves consecuencias que ya estamos viviendo derivadas del cambio climático, como el incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, la escasez y encarecimiento de ciertos recursos o la creciente presión de la comunidad científica para tomar medidas efectivas.

La industria de la construcción tiene un gran potencial para contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y mantener un crecimiento económico desacoplado de los impactos ambientales negativos (Benz, 2022; Gower & Schröder, 2018). Por ello, se plantea que el sector constructor sea abanderado en iniciativas e innovaciones para alcanzar un desarrollo sostenible.

La economía circular se presenta en la literatura como un nuevo paradigma con estrategias para impulsar la sostenibilidad (Geissdoerfer, M. et al., 2017; Ghisellini, et al., 2016), que permite revisar la forma actual de producción y reducir significativamente los impactos de la industria (Gallego, et al., 2020). Asimismo, invita a pensar de manera innovadora las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto constructivo, desde el diseño hasta el fin de vida del edificio (Geng, et al., 2017).

Para que la “construcción sea sostenible, es clave investigar flujos alternativos de producción. La economía circular propone optimizar el uso de recursos y plantear mejoras estratégicas e innovadoras en las organizaciones y modelos de negocio” (Pineda, 2023). El éxito en su implementación determinará la evolución competitiva de las firmas constructoras, en consonancia con la sostenibilidad ambiental, social y económica (Triple Línea de Resultado) (Elkington, J., 2013).

Los principales beneficios de transitar hacia la Economía Circular, enmarcados en la sostenibilidad económica, ambiental y social se exponen en la Figura 4. Es clave profundizar en este campo para que la construcción se convierta en una industria verdaderamente sostenible. Bajo esa perspectiva, se identificaron los siguientes beneficios, como se aprecia en la Figura 4.

Figura 4. Beneficios sociales, económicos y ambientales de la EC



Fuente: Elaboración propia.

La implementación de principios de la Economía Circular en el sector de la construcción conlleva cambiar el enfoque tradicional lineal, que involucra la extracción, uso y posterior desecho de recursos, hacia un modelo más sostenible y regenerativo. La Economía Circular busca prolongar la utilización de materiales, productos y componentes durante el mayor lapso posible, al mismo tiempo que se minimiza al máximo la producción de desechos (World Green Building Council, 2018).

Considerando lo anterior, la presente investigación será un referente valioso para futuras investigaciones pues tendrá diversos abordajes teóricos de la Economía Circular, permitirá construir y validar un instrumento para diagnosticar las prácticas de Economía Circular que se implementan en los proyectos de construcción, propondrá un modelo de Circular en el sector de la construcción y será un estudio que fortalecerá la línea de investigación de la Universidad EAFIT en proyectos sostenibles.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar un modelo de Economía Circular para el sector de la construcción de vivienda en Ocaña (Norte de Santander), como estrategia para la gestión de proyectos sostenibles.

ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la economía lineal en los proyectos de construcción en la ciudad de Ocaña mediante el análisis del ciclo de vida a lo largo de la cadena de suministro.

-Determinar las prácticas de sostenibilidad y Economía Circular en la gestión de proyectos de construcción en Ocaña, Norte de Santander.

-Formular un marco de referencia para la implementación de un modelo de Economía Circular en el sector de la construcción en Ocaña, Norte de Santander.

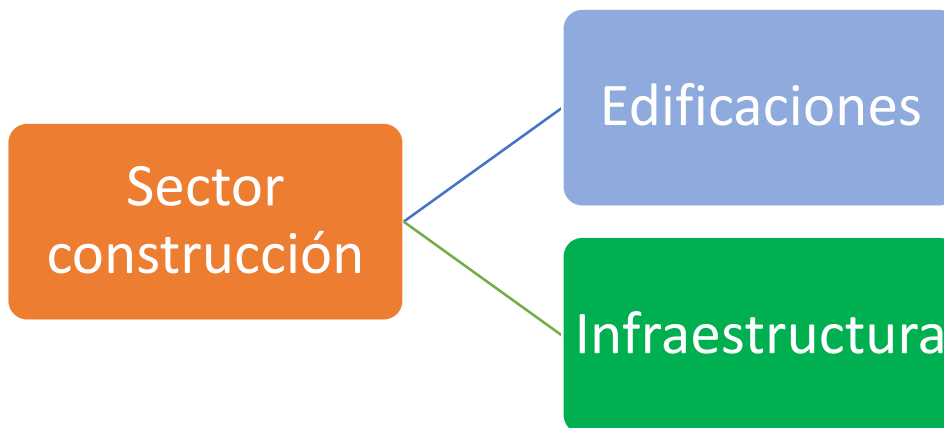
- Aplicar la metodología PMBOK del PMI al modelo de Economía Circular propuesto para los proyectos de construcción de vivienda.

MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL

SECTOR CONSTRUCCIÓN

Según el “Catálogo de cualificaciones del sector construcción: Producto 2- Contextualización del sector”, publicado por el Ministerio de Educación Nacional y la Cámara Colombiana de la Construcción, el sector de la construcción en Colombia se divide en dos grandes clasificaciones: las edificaciones y la infraestructura. En la primera agrupación, se encuentran aquellas construcciones de uso ocupacional en altura; mientras que en infraestructura se incluyen las obras civiles de construcción acorde a su uso. Del mismo modo, resulta imperativo aclarar que existe una cantidad considerable de empresas que se relacionan indirectamente con el sector, aunque no pertenezcan a su *Core*. Dichas empresas conforman su cadena productiva y son necesarias para el desarrollo de las actividades ordinarias del sector construcción, dentro de las que destacan los fabricantes de materiales, insumos, terminados y proveedores de servicios relacionados con la misma (MEN-CAMACOL, 2019).

Figura 4. Clasificación del sector construcción por subsectores



Fuente: Elaboración propia a partir de MEN – CAMACOL (2019).

Para la descripción del primer subsector de la construcción en Colombia, el entonces denominado Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010) definió los lineamientos y regulaciones expuestas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). En su capítulo K2, se mencionan las condiciones estructurales que deben cumplir las edificaciones en Colombia, asegurando la integridad de los ocupantes en dado caso de la ocurrencia de eventos sísmicos. En ese sentido, el subsector se subdivide en dos macro categorías en conformidad con su carácter residencial o no residencial, como se puede observar en la Figura 6.

Figura 5. Categorización de las edificaciones

Edificaciones	Uso residencial	Unifamiliar
		Bifamiliar
		Multifamiliar
		Hoteles
		Temporal y misceláneo
	Uso no residencial	Almacenamiento
		Comercial
		Especiales
		Fabril e industrial
		Institucional
Lugares de reunión		
Mixto y otros		
Alta peligrosidad		

Fuente: Adaptado de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR -10 (2010).

Por otro lado, las edificaciones de uso no residencial de tipo comercial, institucional o lugares de reunión tienen unas clasificaciones más específicas ilustradas en la Figura 7.

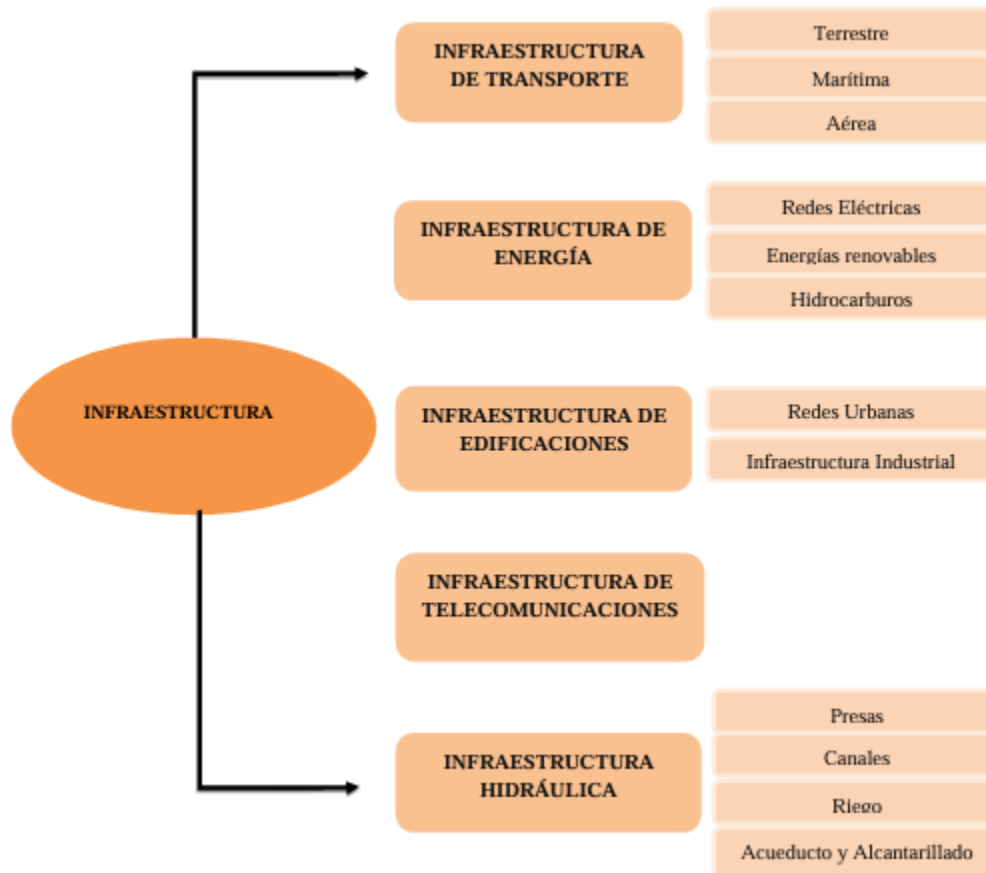
Figura 6. Categorización por subgrupos edificaciones no residenciales

Subgrupos de ocupación no residencial	Edificaciones comerciales	De servicios
		De bienes y productos
	Edificaciones institucionales	De reclusión
		De salud o incapacidad
		De educación
		De seguridad pública
		De servicio
	Lugares de reunión	Culturales
		Reunión social
		Reunión religiosa

Fuente: Adaptado de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR -10 (2010).

En lo que respecta al subsector infraestructura, se detallan las construcciones de obras civiles desarrolladas por el gobierno nacional en su mayoría, cuyo objetivo es el beneficio comunitario y expansión o mejoramiento de las zonas urbanas y rurales del país. De acuerdo con la Cámara Colombiana de la Infraestructura del SENA (2016), los proyectos de infraestructura se categorizan acorde a su función, como se expone en la Figura 8.

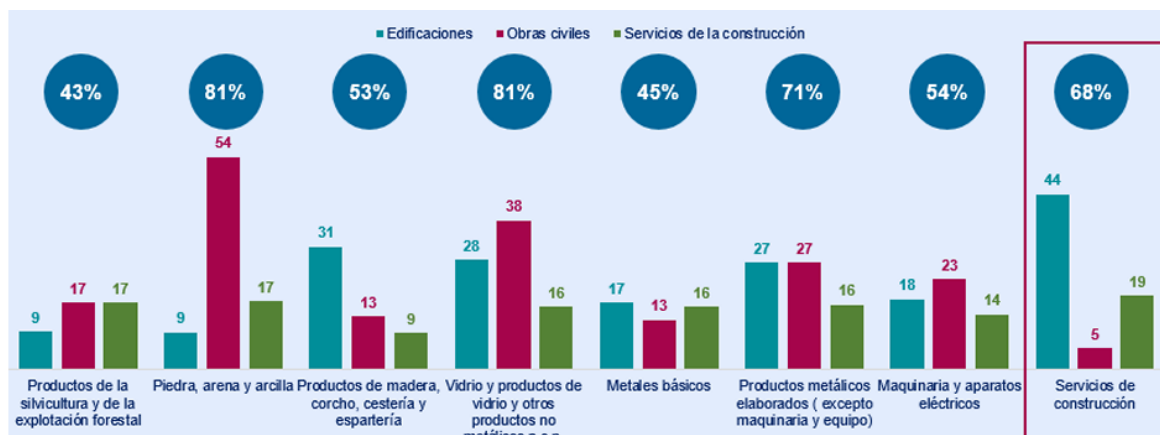
Figura 7. Subcategorías del subsector infraestructura



Fuente: Tomado de Catálogo de cualificaciones sector construcción, MEN – CAMACOL (2019).

De acuerdo con el MEN – CAMACOL (2019), el sector construcción es uno de los que mayor influencia tiene en la demanda total de productos, en conformidad con la cantidad de insumos que se requieren para la ejecución de dicha actividad económica, en comparación con los demás sectores. Desde esa óptica, la Figura 9 expone la distribución porcentual que presentaron los insumos empleados por el sector para el año 2019 con relación a la producción nacional. Los porcentajes con mayor relevancia fueron la arena, piedra y arcilla como principales agregados para la construcción de concreto con el 81% de representación, misma equivalencia que algunos materiales no metálicos como el vidrio (MEN – CAMACOL, 2019).

Figura 8. Distribución porcentual de insumo de construcción



Fuente: Tomado de Catálogo de cualificaciones sector construcción, MEN – CAMACOL (2019).

Del mismo modo, en la Figura 9 se incluyen otros productos de menor demanda en el sector construcción, pero necesarios para el sector, tales como la maquinaria y equipo con una participación del 54%, los servicios de construcción con el 68% y algunos materiales de acabados y detalle como corchos, productos de madera, espartería y cestería con el 53%, entre algunos otros.

En lo que respecta a los procesos y subprocesos del sector construcción, en el “Producto Cuatro: Insumos claves para definir y diseñar las cualificaciones” del Catálogo de cualificaciones propuesto por el MEN y CAMACOL en 2019, se describen los procesos y subprocesos por niveles de acuerdo con la clasificación CIIU de las actividades económicas, como se observa en la Tabla siguiente.

Tabla 2. Clasificación de procesos y subprocesos del sector construcción

Proceso	Subproceso		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Ejecución de obras preliminares	Limpeza y delimitación física del predio		
	Adecuación del terreno	Desmonte y descapote	
		Excavación	
		Relleno	
	Instalaciones provisionales		
Ejecución de obra negra	Aislamiento		
	Construcción estructural	Cimentación	
		Ejecución de estructura	
	Construcción de cubierta o techo		
	Construcción de infraestructura de transporte terrestre	Construcción de obras anexas al túnel	
		Perforación del túnel	
		Revestimiento del túnel	
		Impermeabilización del túnel	
		Construcción de puentes y viaductos	Alzado de pilas y estribos
			Alzada de vigas
		Construcción de plataforma central	

	Construcción de vías y carreteras	Conformación de base y sub-base Pavimentación Ejecución de obras complementarias
	Construcción y rehabilitación de infraestructura férrea	Desmante de infraestructura férrea deficiente Montaje de vías ferroviarias Construcción de estaciones y apeaderos
Ejecución de obras de infraestructura de agua potable, saneamiento básico y SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible)	Conformación de cimentación de la tubería Instalación de tubería Construcción de cámaras y obras complementarias Construcción de infraestructura primaria Construcción de componentes SUDS	
Ejecución de obras de infraestructura de energía eléctrica	Ejecución de infraestructura para la instalación de redes de media y alta tensión Ejecución de obras civiles para la construcción de subestaciones Ejecución de obras de hidroeléctricas	Construcción de estructura de presa Construcción de canales, vertederos y obras complementarias
Ejecución de obras de infraestructura de telecomunicaciones		
Construcción de infraestructura aeroportuaria	Ejecución de obras de aeropuertos	Construcción de superficies de rodamiento y maniobra de vehículos aéreos y terrestres Construcción de torres y sala de control
Construcción de infraestructura portuaria	Dragado Colocación de filtros Construcción de plataformas como muelles, diques y rampas, entre otras	
	Profundización de pozos Instalación y desmote de andamios	
Instalación de redes en edificaciones	Instalación de redes hidrosanitarias y de gas Instalación RPCI (Red de Protección Contra Incendios) Instalación de ductos y drenajes para sistemas de aire acondicionado	
Obras de equipamiento urbano	Construcción de urbanismo interior Obras de espacio público Obras de paisajismo Acabado de pisos – revestimientos Aplicación de revoques Aplicación de pintura Instalación de carpinterías Instalación de artefactos sanitarios	
	Señalización e instalación de señales	Señalización e instalación de señales verticales Señalización e instalación de señales para pistas de aterrizaje

	Limpieza general
Demolición de estructuras existentes	Destrucción controlada de edificaciones
	Destrucción controlada de obras de infraestructura

Fuente: Adaptado de Producto Cuatro: Insumos claves para definir y diseñar cualificaciones, MEN – CAMACOL (2019).

Por otro lado, la política de vivienda en Colombia se enfoca en el desarrollo de distintos programas que buscan reducir el déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda, garantizando el acceso a vivienda formal de una parte considerable de la población. De acuerdo con cifras del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, para el 2018 se habían brindado aproximadamente 68 mil subsidios de vivienda distribuidos en programas como Mi casa ya, Casa digna – Vida digna y Semillero de propietarios (MinVCT, 2019).

Más allá de ser una mera tendencia o buscar solo un impacto positivo, la sostenibilidad se ha convertido en un pilar fundamental para que muchas constructoras obtengan una ventaja competitiva al diferenciar sus proyectos y agregar valor para sus clientes. En la última década, la sostenibilidad ha afectado, directa e indirectamente, a toda la cadena de valor de la industria de la construcción, aplicando buenas prácticas que garanticen beneficios ambientales, sociales y económicos para las partes interesadas (MinCVT, s.f.). Un indicio claro de su impacto se refleja en el marco legal establecido por el Ministerio de Vivienda, como el Decreto 1285 de 2015 sobre lineamientos de construcción sostenible y la Resolución 0549 de 2015, que fija porcentajes de ahorro de agua y energía en edificaciones. Otras normas han surgido para expandir y fortalecer la sostenibilidad, como incentivos tributarios en eficiencia energética y energías no convencionales. El país sigue comprometido con la sostenibilidad, como lo demuestra el documento CONPES 3919 sobre edificaciones sostenibles, que busca cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (MEN – CAMACOL, 2020).

ECONOMÍA CIRCULAR

El concepto de EC ha sido objeto de mayor atención a lo largo de los últimos años por parte de distintos niveles de la economía, como resultado de la necesidad por transformar los procesos económicos lineales predominantes. De acuerdo con Merli et al. (2018), este enfoque empleado a los inicios de la era industrial carece de una relación estrecha con la sostenibilidad y el crecimiento económico, contribuyendo a la degradación del medio ambiente y el consumo de los recursos naturales. Con el fin de fortalecer el vínculo entre el medio ambiente y el sector productivo, surge el modelo de EC como alternativa innovadora para el desarrollo de iniciativas sostenibles con las tendencias de consumo actuales (Kirchherr et al., 2017; Tunn et al., 2019; Riba et al., 2020). Bajo esa perspectiva, la visión de este nuevo enfoque económico es fomentar la prosperidad socioeconómica, además de permitir a las organizaciones ser garantes de la calidad del medio ambiente (Palafox et al., 2020; EMF, 2021).

Por otro lado, la EC es el resultado de diversos constructos teóricos que han contribuido a la transformación del concepto desde que fue mencionado por primer vez por Pearce y Turner en 1990 (como se citó en López, 2021), quienes estudiaron la interrelación existente entre el medio ambiente y el entorno económico, definiendo la economía lineal como un sistema de bucle abierto que debía sufrir una transición hacia un circuito cerrado, en el que existieran flujos de materiales y energía de forma continua, garantizando el mayor aprovechamiento de los mismos y la mitigación del impacto ambiental generado por los desechos de los procesos productivos (Su et al., 2013; Ghisellini et al., 2016; Merli et al., 2018).

De esta forma, las investigaciones de Su et al. (2013) y Geissdoerfer et al. (2017) hicieron alusión a lo expuesto por Boulding en 1996, cuando advirtió que el planeta Tierra funciona como un sistema cerrado con recursos y capacidad limitados para absorber las emisiones particuladas y contaminantes generadas por el ser humano. De ahí que surgieran distintas perspectivas que aportaron al surgimiento y consolidación de lo que hoy se conoce como EC, algunas de las cuales fueron la ecología industrial, la economía azul, el capitalismo natural, el diseño regenerativo y la economía ecológica (Geissdoerfer et al., 2017; Pauliuk, 2018; EMF, 2018). Del mismo modo, según lo establecen Korhonen et al. (2018), la noción del concepto de EC, proviene de bases teóricas, científicas y semicientíficas, dentro de las que se incluyen la producción más limpia, las simbiosis industriales y el término de cero emisiones.

Con base en lo anterior, las entidades gubernamentales y organismos internacionales encargados de formular políticas, conceptualizan la EC como un enfoque para incentivar la creación de empresas con modelos de negocios innovadores y sostenibles, caracterizados por una menor dependencia al uso de las materias primas (López, 2021). Sin embargo, todo esto funciona de manera articulada con los objetivos de competitividad y sostenibilidad a largo plazo que se plantean las organizaciones (Comisión Europea, 2020).

Por su parte, la EC es concebida en el marco de la “Guía Empresarial de Economía Circular” desarrollada por el Centro Nacional de Producción Más Limpia y Colombia Productiva como “una estrategia que busca generar crecimiento económico optimizando el uso de recursos, incrementando la vida útil de los productos y reduciendo la generación de contaminación e impactos ambientales negativos” (p. 2).

Figura 9. Comparativo entre EC y EL



Fuente: Tomado de Guía de Economía Circular, Colombia Productiva (s.f.).

Bajo esa perspectiva, la Presidencia de la República (2019) establece que el factor diferencial de la EC es su carácter holístico y sistémico, orientado a transformar sistemas y esquemas productivos lineales hacia la circularidad, lo cual se caracteriza por lo siguiente:

Esta transformación implica un proceso de cambio a través de diversas tipologías de innovaciones, que se manifiestan a diferentes niveles de los sistemas productivos; a nivel micro de empresas y productos; a nivel meso de cadenas de valor, parques industriales; y a nivel macro de ciudades, regiones y cuencas hidrográficas (p. 8).

Ese proceso de transición ha sido objeto de análisis por parte del gobierno nacional, conllevando a la formulación de la “Estrategia Nacional de Economía Circular”, la cual guarda una particular relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuesto por las Naciones Unidas, aspecto que involucra documentos y marco normativo de política pública para el desarrollo sostenible. Algunas de esas iniciativas se encuentran definidas en los documentos CONPES 3866 y 3934, que propenden por el fortalecimiento de los encadenamientos productivos y la competitividad nacional a partir de la sostenibilidad empresarial (MinCIT, 2019). Teniendo en cuenta lo anterior, en la Figura 11 se pueden observar los ODS abordados en el CONPES 3918 de 2018.

Figura 10. ODS alineados con la Estrategia Nacional de Economía Circular

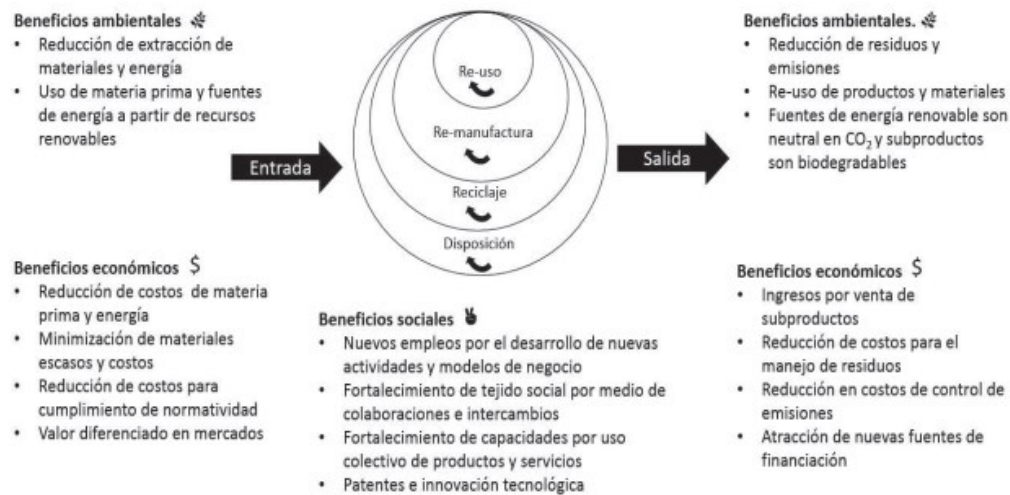


Fuente: Tomado de Estrategia Nacional de Economía Circular, MinCIT (2019).

Los desafíos en la transición hacia una Economía Circular también incluyen transformar la cultura y superar las inercias organizativas presentes en compañías, consumidores y otros agentes involucrados. Adoptar enfoques novedosos implica, en primer lugar, desaprender los paradigmas y hábitos convencionales. Además, se necesita adquirir nuevas habilidades técnicas y sociales para establecer colaboraciones con nuevos participantes o desarrollar modelos de negocio innovadores, así como realizar ajustes en las políticas y regulaciones para fomentar la eficiencia en la utilización, la reutilización y el reciclaje de los recursos empleados (MinCIT, 2019).

Finalmente, en el marco de la estrategia nacional de EC se relacionan algunos de los beneficios previamente mencionados por Korhonen et al. (2018), los cuales son descritos en la Figura 12.

Figura 11. Beneficios de la Economía Circular



Fuente: Tomado de Estrategia Nacional de Economía Circular, MinCIT (2019).

El esquema de identificación de ventajas sigue el patrón de entradas y salidas del modelo de transformación, ya que el enfoque circular produce mejoras en ambas direcciones. Los beneficios económicos del modelo circular surgen de la optimización tanto en la entrada, reduciendo el uso, como en la salida, minimizando la disposición en el proceso de transformación. Además, al reutilizar materiales, agua y energía, se generan beneficios económicos al añadir valor repetidamente al mismo recurso, lo que también implica la apertura de nuevos mercados con exigencias ambientales y sociales (MinCIT, 2019).

En el contexto del compartimiento de servicios e infraestructura, se generan ahorros en los pagos por servicios y activos fijos. La reducción del uso de materiales, agua y energía por unidad de producto o servicio producido resulta en ahorros significativos en la adquisición, así como en la “gestión de materias primas, agua y energía. Esto conlleva a la disminución de los costos relacionados con el acceso a materiales escasos y a los costos de contingencia asociados con interrupciones en el suministro y el cumplimiento de normativas ambientales” (MinCIT, 2019).

Adicionalmente, se genera valor económico mediante la generación de ingresos a través de la venta de subproductos y el aprovechamiento de materiales. También se obtienen ahorros en los gastos relacionados con la gestión de residuos y el control de emisiones. Estos enfoques sostenibles ofrecen ventajas competitivas en términos de acceso a financiamiento. Además, las empresas que adoptan los principios de la Economía Circular estimulan la creación de nuevos mercados y contribuyen a la retención y fortalecimiento de los mercados existentes (MinCIT, 2019).

Las herramientas de evaluación, como los indicadores, juegan un papel crucial en respaldar la transición hacia la EC. Expertos académicos, profesionales y formuladores de políticas subrayan la importancia de crear marcos de seguimiento que permitan

evaluar el impacto y el desempeño de las iniciativas de EC en distintos niveles, así como medir el nivel de circularidad en las estrategias actuales (Wisse, 2016; Saidani et al., 2017; Comisión Europea, 2018; Bilal et al., 2020; Sánchez et al., 2020). Estas herramientas de evaluación respaldan los procesos de generación de informes y la toma de decisiones al proporcionar evidencia y comprensión sobre los efectos de la implementación de la EC (EMF y GRANTA, 2015). Sin embargo, debido a que la adopción de estos métodos es relativamente reciente y se ha centrado principalmente en el período posterior a 2017, aún no existen indicadores universalmente aceptados que abarquen todos los elementos del concepto de EC (Saidani et al., 2019; Kristensen & Mosgaard, 2020).

En términos prácticos, existen varias herramientas de medición ampliamente utilizadas para evaluar los esfuerzos de la Economía Circular (EC). En particular, el Indicador de Circularidad Material (ICM) y Circulytics, desarrollados por la Fundación Ellen MacArthur (EMF, 2020; EMF y GRANTA, 2015), son dos de estas herramientas. ICM evalúa la tasa de restauración de los flujos de materiales a nivel microeconómico, mientras que Circulytics evalúa la circularidad general de una empresa, abarcando tanto los factores facilitadores como los resultados. Otra herramienta es el marco de Indicadores de Transición Circular (ITC), que evalúa el rendimiento circular de una empresa a través de la óptica del concepto de ciclo de vida (WBCSD, 2021). Además, el programa Cradle to Cradle Certified evalúa el rendimiento medioambiental y social de los productos en categorías como “la salud de los materiales, la circularidad de los productos, la protección del aire limpio y el clima, la gestión del agua y el suelo, y la justicia social” (CCPII, 2016).

Por otra parte, la Comisión Europea (CE) ha tomado medidas para evaluar el progreso hacia la EC mediante la introducción de un marco de seguimiento en 2018, el cual comprende cuatro (4) macro categorías de indicadores, que abarcan diversos aspectos de la EC, como la producción y el consumo, la gestión de residuos, las materias primas secundarias y la competitividad e innovación (Comisión Europea, 2018). Además, a pesar de que las organizaciones son las principales en aplicar las contribuciones prácticas, la mayoría de los avances actuales en términos de indicadores de EC provienen del ámbito académico (Kristensen & Mosgaard, 2020). De hecho, estos desarrollos académicos representan alrededor del 60% de las métricas disponibles actualmente (Saidani et al., 2019).

Diversos autores como Moraga et al. (2019) y Sánchez et al. (2020) han comprobado que existe una amplia influencia de la Economía Circular en todo el sistema productivo, destacando que está presente a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos y servicios, requiriendo de la adopción de este enfoque durante la medición del progreso de la EC. En consonancia con lo anterior, Civancik et al. (2019) consideraron que este concepto es imprescindible para la toma de decisiones o la evaluación de las acciones de intervención en los procesos productivos, al proporcionar claridad en la generación de soluciones de ciclo cerrado.

Bajo esa perspectiva, la EC se desarrolla teniendo como fundamento cinco (5) fases principales que han sido analizadas por entidades como la Agencia Europea del Medio

Ambiente (2016) y la EMF (2021), pero también abordado por autores como Elia et al. (2017) y Kristensen y Mosgaard (2020), teniendo como resultado que las fases anteriormente mencionadas son: “el insumo de materiales, diseño ecológico, producción y distribución, uso/consumo y existencias, y recuperación de materiales al final de su vida útil”. El ecodiseño se orienta hacia la desaceleración y el cierre de los ciclos de recursos mediante enfoques como la concepción de productos que permitan el desmontaje, la generación de artículos de prolongada durabilidad, la planificación de diseños para facilitar su mantenimiento y reparación, y la consideración de alternativas de diseño que fomenten el reciclaje. En el marco de la Economía Circular (EC), los procesos de fabricación buscan primordialmente lograr la eficiencia en la utilización de los recursos, la reducción de la incorporación de insumos de materias primas y componentes peligrosos, y la mitigación de la producción de residuos y emisiones.

El término consumo hace referencia a los modelos de selección de productos y servicios, así como al comportamiento adoptado por los ciudadanos. Finalmente, la recuperación de materiales abarca estrategias dirigidas a su reintegración en el ciclo, con el propósito de disminuir su pérdida por medio de prácticas como la reutilización (mediante la reparación, remanufactura o reacondicionamiento), el proceso de reciclaje y la recuperación de energía. Además, tal como señalan Hossain et al. (2020) y Pomponi y Moncaster (2017), la intrincación de los sistemas en la Economía Circular implica la interconexión de siete (7) dimensiones: “gubernamental/política, económica, medioambiental, comportamiento/gestión, social, tecnológica y de innovación/materiales”.

En la Tabla 3, se enuncian los enfoques y aspectos prácticos evaluados principalmente en el marco de la EC, para lo cual se tuvieron en cuenta los indicadores, criterios de medición y clasificación de la circularidad, que han sido reconocidos por organismos internacionales como la Comisión Europea, el Banco Mundial y la Ellen McArthur Foundation, y referenciados por López (2021).

Tabla 3. Principales categorías empleadas para la evaluación de la EC

Herramienta de evaluación	Uso de recursos	Energía	Agua	Emisiones	Gasto	Eco-Diseño	Aspectos financieros	Costes/Ahorros
Herramienta de decisión multicriterio para la recuperación de productos.	Alamerew y Brissaud (2019)	*		*			*	*
Marco de referencia para los indicadores de la EC.	Elia et al. (2017)	*	*	*	*	*		
Adaptación del marco de seguimiento de la EC al nivel micro aplicaciones.	Rincón et al. (2021)		*		*	*		
Marco de indicadores para la reutilización adaptativa de edificios patrimoniales.	Foster y Kreinin (2020)	*	*	*	*			
Análisis de indicadores para la evaluación de la EC.	Bilal et al. (2020)	*	*	*	*	*		*
Análisis y categorización de indicadores en relación con los elementos de la EC.	Parchomenko et al. (2019)				*	*	*	
Escala de medición de la EC en el sector de la construcción.	Núñez et al. (2019)	*	*	*	*	*		
Informe: Seguimiento de los avances hacia la Economía Circular	Agencia Europea de Medio Ambiente (2016)	*			*	*		
Circulytics.	CEM (2020)		*	*		*	*	
Indicador de circularidad material (Conjunto de métricas).	CEM y GRANTA (2015)	*	*	*	*	*		
Certificación de la norma de producto.	Instituto de Innovación de Productos Cradle to Cradle (2016)		*	*		*		
Marco de indicadores de la transición circular.	WBCSD (2021)	*	*	*	*	*	*	
Marco de seguimiento de la Economía Circular.	Comisión Europea (2018)	*				*		*

Fuente: Elaboración propia a partir de López (2021).

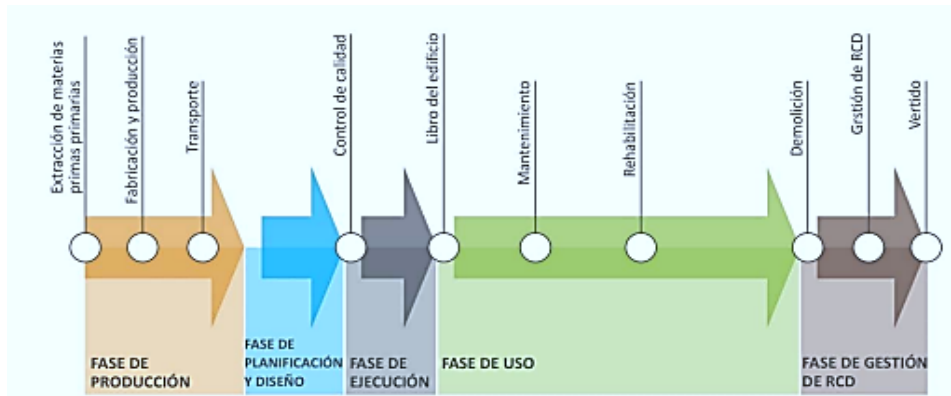
Los indicadores individuales de naturaleza cuantitativa miden la información de impacto singular de un producto o servicio. Estos indicadores interpretan la circularidad en una sola cifra en forma de proporción o porcentaje, y son valiosos para la toma de decisiones administrativas, como la medida de facilidad de desmontaje (eDiM) o el indicador de longevidad (LI) (Elia et al., 2017; Saidani et al., 2019; Kristensen y Mosgaard, 2020). En contraste, los indicadores analíticos engloban directrices, herramientas y modelos empleados como instrumentos de respaldo para las decisiones empresariales en la evaluación de su potencial de mejoría. Esto comprende el conjunto de herramientas para la Economía Circular (CET) y las Pautas para el Diseño de Circularidad (CDG, por sus siglas en inglés) (Saidani et al., 2019; Kristensen y Mosgaard, 2020). En última instancia, los indicadores compuestos son conjuntos sintéticos de múltiples indicadores que condensan y comunican cuestiones complejas o multidimensionales de manera simplificada, como el Índice de Esfuerzo de Desmontaje (DEI, por sus siglas en inglés) y los Indicadores de Sostenibilidad en EC (SICE, por sus siglas en inglés) (Yeheyis et al.,

2013). Respecto a su aplicación actual en la sociedad de la información, según Kristensen y Mosgaard (2020), los indicadores cuantitativos y analíticos son los preferidos en la práctica empresarial debido a su practicidad y uso sencillo. Por otro lado, los indicadores compuestos solo han sido explorados por la esfera académica.

En paralelo, los conjuntos de indicadores de circularidad, y marcos unificados, pueden asistir tanto a investigadores como a formuladores de políticas en la supervisión del avance circular. Estos facilitan la supervisión del progreso de la incorporación de la circularidad en distintos niveles, ofreciendo una visión global y englobando múltiples factores influyentes en la circularidad (Wisse, 2016), como el Marco de Seguimiento de la Economía Circular.

En la actualidad el sector construcción cuenta con procesos lineales, pese a que existen muchas facetas en las que se reutilizan elementos, materiales y flujos. Generalmente, el cierre de los ciclos de materiales sucede durante la fase de producción de los materiales y/o componentes necesarios para la construcción, pero no se da entre las fases del proceso (Figura 13). Bajo esa perspectiva, la vida útil en el sector construcción, el proceso de demolición no demuestra indicadores notables de reaprovechamiento o recuperación de residuos. Del mismo modo, la transferencia de información y conocimientos entre los actores involucrados en cada fase en muchas ocasiones es inexistente, alejando al sector cada día de un modelo circular (CONAMA, 2018).

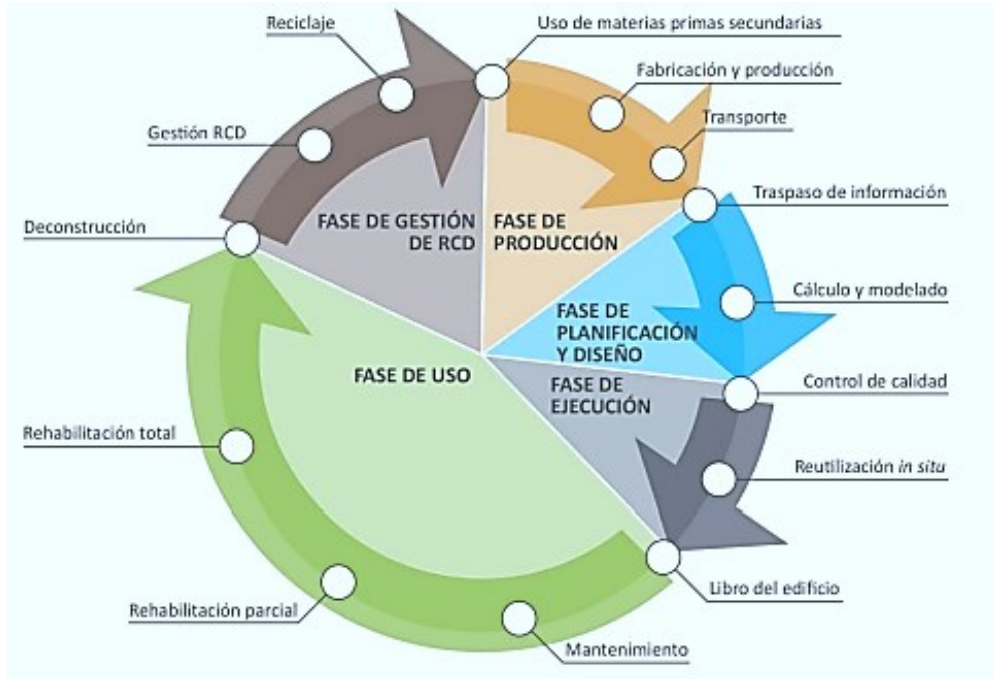
Figura 12. Esquema del proceso lineal de construcción



Fuente: Tomado de Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA (2018).

La producción, planificación y diseño de los procesos de construcción deben caracterizarse por la preparación conjunta de lo que sucede durante la ejecución. Es imprescindible que se dé la transferencia de conocimiento y el trabajo colaborativo de los actores que influyen en cada una de las tres fases, involucrando, además, la regulación y supervisión de los diferentes niveles administrativos implicados. En ese sentido, un modelo general de la construcción basado en EC, según lo propuesto durante el CONAMA (2018), se puede apreciar en la Figura 14.

Figura 13. Esquema simplificado de EC del sector construcción

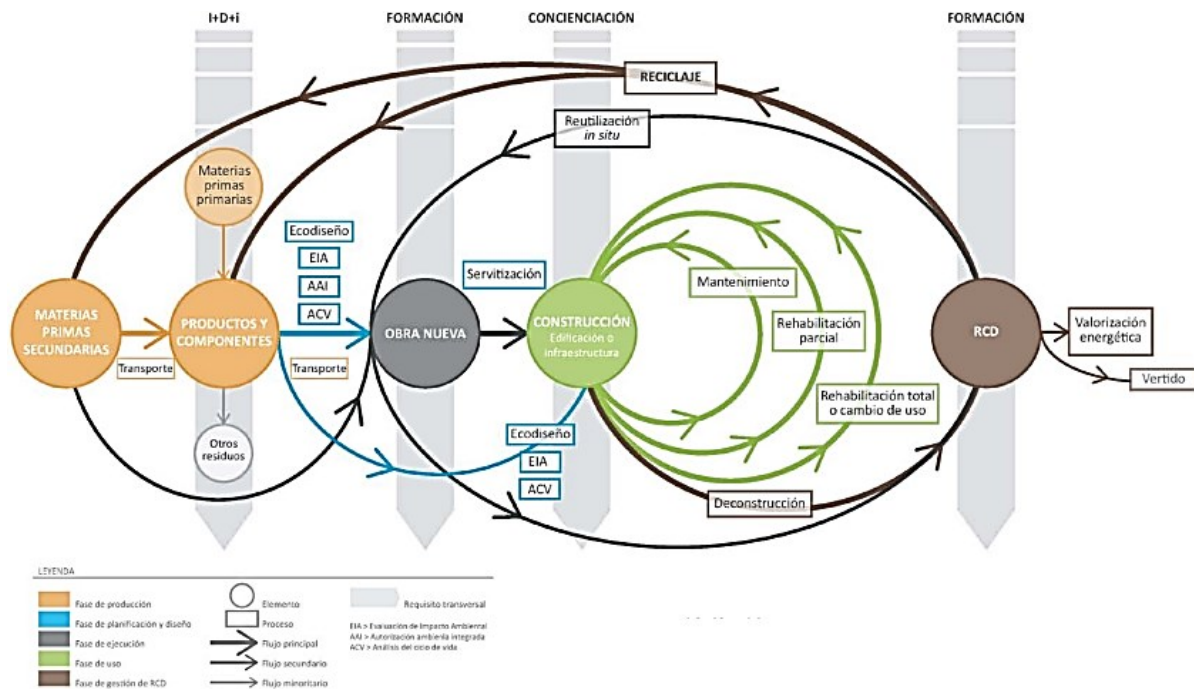


Fuente: Tomado de Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA (2018).

Como se observa en la Figura 14, existe un traspaso de responsabilidades de la construcción durante la transición de la fase de ejecución a la de uso. Tal cambio debe acompañarse de un proceso de servitización e intercambio de saberes. En ese sentido, el encargado de la fase de uso debe contar con conocimiento para mejorar la construcción y asegurar la extensión del ciclo mediante el mantenimiento y rehabilitación total o parcial, teniendo criterio para interactuar con los profesionales encargados por cada fase. La gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es un aspecto crucial para reducir el impacto ambiental de la industria de la construcción (CONAMA, 2018).

La deconstrucción, o demolición selectiva, es una estrategia que busca maximizar la recuperación y reutilización de materiales y componentes de las estructuras, en lugar de simplemente desecharlos como residuos. Esta estrategia implica un enfoque más cuidadoso y meticuloso en comparación con la demolición tradicional. En vez de derribar un edificio indiscriminadamente y generar residuos, la deconstrucción implica el desmontaje de la estructura para identificar y separar los materiales y componentes que aún pueden reutilizarse o reciclarse. Esto puede incluir elementos como vigas de acero, madera, ladrillos, ventanas, puertas y otros materiales de construcción (CONAMA, 2018).

Figura 14. Modelo de EC del sector de la construcción propuesto en España



Fuente: Tomado de Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA (2018).

Nota: EIA¹, AAI², ACV³.

Por su parte, Colombia Productiva (s.f.), en su “Guía Empresarial de Economía Circular” establece seis (6) principales oportunidades que pueden ser aprovechadas por el sector construcción en el país para el desarrollo de la EC, las cuales se mencionan a continuación:

Lean manufacturing. Se basa en la optimización del sistema productivo y la mejora continua, a partir de la eliminación de desperdicios y reducción de actividades sin valor agregado.

Diseño circular. Toma como enfoque la promoción del manejo de mecanismos, instrumentos o herramientas para la planificación de las obras de construcción, optimización del consumo de materiales, aprovechando los recursos reciclados o reusados, y la reducción de los RCDs.

Optimización de la huella hídrica y de carbono. Se lleva a cabo a partir de la mejora de los indicadores de eficiencia energética, uso de energías renovables y combustibles alternos, y la implementación de mecanismos de uso inteligente de las fuentes hídricas.

¹ Evaluación de Impacto Ambiental.

² Autorización Ambiental Integrada (Aplicable para España).

³ Análisis del Ciclo de Vida (Metodología impulsada por la Comisión Europea).

Compras sostenibles. Hace referencia a la gestión con los proveedores, minimizando los impactos generados a lo largo de la cadena de suministro, tomando en cuenta aspectos como el uso de materiales reciclados, empaque reutilizado y minimización de impactos de traslado.

Bodega virtual. Aprovecha el uso de herramientas digitales para el manejo y control de inventarios de los materiales de construcción, garantizando la transferencia de aquellos considerados excedentes entre obras y, por ende, reduciendo así las pérdidas económicas asociadas.

Edificios inteligentes. Esta oportunidad toma como base el diseño de edificios que optimicen la usabilidad, accesibilidad y consumo durante su ciclo de vida útil.

La mayoría de los estudios sobre prácticas de EC en el sector de la construcción, se han centrado en el desarrollo de indicadores de circularidad específicamente dirigidos a edificios. En contraste, algunos estudios han representado un precedente para la investigación en la materia, tales como el de Fregonara et al. (2017), quienes presentaron un enfoque metodológico que tiene en cuenta tanto aspectos económicos como medioambientales en las decisiones relativas al final de la vida útil de los edificios. Estos autores propusieron un indicador económico-ambiental sintético global, compuesto por cinco indicadores medioambientales y tres indicadores económicos, calculados mediante las metodologías del Análisis del Ciclo de Vida y del Costo del Ciclo de Vida, respectivamente.

Por otro lado, Bilal et al. (2020), en su análisis de las barreras para la Economía Circular en el sector de la construcción en países en desarrollo, desarrollaron un marco de mitigación que abarca 24 indicadores, los cuales se emplean para evaluar el grado de adopción de la Economía Circular en el sector de la construcción. Su clasificación reveló que los indicadores relacionados con la energía han recibido mayor atención en lo que respecta a la edificación sostenible, mientras que aquellos enfocados en la generación de residuos son el aspecto que ha sido menos considerado en dicho sector. De manera similar, Núñez et al. (2018) desarrollaron una escala para la medición de la circularidad, basada en la ponderación de 21 preguntas y aspectos a considerar al adoptar intervenciones relacionadas con la Economía Circular. Aunque este enfoque abarca la mayoría de los aspectos de evaluación de la Economía Circular en la construcción, no proporciona cálculos específicos para los indicadores en cuestión.

Siguiendo esta línea, se han emprendido esfuerzos enfocados en evaluar la circularidad durante la etapa de diseño, como ejemplifica la propuesta presentada por Cottafava y Ritzen (2021). Su contribución introduce el Indicador Predictivo de Circularidad en la Edificación (PBCI), que busca cuantificar el potencial de recuperación de materiales y componentes al final de su vida útil mediante la integración de estrategias de diseño para el desmontaje en edificios residenciales. Este avance se construye sobre la base del Indicador de Circularidad de los Edificios (ICE) y fusiona el Indicador de Circularidad de Materiales (ICM) con factores como la energía y el carbono incorporados.

En un sentido similar, Akinade et al. (2015) desarrollaron el Building Information Modelling based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS), una métrica de evaluación que valora el potencial de desmontaje de un edificio y la facilidad de recuperación de materiales al final de su ciclo de vida. Además, Vefago y Avellaneda (2013) presentaron un método para evaluar el potencial de reutilización, reciclado, infraciclado e infrautilización de materiales durante el diseño de los edificios. Su método utiliza dos indicadores, el Índice de Reciclabilidad y el Índice de Reciclabilidad del Diseño, que se ponderan en función de la jerarquía de materiales.

En lo que respecta a la evaluación de diversas facetas del ciclo de vida de los edificios, Foster y Kreinin (2020) identificaron indicadores medioambientales clave para cuantificar el impacto de la reutilización adaptativa en edificios patrimoniales. Durante su investigación Heisel y Rau-Oberhuber (2020), propusieron generar pasaportes de materiales para los materiales y productos de construcción de los edificios, introduciendo el indicador de circularidad Building Score, que evalúa el uso de los recursos naturales, el diseño ecológico y la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) en las fases de construcción, uso y fin de vida útil. Así mismo, Coenen et al. (2021) desarrollaron un marco de eficiencia de recursos para proyectos de puentes, con el Indicador de Circularidad de Puentes, que comprende nueve (9) subindicadores clasificados en cuatro (4) grupos: entrada de diseño, disponibilidad de recursos, adaptabilidad y reutilización.

Del mismo modo, los estudios centrados principalmente en los RCD son algo limitados. Sin embargo, destacan las investigaciones realizadas por Yeheyis et al. (2013), quienes introdujeron un marco conceptual para maximizar el principio de las 3R en la gestión de residuos de construcción y demolición, incluido el Índice de Sostenibilidad basado en el ACV de Residuos de Construcción (CWLSI, por sus siglas en inglés) para orientar la selección de materiales, la gestión de residuos y las decisiones de tratamiento. Este indicador compuesto se subdivide en nueve (9) indicadores de gestión de residuos de construcción y demolición, alineados con los pilares medioambiental, social y económico. Además, Jiménez y García (2016) identificaron 17 indicadores de rendimiento para el seguimiento de la deconstrucción y el tratamiento de residuos de yeso, que abarcan dimensiones técnicas, medioambientales, sociales y económicas.

Por su parte, la Unión Europea (UE) ha lanzado el marco común Level(s) a través del Centro Común de Investigación (CCI) en 2021 para medir la sostenibilidad de los edificios de oficinas y residenciales (Comisión Europea, 2021). Este marco integral evalúa el ciclo de vida completo de los edificios, centrándose en el rendimiento medioambiental, proporcionando al mismo tiempo información sobre la salud, el confort, el coste, el valor y los riesgos potenciales. Con seis (6) macroobjetivos y 16 indicadores comunes complementados por la metodología de Evaluación del Ciclo de Vida (ECV), ayuda a comparar los avances en materia de edificios sostenibles y es adaptable a varias fases del ciclo de vida. Sin embargo, los retos relacionados con las guías de usuario y la dependencia de procedimientos y bases de datos externos dificultan su aplicación práctica (Díaz et al., 2021).

BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

En lo que respecta al desarrollo económico, es necesario resaltar las cifras de CAMACOL (2022), que indicaron que el sector construcción para ese año aportó al 53,2% del PIB nacional, generando valor agregado en varias actividades relacionadas tales como el 19,3% en edificaciones, 13,9% en actividades especializadas y 1,5% en obras civiles. Del mismo modo, los indicadores revelaron que la tasa de crecimiento para el sector fue de 13,4%, lo que permitió brindar empleo al 6,5% de la población ocupada del país.

Bajo esa perspectiva, la implementación de la Economía Circular trae consigo diversos beneficios, entre los que se destaca el impulso al crecimiento económico. Tal como señala Espaliat (2017), este crecimiento se genera principalmente por dos vías: el aumento de los ingresos provenientes de nuevas actividades circulares y la reducción de costos de producción al utilizar los insumos de forma más eficiente.

Al adoptar la lógica de ciclos cerrados, se crean nuevas oportunidades de negocio asociadas a la reparación, reutilización, renovación y reciclaje de productos (Chiappetta et al., 2019). Estas nuevas actividades dinamizan la economía al agregar valor. Asimismo, el aprovechamiento óptimo de materias primas y la reincorporación de residuos como insumos productivos reducen los costos para las empresas.

La adopción de procesos innovadores como la construcción modular e industrializada puede suponer grandes ventajas para avanzar hacia un sector más sostenible, tal como señalan algunos estudios. Por ejemplo, la implementación de técnicas de modularidad en edificación puede reducir los costes presupuestarios hasta un 50% en comparación con métodos tradicionales (Munaro et al., 2020). Asimismo, un mayor uso de tecnologías digitales y una adecuada gestión de la información permitiría mejorar la toma de decisiones orientada a objetivos de sostenibilidad en las diferentes etapas del proceso constructivo. Desde la planificación inicial hasta la ejecución, pasando por el diseño y la selección de materiales, la aplicación de soluciones tecnológicas puede optimizar el uso de recursos, reducir residuos y minimizar impactos ambientales (Pineda, 2023).

Estos efectos positivos sobre los ingresos y costos de las actividades productivas provocan a su vez cambios en los precios y en los niveles de oferta y demanda a nivel de toda la economía. De esta forma, los beneficios de adoptar procesos circulares se propagan más allá de las empresas que los implementan, llegando a múltiples sectores. Según Espaliat (2017), estos efectos indirectos son los que terminan impulsando de manera integral el crecimiento económico de los países y regiones que transitan hacia un nuevo modelo productivo circular. Así, los beneficios trascienden el plano ambiental y se traducen también en oportunidades para dinamizar el aparato productivo. Aprovechar todo el potencial de creación de valor que ofrecen las sinergias e interacciones circulares entre diversas industrias, es una vía prometedora para impulsar de forma simultánea la prosperidad económica y la conservación ambiental (Geissdoerfer, et al., 2017).

La implementación de prácticas de Economía Circular puede mejorar la competitividad y reputación de las empresas constructoras, al ser percibidas como más sostenibles y responsables, tal como señalan algunos estudios (Munaro et al., 2020; Jabbour et al., 2019). La adopción de enfoques circulares permite desarrollar servicios y producciones más limpias e integradas con la cadena de suministro del sector. Asimismo, posibilita el crecimiento y viabilidad de modelos de negocio ambientalmente sostenibles. Otro beneficio es que los edificios con certificaciones de Economía Circular pueden alcanzar un mayor valor de mercado y mantenerlo a lo largo del ciclo de vida, incluyendo la fase operativa (Ghaffar, et al., 2020).

Uno de los principales beneficios económicos que se derivan de la implementación de la Economía Circular es la optimización en el uso de materias primas. Tal como señalan las Naciones Unidas (2021), este nuevo enfoque permite reducir costos tanto para los productores como para los consumidores. En el sector de la construcción, altamente demandante de recursos naturales, la adopción de prácticas circulares puede generar ahorros importantes. Por ejemplo, mediante el uso de acero reciclado en lugar de acero virgen, se estima que se pueden reducir los costos de materiales en un 25% por tonelada. Otra estrategia circular con gran potencial de ahorro es la construcción modular y la impresión 3D. Al permitir una mejor optimización del uso de materiales, se reducen los costos asociados. Asimismo, la reutilización y el reciclaje de materiales valiosos en la etapa de deconstrucción es otra vía para disminuir la dependencia de nuevas extracciones de recursos naturales (Ghaffar, et al., 2020).

La transición hacia una Economía Circular representa una alternativa prometedora para aliviar la presión sobre los recursos naturales y promover su uso sostenible. Según cifras de la OCDE citadas por Bocanumenth (2022), la explotación global de recursos naturales ha crecido un 65% en los últimos 25 años. Este agotamiento de recursos está estrechamente relacionado con las prácticas lineales de extraer, producir, usar y desechar que aún predominan en sectores como el de la construcción. De acuerdo con Torres et al. (2021), la implementación de los principios de la EC, puede impactar significativamente en la reducción de hasta el 41% de la huella de carbono generada por las empresas.

Esto cobra especial importancia en sectores de gran demanda de recursos como el de la construcción. Según datos de la OCDE citados por Bocanumenth (2022), los precios de las materias primas para este sector vienen creciendo exponencialmente, hasta un 150% en los últimos años. La Economía Circular ofrece soluciones frente a este contexto, al optimizar los procesos productivos para maximizar la circulación de los flujos de materiales y energía. Estrategias como la reutilización, la re manufactura y el reciclaje de materiales buscan reducir la dependencia de nuevas extracciones. Así, el tránsito hacia ciclos cerrados de materiales representa una alternativa eficaz para reducir el consumo de recursos vírgenes, disminuir la presión sobre los ecosistemas naturales y, de paso, mitigar el incremento en los costos de adquisición de materias primas.

Por otro lado, de acuerdo con Espaliat (2017), la Economía Circular puede contribuir a la resiliencia de las cadenas de suministro al diversificar las fuentes de aprovisionamiento

de materiales e insumos. El transitar de los modelos lineales a los modelos circulares reduce la dependencia de las empresas de las materias primas vírgenes. Al incorporar crecientes flujos de recursos provenientes del reciclaje y la reutilización, se mitiga la exposición a la volatilidad de los precios de las *commodities*. Asimismo, se reduce la vulnerabilidad ante potenciales interrupciones en el suministro, al descentralizar los proveedores y contar con fuentes alternativas. Esta mayor flexibilidad y capacidad de adaptación es fundamental para garantizar la continuidad de los procesos productivos y crear resiliencia, en momentos en que los desastres naturales y desequilibrios geopolíticos están afectando cada vez más las cadenas globales de suministro.

Del mismo modo, la Economía Circular ofrece soluciones efectivas para reducir la obsolescencia programada de productos y extender su vida útil, lo cual beneficia el presupuesto y calidad de vida de los consumidores. Espaliat (2017) afirma que mediante estrategias como el ecodiseño, la reparación y la reutilización, se pueden fabricar bienes más duraderos y evitar que entren prematuramente en la categoría de residuos. Esto representa múltiples ventajas para los ciudadanos. Por una parte, reduce sus costos totales de propiedad al no tener que reemplazarlos de forma frecuente. Asimismo, se evitan las molestias asociadas a reparaciones y devoluciones continuas.

De acuerdo con el análisis de Pineda (2023), diversos autores señalan que suele existir una falta de identificación de los impactos sociales de la Economía Circular (EC), centrándose más en cambios tecnológicos o ambientales (MacArthur, 2013; Coelho, 2016; Berardi, 2015). Sin embargo, la EC puede generar beneficios sociales clave:

Mejora de la calidad de vida, al reducir contaminación, residuos y fomentar energías renovables (MacArthur, 2013).

Mayor igualdad social, creando empleo y acceso equitativo a recursos locales (Coelho, 2016).

Fortalecimiento comunitario, promoviendo participación en gestión de recursos (Berardi, 2015).

Inclusión social de colectivos desfavorecidos, generando nuevas oportunidades laborales (Aguiñaga et al., 2018).

Aumento de educación y conciencia ambiental sobre uso sostenible de recursos (Garzón et al., 2021).

La EC fomenta la innovación y nuevos modelos de negocio y empleo, contribuyendo a los ODS sobre trabajo decente y reducción de pobreza. Es necesario comprender mejor sus fundamentos teóricos e impulsar nuevos modelos empresariales circulares en el sector de la construcción, aprovechando su potencial para generar beneficios sociales y ambientales de forma integrada.

GESTIÓN DE PROYECTOS

La gestión de proyectos es un concepto que ha tomado mucha relevancia en las últimas décadas debido a la necesidad de las organizaciones de implementar estrategias que permitan la adecuada planeación, ejecución, control y cierre de proyectos, buscando

optimizar los recursos y alcanzar los objetivos propuestos de manera satisfactoria (Cruz et al., 2019).

Según Amejide (2016), la gestión de proyectos implica la aplicación de métodos, herramientas, habilidades y capacidades para que las actividades del proyecto se lleven a cabo de forma controlada, con el fin de alcanzar el alcance definido cumpliendo con las restricciones de tiempo, costo y calidad. El autor resalta que la gestión de proyectos no solo se enfoca en la aplicación de procesos, sino también en el aspecto humano y las habilidades del equipo para lograr el éxito.

Por su parte, Sáenz (2012) define la gestión de proyectos como "la planificación, programación y control de una serie de tareas integradas de forma coherente con el fin de alcanzar los objetivos y metas de un proyecto". Esta definición resalta la importancia de la planificación, programación y control como elementos esenciales. Asimismo, Siles y Mandelo (2018) complementan este concepto al considerar que la gestión de proyectos implica administrar los recursos de manera eficiente a través de la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para satisfacer los requisitos del proyecto.

Otra definición interesante es la que aporta la Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos – Guía del PMBOK (2017). Este documento define la gestión de proyectos como "la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo". Es una definición muy completa pues abarca todos los elementos principales para llevar a cabo un efectivo gerenciamiento de proyectos.

La gestión de proyectos es la disciplina que se encarga de organizar y administrar todos los recursos y aspectos necesarios de un proyecto con el fin de concretar un producto o servicio único en un tiempo y presupuesto definido, gestionando la triple restricción de alcance, tiempo y costo (Nadal, 2017). Aplica conocimientos, métodos, habilidades y experiencias para lograr la calidad esperada y enfrentar los riesgos e imprevistos en el camino. Utiliza herramientas informáticas para optimizar los procesos. Es llevada a cabo por un gerente de proyecto con sus correspondientes equipos de trabajo. Y busca al final ser una pieza clave para que las organizaciones puedan ejecutar sus estrategias y planes a través de proyectos, alcanzando sus metas y objetivos.

Dentro de las principales metodologías y herramientas de gestión de proyectos sostenibles se encuentran:

Gestión de Proyectos y Medio Ambiente (GPM)

Es una metodología creada en Colombia, implementada con gran éxito en empresas y proyectos locales. Propone las siguientes siete (7) fases: formulación, planeación, ejecución y monitoreo, seguimiento de avances de obra, finalización y entrega de obra, evaluación ex post y lecciones aprendidas (ICONTEC, 2019).

Fase de formulación: se detecta la necesidad y se analiza su factibilidad. Se delimita el alcance preliminar y se estudian aspectos como el costo-beneficio. Se definen objetivos, entregables y se hace un cronograma de hitos inicial.

Fase de planeación: se detalla exhaustivamente el plan para ejecutar el proyecto. Se subdivide en cuatro (4) módulos con diferentes programaciones:

Módulo programación inicial: se hace cronograma, presupuesto, se conforma el equipo, etc.

Módulo programación de adquisiciones: se planifica qué, cómo y cuándo adquirir.

Módulo programación de calidad: se establecen estándares de calidad para entregables.

Módulo programación de comunicaciones: se define la estrategia de comunicaciones entre interesados.

Fase de ejecución y monitoreo: se pone en marcha lo planeado, se hace seguimiento a través de indicadores y herramientas como Valor Ganado para detectar desviaciones y hacer correcciones cuando sea necesario. Se maneja la integración con grupos de procesos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre.

Fase de revisión de avances de obra: se analizan resultados parciales y se reformulan estrategias si es requerido.

Fase de finalización y entrega de obra: se verifica que se hayan cumplido los requisitos y firmas del acta de aceptación y cierre formal.

Fase de evaluación expost: culminando el proyecto se evalúan resultados obtenidos frente a los esperados en términos de tiempo, costo, alcance y calidad. Se documentan lecciones aprendidas.

Algunas ventajas reportadas del modelo GPM consisten en que, por ser desarrollado en Colombia, se adapta mejor a las condiciones y dinámicas propias del país. Es un modelo bastante visual y paso a paso, por lo que es fácil de entender e implementar. Y promueve el uso de herramientas informáticas para optimizar los resultados.

Project Management Institute (PMI)

Es una reconocida organización estadounidense, líder en gestión de proyectos. Ha desarrollado distintas metodologías y guías de referencia a nivel mundial. Dentro de los principales estándares y certificaciones del PMI se encuentran (Fortuna, 2013):

PMBOK: Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos. Recopila buenas prácticas sobre procesos en gestión de proyectos organizados en cinco (5) grupos (inicio,

planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre), 10 áreas de conocimiento y 49 procesos. Orienta sobre herramientas recomendadas por área de conocimiento.

SCRUM: marco de trabajo para gestión ágil de proyectos complejos. Se basa en roles (propietario del producto, equipo de desarrollo y *scrum master*), eventos (*sprint* y reuniones diarias) y elementos para gestión (lista del producto y de pendientes del *sprint*).

CAPM: Certified Associate in Project Management. Orientada a demostrar conocimientos sobre principios y terminología en gestión de proyectos.

PMP: Project Management Professional. Certificación dirigida a profesionales en gestión de proyectos para validar experiencia, educación y destrezas en este campo. Requiere 35h de educación formal en gestión de proyectos. Valida capacidad para liderar equipos y entregar resultados en una amplia variedad de proyectos.

Entre los beneficios de implementar las metodologías del PMI se resalta que son muy completas pues cubren todas las áreas del conocimiento. Son guías desarrolladas por expertos que recopilan buenas prácticas a nivel global. Tienen amplia aceptación en empresas multinacionales. Y las certificaciones potencian las posibilidades laborales de los profesionales. Sin embargo, algunos expertos indican que, por ser tan robustas, en ocasiones pueden volverse complejas de implementar en ciertos entornos locales.

Marco lógico

El marco lógico es una herramienta muy popular para la gestión de proyectos promovida por agencias de cooperación internacional. Permite describir de forma sistemática los objetivos y metas que se pretenden alcanzar, hace énfasis en los impactos esperados y ayuda a focalizar los recursos solo en aquello que es indispensable (CEPAL, 2015). El marco lógico se construye en cuatro (4) grandes fases:

Análisis de la participación: identificar el problema central, las causas-efectos y los principales actores involucrados.

Análisis de los objetivos: árbol de objetivos para convertir el problema central en un objetivo general. Definir medios y fines.

Elaboración de la Matriz de Marco Lógico: construir la matriz que resume todo el proyecto en cuatro (4) filas (fin, propósito, componentes y actividades) y cuatro (4) columnas con información sobre resumen narrativo de objetivos, indicadores, medios de verificación y supuestos para cada nivel de objetivos.

Indicadores de supuestos y riesgos: probabilidades de ocurrencia de los supuestos e impacto. Determinar medidas de mitigación o contingencia según calificación del riesgo.

El marco lógico brinda una visión integral de todo el proyecto y la relación lógica entre los distintos objetivos y resultados esperados. La matriz permite comunicar fácilmente

incluso a personas no técnicas en qué consiste el proyecto, aparte de facilitar el monitoreo y la evaluación posterior para verificar cumplimiento. Como limitaciones, expertos mencionan que en la práctica es muy habitual que la matriz no logre construirse adecuadamente o que luego no se utilice como guía para seguimiento. También se critica que la herramienta no facilita la incorporación de lecciones aprendidas sobre la marcha.

Como se ha revisado, existen diversas metodologías y herramientas para implementar una adecuada gestión de proyectos. Cada una tiene fortalezas y debilidades, por lo que la recomendación de los expertos es evaluar cuál o cuáles opciones se adaptan mejor al contexto particular de la organización y el tipo de proyectos que se abordan (UK Government, 2020). Lo más aconsejable es tomar lo mejor de las distintas propuestas y evitar seguir las guías al pie de la letra de manera rígida. Los proyectos son dinámicos por naturaleza, por lo que las metodologías de gestión deben tener la flexibilidad para ajustarse sobre la marcha (Montero, et al., 2020). Algunos consejos prácticos son aprovechar procedimientos o plantillas ya utilizados por la empresa para crear sinergias; adaptar los lenguajes técnicos a la terminología del negocio; automatizar procesos mediante *software* especializado en gestión de proyectos para reducir esfuerzos, y capacitar de forma constante a los equipos, pues constituye la clave del éxito más allá de la metodología seleccionada (Nadal, 2017).

DISEÑO METODOLÓGICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se manejará bajo un enfoque cuantitativo, ya que según Hernández et al. (2014), estos estudios permiten el análisis estadístico de los datos recolectados logrando una visión objetiva sobre la temática. El diseño metodológico propuesto permitirá obtener una comprensión más profunda de la implementación de la EC en la industria de la construcción y formular un marco de referencia para la implementación de un modelo de gestión sostenible en la ciudad de Ocaña.

Por otro lado, se manejará un diseño descriptivo de corte transversal, en la medida que permite describir detalladamente las características, propiedades y componentes de un fenómeno o situación particular. Se centra en recolectar información precisa y sistemática sobre el estado actual de un tema de estudio, sin realizar manipulaciones o intervenciones significativas en las variables (Hernández et al., 2014). Esta metodología busca proporcionar una representación fiel y completa de los hechos, eventos o procesos bajo investigación.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La “población se refiere al conjunto completo de entidades o elementos que comparten una característica común y que son de interés para el estudio” (Arias, 2016). En este caso, la población estaría compuesta por todas las empresas constructoras que operan en el sector de la construcción y que podrían estar involucradas en la implementación de prácticas de Economía Circular en sus proyectos, que de acuerdo con los registros de la Cámara de Comercio de Ocaña ascienden a 20 empresas constructoras.

La muestra es un subconjunto seleccionado de la población que se elige para representar y estudiar de manera más manejable y eficiente en el marco de la investigación (Otzen & Manterola, 2017). En el contexto de la presente investigación, por ser solamente 20 empresas constructoras en la ciudad de Ocaña, se trabajará con el 100% de la población.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Los instrumentos de recolección de información permitirán recopilar datos necesarios para caracterizar los residuos generados por el sector de la construcción en la ciudad de Ocaña, evaluar el ciclo de vida de los productos y procesos involucrados, y analizar las prácticas de sostenibilidad y Economía Circular en la gestión de proyectos de construcción. A continuación, se describen los instrumentos pertinentes:

Cuestionario. Se aplicará un cuestionario para recopilar datos e información sobre el uso de materiales, los procesos de construcción y la gestión de residuos. Esto permitirá obtener información sobre las prácticas de sostenibilidad y Economía Circular implementadas en la gestión de proyectos. En esta investigación, para la construcción

de la encuesta se empleará la escala de Likert (ver Anexo A) y obtener así una apreciación cuantitativa que permita caracterizar las prácticas de Economía Circular en el sector.

El instrumento construido consta de 26 preguntas, el cual cumple con el criterio de validez. Para Hernández et al. (2014) “un instrumento debe cumplir con una serie de características para su validación, entre las cuales que mida realmente lo que se pretende medir y no otra cosa, ser adecuado al problema de estudio, discriminar bien los datos y omitir datos no significativos”. En este sentido se contó con dos expertos en el área que aportaron sugerencias para mejorar el instrumento, tanto en redacción de algunas preguntas como en la inclusión de otros ítems que permitiera responder a los objetivos planteados.

Análisis documental. Se hará una revisión de artículos científicos, documentos técnicos, informes y normativas relacionadas con la construcción y la gestión de residuos en Ocaña y en Colombia en general. Esto proporcionará información contextual y datos relevantes para caracterizar los aspectos normativos y técnicos en el sector de la construcción.

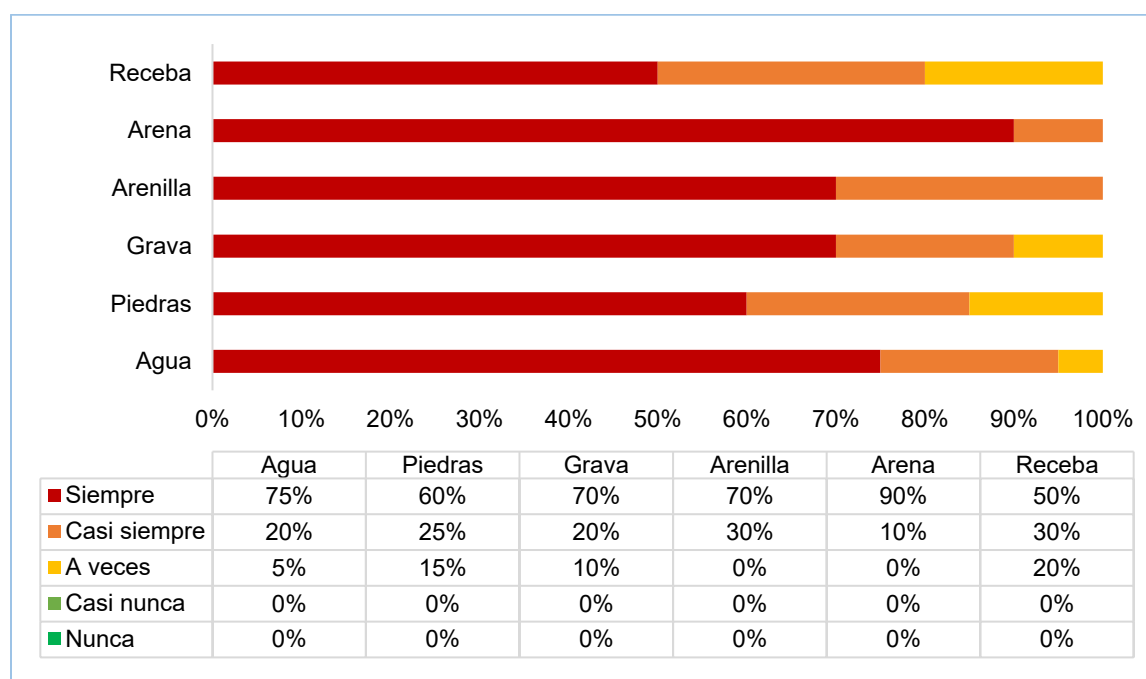
Observación. La observación directa en los sitios de construcción proporcionará datos sobre los procesos constructivos, el manejo de materiales y la gestión de residuos en tiempo real. Esto contribuye a complementar la información obtenida de otras fuentes y brindar una comprensión más completa de las prácticas en el terreno.

Los resultados del cuestionario o encuesta serán analizados de manera descriptiva mediante el empleo de la herramienta de Office Excel y sus funciones financieras, con el fin de facilitar la comprensión y análisis de gráficos y tablas.

DIAGNÓSTICO ECONOMÍA LINEAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN LA CIUDAD DE OCAÑA

En el presente apartado se realiza un análisis de los resultados obtenidos por la investigadora a partir de la aplicación del instrumento de recolección de información que da respuesta al primer objetivo planteado. En primera instancia, se llevó a cabo un análisis de las prácticas desarrolladas por las empresas o proyectos del sector relacionados con la Economía Lineal en el sector construcción de la ciudad de Ocaña, mediante el análisis del ciclo de vida a lo largo de la cadena de suministro. En consonancia con lo anterior, a continuación, se describen los resultados de las respuestas suministradas por diversos actores a cargo de los proyectos de construcción de vivienda y su respectivo análisis.

Figura 15. Uso de materiales en grandes cantidades para el desarrollo de proyectos de construcción

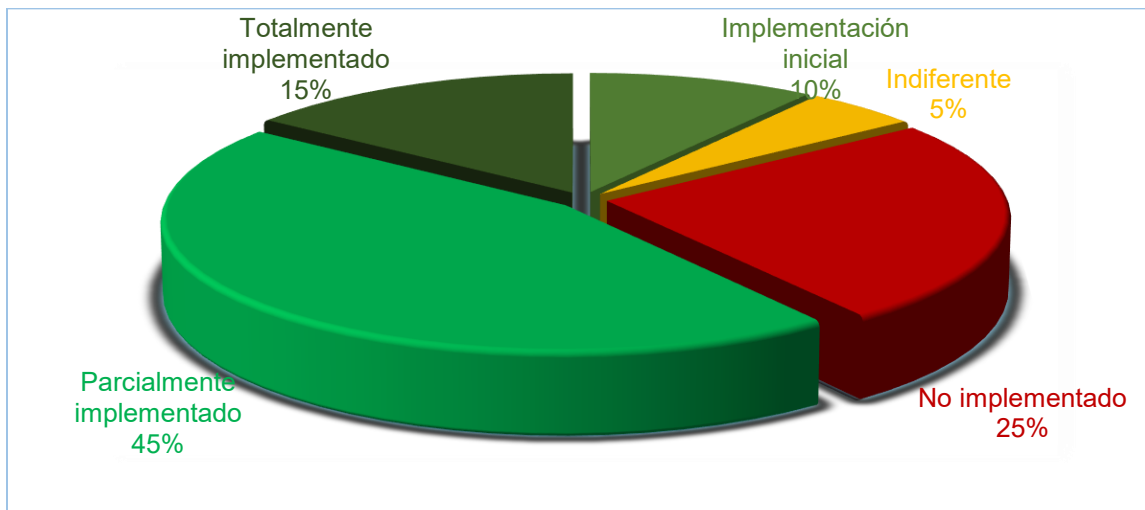


Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la Economía Lineal en las empresas del sector construcción de la ciudad de Ocaña se hizo evidente que el porcentaje de empresas que manifiesta emplear grandes cantidades de agua, piedras, grava, arenilla, arena y receba, siempre o casi siempre en sus proyectos oscila entre el 80% y 100%. Sin embargo, los materiales con mayor índice de uso en el desarrollo de los proyectos de construcción son la arena, el agua, la grava y la arenilla, que desde la voz de los actores queda en evidencia son materiales infaltables en el desarrollo de sus actividades productivas. En ese sentido, es necesario cambiar los métodos de construcción para que los porcentajes de recursos naturales no renovables empleados disminuyan y, en consonancia, también el impacto negativo generado en el medio ambiente durante su extracción. Si bien la arena y arenilla son los

dos materiales con mayor utilización en los proyectos, la transición hacia la Economía Circular requiere que se apropie la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i); puesto que reemplazar estos materiales resulta complejo y se requieren alternativas que permitan la reducción progresiva de dichos materiales sin afectar la competitividad de las empresas en el mercado local.

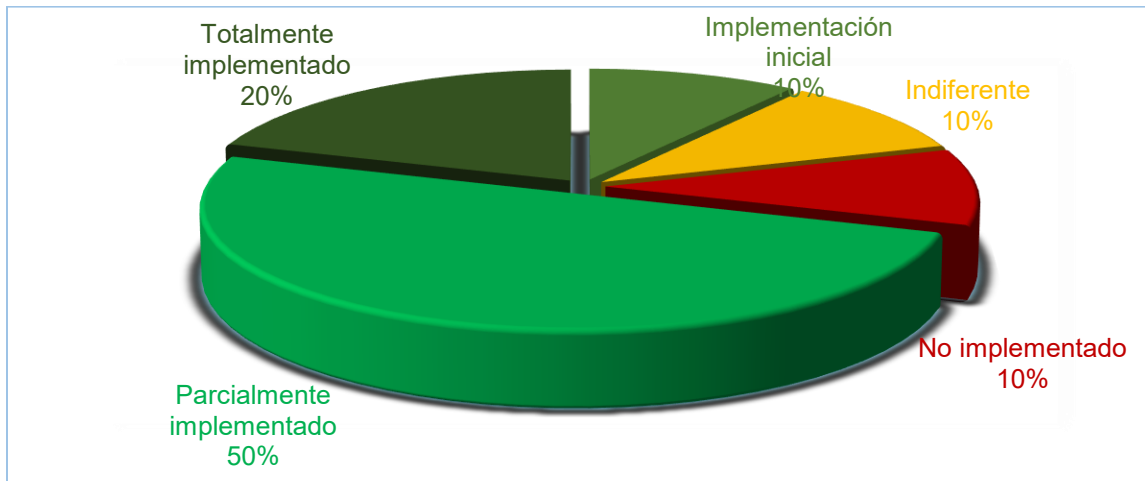
Figura 16. Reciclaje de material residual en los proyectos de construcción



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 17, los resultados de la investigación demuestran que en las empresas y/o proyectos de construcción de la ciudad de Ocaña tan solo el 15% de los participantes de la muestra tienen totalmente implementadas políticas de reciclaje de residuos; pero también existe un compromiso por su apropiación en el 55% de la muestra, que deja ver un implementación inicial o parcial de dicha práctica. Sin embargo, es necesario resaltar que un porcentaje considerable de los proyectos se muestran indiferentes ante la misma o simplemente no han implementado acciones relacionadas con esta práctica, lo cual se refleja en el 5% y 25% respectivamente de las respuestas proporcionadas por la muestra participante. Bajo esa perspectiva, se percibe cierto grado de conciencia ambiental transmitida a la ejecución de los proyectos, pero también cierta renuencia a la incorporación de prácticas circulares por un porcentaje considerable de los participantes.

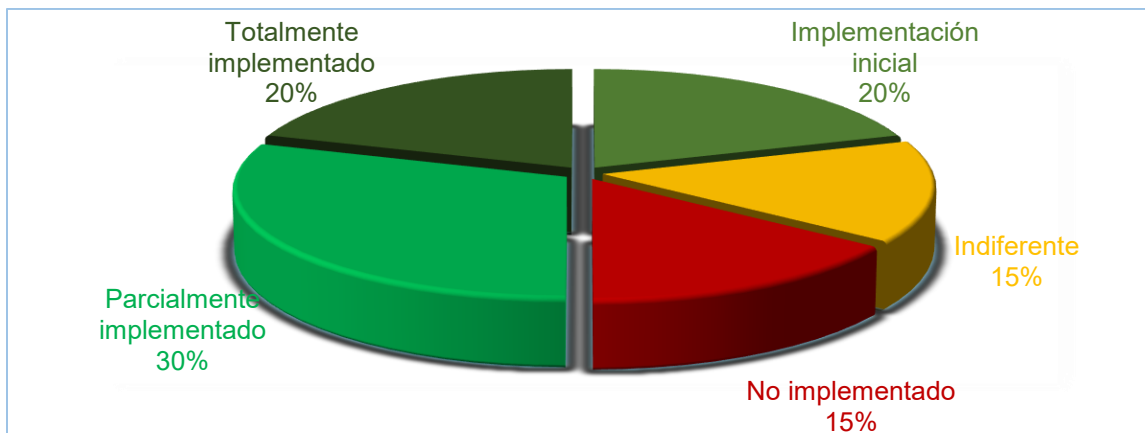
Figura 17. Reutilización de material residual en los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, es pertinente destacar el hecho de que el 80% de los participantes del estudio han manifestado que se encuentran adoptando prácticas relacionadas con la reutilización de algunos materiales residuales generados durante el desarrollo de los proyectos de construcción, de los cuales el 20% ya se encuentra totalmente implementado como parte de una política amigable con el medio ambiente. En ese sentido, un porcentaje inferior pero no menos representativo, equivalente al 20%, muestra una postura indiferente ante la implementación de este tipo de acciones circulares en sus proyectos o, simplemente, manifiesta que no han sido implementadas en la empresa constructora.

Figura 18. Reducción de material virgen o no renovable usado en los proyectos

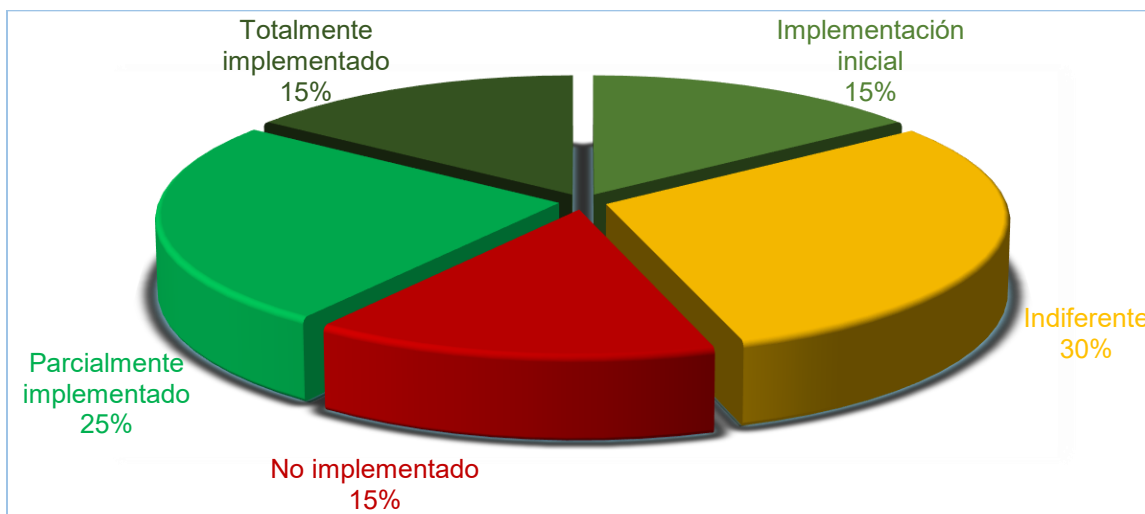


Fuente: Elaboración propia.

Un hecho que genera mayor preocupación y se relaciona directamente con las prácticas lineales de producción, resalta en el hecho de que pese a que se está trabajando por reducir la cantidad de material virgen o no renovable empleado en los proyectos de

construcción de la ciudad de Ocaña, reflejado en el 70% de la respuestas proporcionadas por la muestra participante y el hecho de que su implementación como práctica sea total en el 20% de las empresas y parcial en el 30%, también se hace evidente que la cantidad de empresas que no muestran una postura a favor de dicha iniciativa se incrementa con respecto a las preguntas anteriores, así como la cantidad de actores encuestados que manifestaron no contar con procedimientos o políticas que involucren la reducción del uso de materiales vírgenes y/o no renovables. Esto evidencia que existe cierta negativa por parte de los gestores de los proyectos de construcción, que en muchas ocasiones suele relacionarse con el desconocimiento que tienen sobre la calidad de materiales reciclados y/o reutilizados, por lo que su incorporación a los mismos resulta compleja.

Figura 19. Reemplazo de materiales no sostenibles en los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

En consonancia con los resultados de la figura anterior, en la Figura 20 se hace evidente que el porcentaje de empresas de la ciudad de Ocaña pertenecientes al sector que ha optado por reemplazar los materiales que no son sostenibles se reduce al 55% y aumentan la cantidad de constructoras que se muestran indiferentes ante tal práctica (30%) en un porcentaje significativo. Mientras tanto, el 15% de los participantes de la muestra coinciden en que no se ha implementado en el desarrollo de sus proyectos de construcción alguna acción relacionada con el reemplazo de materiales no sostenibles, lo que involucraría una transformación gradual pero total de los procesos que se llevan a cabo y la incorporación de nuevos materiales. Bajo esa perspectiva, se aprecia que la cantidad de proyectos de construcción que se rigen bajo los principios de la Economía Lineal en Ocaña con respecto a esta práctica en específico es significativa, ascendiendo al 45% de la muestra participante.

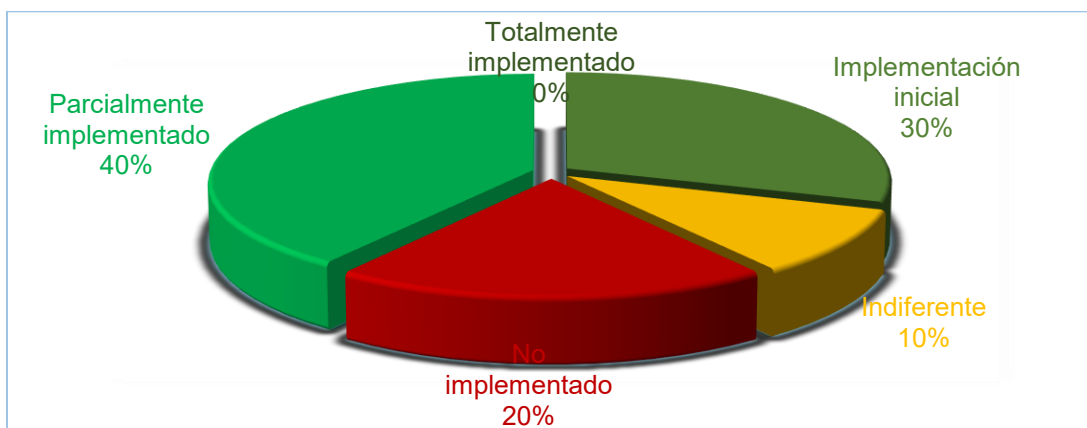
Figura 20. Recuperación de materiales usados en los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la recuperación de materiales usados, el proceso de implementación como práctica en el 70% de las empresas del sector es inicial o parcial, como se observa en la Figura 21. Sin embargo, no hay indicios acordes a las respuestas de los participantes de que se haya implementado como política totalmente; mientras que para el 10% resulta un aspecto indiferente y el 20% no ha implementado esta acción en ningún sentido dentro de los proyectos de construcción. Estos resultados dejan en evidencia factores positivos y de mejora, ya que el porcentaje de empresas que vienen adelantando acciones para recuperar los materiales empleados de alguna forma es considerablemente superior, aunque también el conformado por empresas que siguen adoptando prácticas lineales en la ejecución de los proyectos, de ahí que es necesario ahondar en las razones que motivan esa renuencia frente a las prácticas circulares en las empresas del sector.

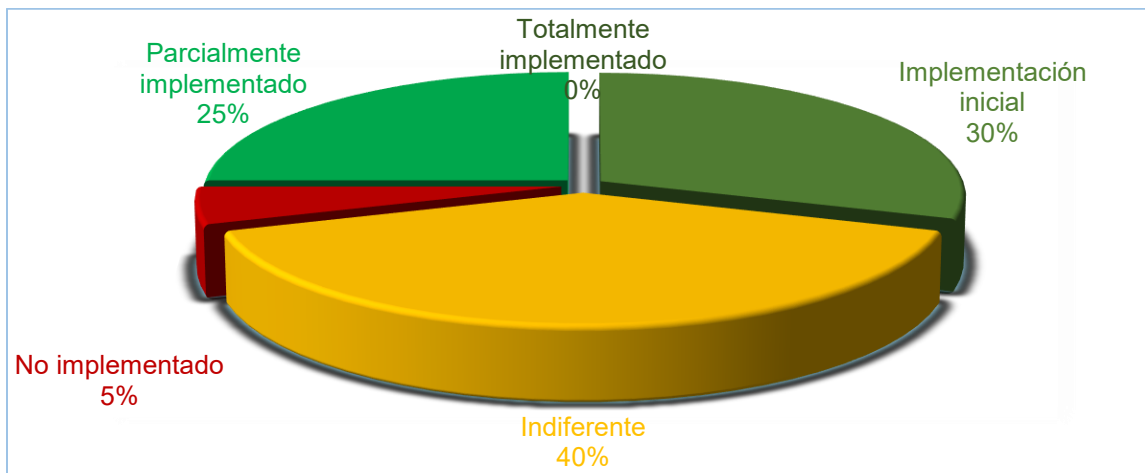
Figura 21. Reparación de productos para aumentar el ciclo de vida



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 22 se exponen los resultados relacionados con el grado de adopción de prácticas relacionadas con la reparación de productos con el fin de extender su ciclo de vida que, en contraste con lo que se pensaría, no existe ninguna empresa que haya manifestado tenerla en cuenta como práctica para cambiar la linealidad de sus proyectos. Aunque el 70% de los actores encuestados coincidió en contar con una incorporación inicial o parcial a sus procesos de construcción, el 20% no la ha implementado hasta la fecha y el 10% se mostró indiferente ante la misma observación.

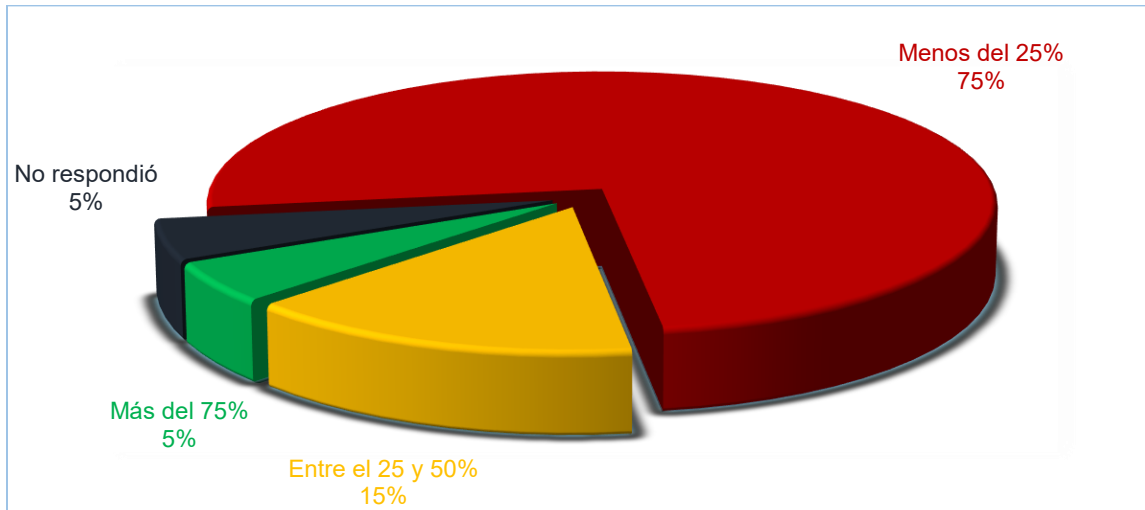
Figura 22. Rechazo de materiales no renovables o con bajo nivel de reciclaje



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, la Economía Lineal se refleja a lo largo de cada uno de los eslabones de la cadena de suministro, por lo cual se indagó sobre el proceso de incorporación de la práctica de rechazo de materiales que provienen de recursos no renovables o que son fabricados con niveles bajos de reciclaje. En esa medida, tan solo el 55% de las empresas del sector en la ciudad de Ocaña han iniciado o tienen parcialmente implementada dicha política que afecta o impacta directamente en su relación con los proveedores, mientras el 5% coincidió en no haberla incorporado a sus actividades en lo absoluto. Un aspecto de análisis interesante recae en el hecho de que el 40% de los participantes de la muestra se mostraron indiferentes ante tal cuestionamiento, lo que refleja que pese a que se están llevando a cabo diversas acciones expuestas anteriormente, la principal limitante evidenciada hasta el momento se relaciona con el hecho de que un porcentaje significativo de las empresas del sector no está dispuesta a alterar su relación o acuerdo con los proveedores con el fin de reducir la cantidad de material circular que es utilizado por los proyectos, lo que supone un reto al proceso de concientización y/o divulgación de las desventajas de dicha postura en el proceso de incorporación de la EC en el sector.

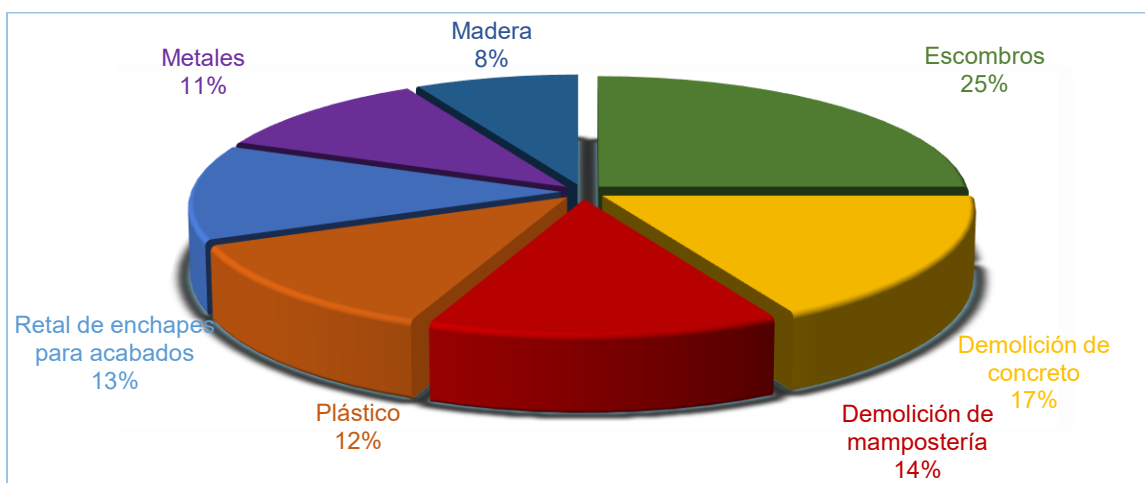
Figura 23. Porcentaje de materiales reciclados o reutilizados en los proyectos de construcción



Fuente: Elaboración propia.

Como se evidencia en las respuestas anteriores, los niveles de reciclaje o reutilización de residuos/materiales de los proyectos de construcción de la ciudad de Ocaña en el 75% de los casos no excede el 25% del material original. En ese sentido, pese a que se está trabajando por una implementación gradual de prácticas sostenibles aún se carece de estrategias sólidas que permitan un mayor aprovechamiento de los residuos generados por las actividades productivas del sector, de ahí que tan solo el 5% de las empresas objeto de estudio recicle o reutilice más del 75% de sus residuos, mientras el 25% de estas lo hace en niveles de aprovechamiento que oscilan entre el 25% y 50% del material empleado.

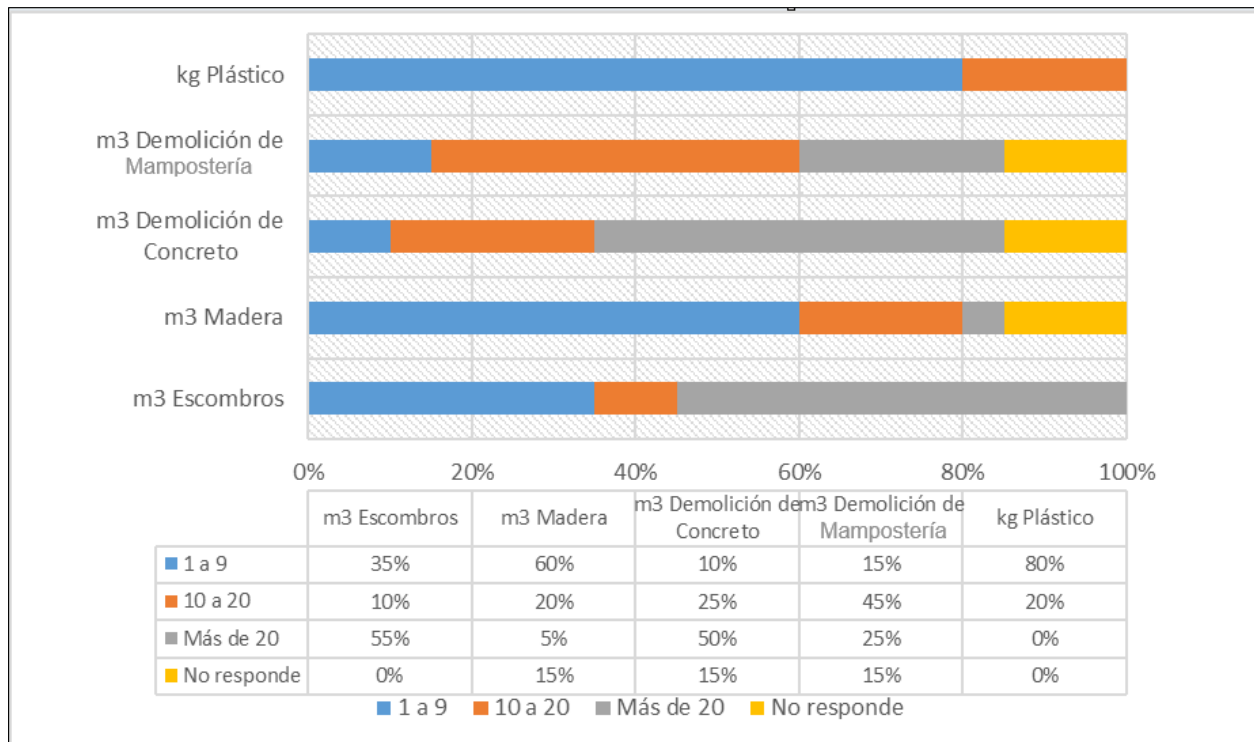
Figura 24. Tipo de residuos generados durante la ejecución de los proyectos de construcción



Fuente: Elaboración propia.

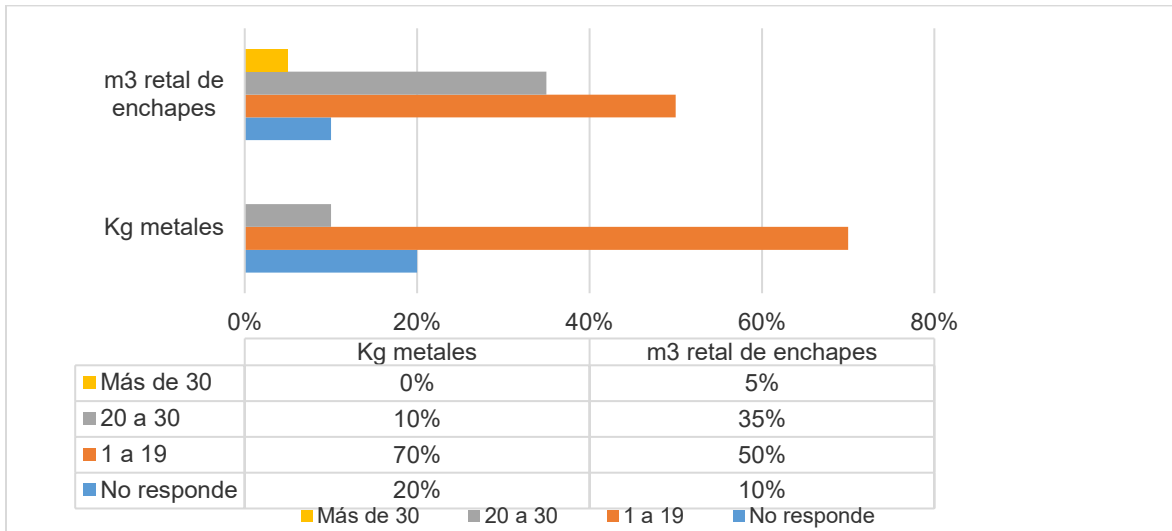
Bajo esa perspectiva, al analizar el tipo de residuos generados principalmente por los proyectos de construcción de la ciudad de Ocaña se evidencia que el 25% de los participantes del estudio coincidieron en que los escombros ocupan el primer lugar, seguido de los residuos de demolición de concreto (17%) y mampostería (14%). Del mismo modo, los residuos generados por actividades de enchapado (13%) y el plástico residual de embalaje o empaquetado de materiales (12%) representan porcentajes considerables en las respuestas obtenidas. Sin embargo, estos hallazgos presentan una oportunidad de mejora de los procesos y de incorporar las prácticas de EC en la reintroducción de dichos residuos a la cadena productiva, a través de su transformación, reciclaje o reutilización para nuevos proyectos de construcción. Del mismo modo, aunque en porcentajes inferiores, pero no menos importantes, los metales (11%) y la madera (8%) son considerados residuos de menor importancia, pero incorporando prácticas circulares pueden ser aprovechados por el mismo sector u otras industrias para la fabricación de nuevos productos, de ahí que se resalte que todos los residuos mencionados en la Figura 25 tienen un segundo uso dentro del mercado.

Figura 25. Cantidad de residuos de construcción generados semanalmente



Fuente: Elaboración propia.

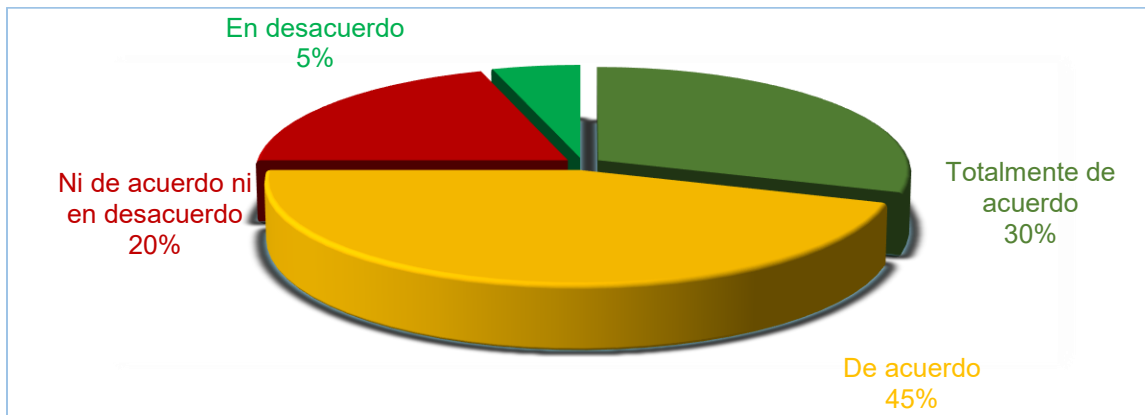
Figura 26. Cantidad de metales y retal de enchapes generados semanalmente en los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

Como se refleja en las Figuras 26 y 27, durante la cuantificación promediada de los niveles de residuos de construcción indicada por los participantes del estudio se pudo establecer que actividades como la demolición de concreto generan más de 20 m³ de residuos en el 50% de los casos; seguido de los residuos de demolición de mampostería que generan más de 10 m³ en el 70% de los casos y los escombros con niveles de generación de residuos similares. En la Figura 27 se aprecia que existen más de 20 m³ de residuos de retal de enchapes por semana y que los kilogramos de metal en el 70% de las empresas oscilan entre 1 a 19 kilogramos. Pese a que se evidencia que los niveles de generación de residuos plásticos por semana en los proyectos de construcción de la ciudad de Ocaña no exceden los 20kg y los de madera los 20 m³, también se aprecia un desconocimiento de algunos encuestados sobre la cantidad de residuos generados semanalmente en el desarrollo de los proyectos, motivo por el cual los resultados presentan un sesgo de información y representa una oportunidad de mejora frente a la adopción de indicadores de sostenibilidad y medición de los mismos.

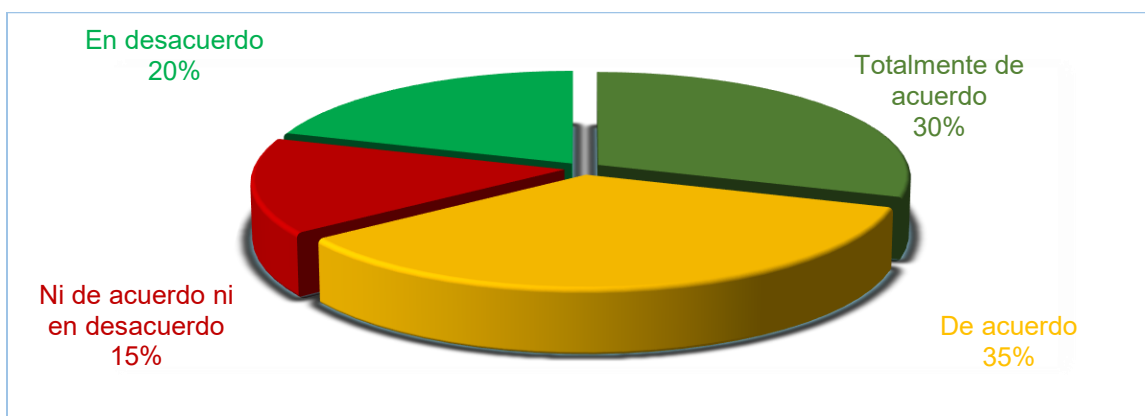
Figura 27. Los proyectos realizados en el sector generan impactos ambientales negativos



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se observa que existe un alto grado de concientización sobre los impactos ambientales generados por los proyectos de construcción, puesto que los resultados de la Figura 28 exponen que el 75% de los encuestados está de acuerdo total o parcialmente con dicha afirmación. Sin embargo, también se percibe una postura neutral por parte del 20% y en desacuerdo el 5% de los encuestados, lo que puede estar relacionado con el hecho de que se estén adelantando acciones de sostenibilidad ambiental en los procesos productivos de algunas empresas del sector, lo que desde su perspectiva influye en los impactos generados por sus actividades.

Figura 28. Implementación de políticas o programas para la gestión eficiente de residuos

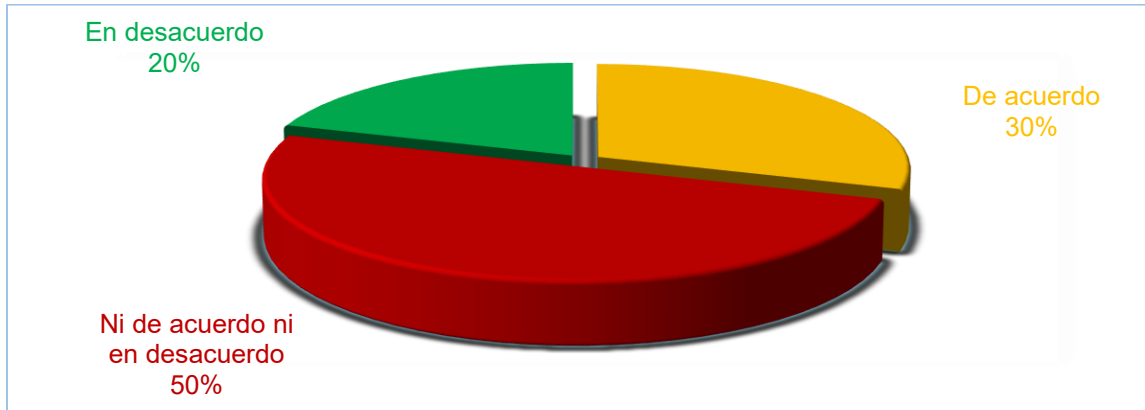


Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el 65% de los proyectos han adoptado prácticas de gestión eficiente de residuos como parte de las políticas o programas de las empresas constructoras, representando indicadores positivos del proceso de incorporación de la circularidad en las actividades del sector. En contraste, como se evidencia en la Figura 29, el 20% de las empresas del sector no ha apropiado la gestión de residuos como una estrategia para

reducir los impactos ambientales generados por la edificación o demolición, mientras el 15% de los participantes no mostró una postura a favor o en contra de tal afirmación, indicando cierta ignorancia sobre las prácticas que al respecto se están llevando a cabo en sus proyectos.

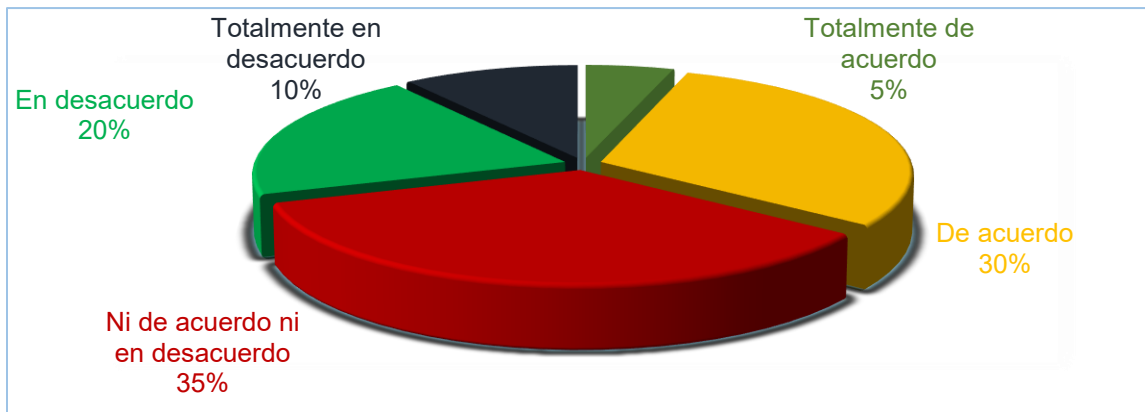
Figura 29. Se considera el uso de materiales sostenibles en el diseño de proyectos



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se ha observado en las preguntas del cuestionario analizadas anteriormente, en la Figura 30 queda en evidencia el hecho de que tan solo 30% de los encuestados participantes del estudio manifiestan que el uso de materiales sostenibles es tenido en cuenta durante la fase de diseño de los proyectos de construcción, lo cual responde al momento de transición prematura en que se encuentran las empresas del sector. Bajo esa perspectiva, el 70% de las empresas no tomaba a consideración este aspecto al momento de aplicar el instrumento de recolección de información, lo que supone nuevas oportunidades de mejora y una necesidad de adoptar lineamientos o rutas para la incorporación de prácticas circulares desde la formulación hasta la ejecución de los proyectos.

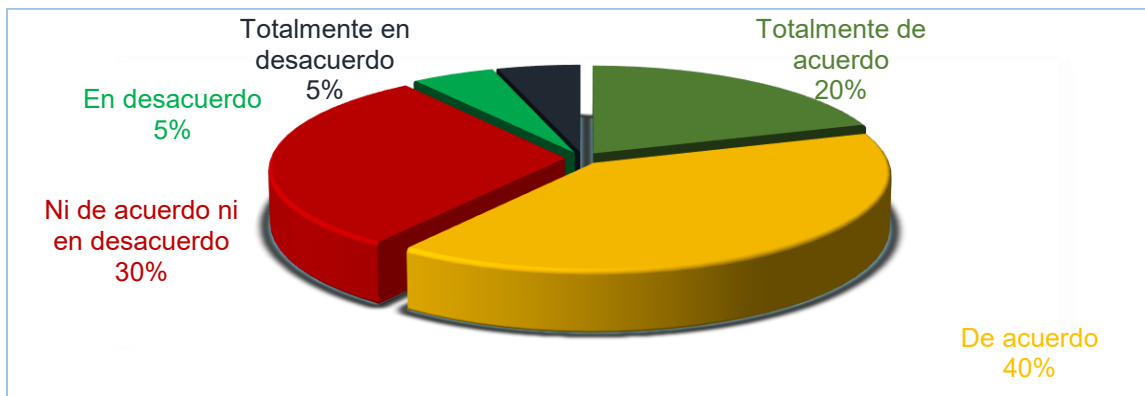
Figura 30. Cuenta con Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los materiales



Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, en la Figura 31 se observa que el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), una herramienta transcendental para estudiar los impactos generados por los materiales sea vírgenes o reciclados, a lo largo de toda su vida útil, es apenas empleado por el 35% de los participantes de la muestra. Mientras tanto, el 35% demuestra que existen vacíos de información en el desarrollo de proyectos con respecto a la sostenibilidad de los materiales empleados al mostrar una postura neutral, y en desacuerdo, parcial o total del 30% de la muestra.

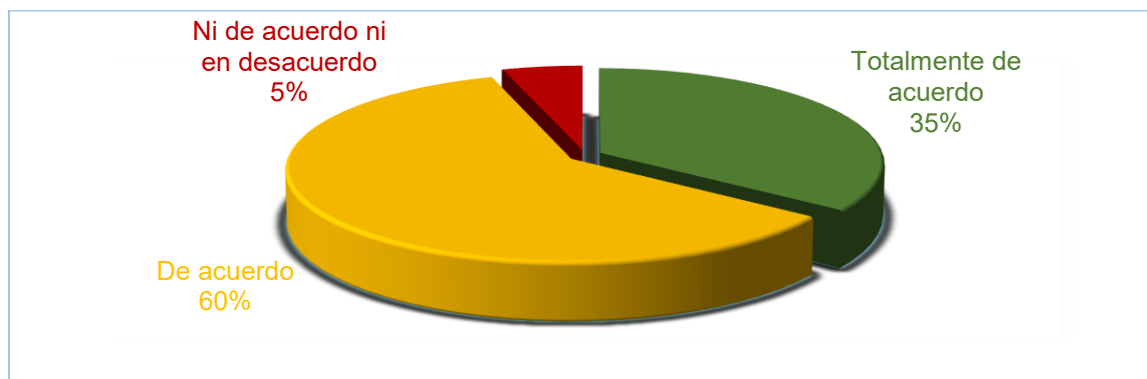
Figura 31. Prácticas para la reutilización de materiales de construcción



Fuente: Elaboración propia.

Anteriormente se analizaba el hecho de que se contara con políticas o programas para el reciclaje y/o reutilización de residuos, evidenciando un panorama incipiente en el interior de las empresas constructoras. Sin embargo, pese a que no existen lineamientos tan claros en el interior de las organizaciones objeto de estudio, la Figura 32 hace evidente que en el 60% de los casos se llevan a cabo prácticas para extender lo máximo posible la permanencia de los materiales en la cadena productiva a través de la reutilización de los mismos. En contraste, tan solo el 10% manifestó que no se llevan a cabo prácticas de dicha índole durante la ejecución de los proyectos de construcción y el 30% adicional se mostró indiferente ante tal afirmación, lo cual expone que se debe ahondar un poco más con los colaboradores o empleados vinculados a los proyectos, ya que estos pueden tener un mayor conocimiento de las prácticas que en el tema se están adelantando.

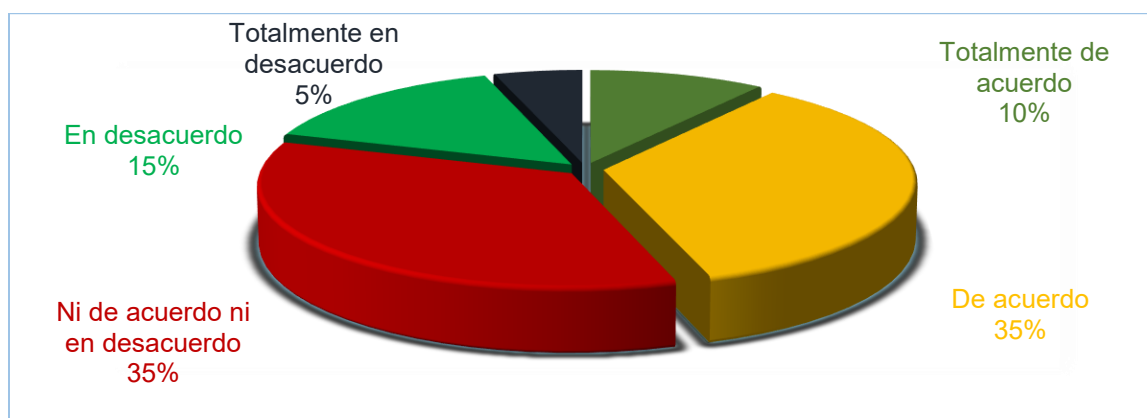
Figura 32. Se trabaja arduamente en la reducción de los desperdicios de materiales de construcción



Fuente: Elaboración propia.

Un aspecto para destacar estriba en que el 95% de los actores encuestados en el desarrollo de la presente investigación coincidieron en que se está trabajando arduamente en la reducción de los niveles de desperdicios utilizados, mientras que tan solo el 5% de estos mostró una postura neutral al respecto. Esto demuestra que existe iniciativa y disposición por aportar en la transición hacia la circularidad.

Figura 33. Se promueve la EC entre los actores de la cadena de suministro

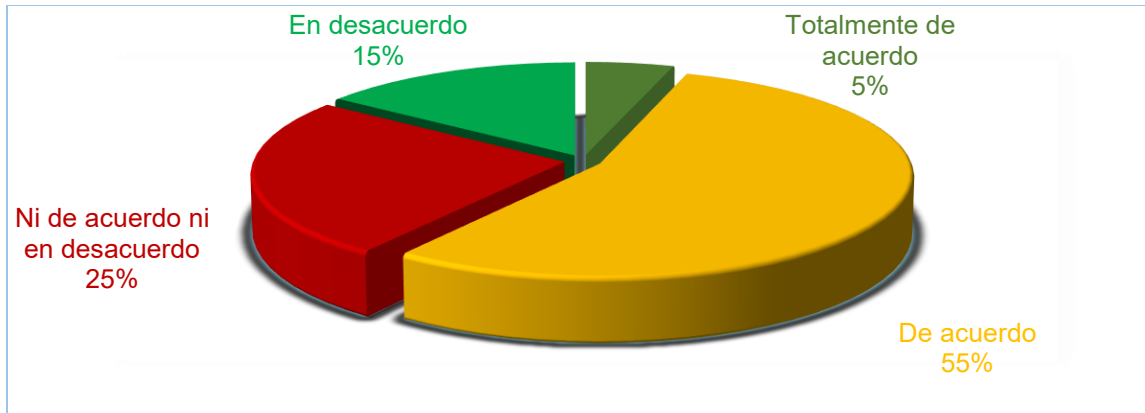


Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las concepciones sobre el fomento de prácticas de EC entre los actores que hacen parte de la cadena de suministro muestran posturas diversas. Esto se ve reflejado en las respuestas de los involucrados expuestas en la Figura 34, en la que se observa que el 45% de los participantes del estudio manifiestan estar de acuerdo con tal afirmación, las respuestas contradictorias ascienden al 20%. Del mismo modo, el 35% restante no muestra claridad alguna sobre las acciones que se están llevando a cabo para fomentar la responsabilidad de cada de los eslabones de la cadena de suministro. Estos hallazgos suponen un reto importante, en la medida que se requiere de la sinergia de todos los involucrados para lograr una transición oportuna hacia la EC; pero también se debe hacer un análisis minucioso sobre las posturas de cada uno de ellos y determinar

el grado de aceptación de las prácticas circulares en cada una de esas instancias, como una oportunidad de estudio futura.

Figura 34. Se considera el desmontaje y reutilización en el diseño de proyectos

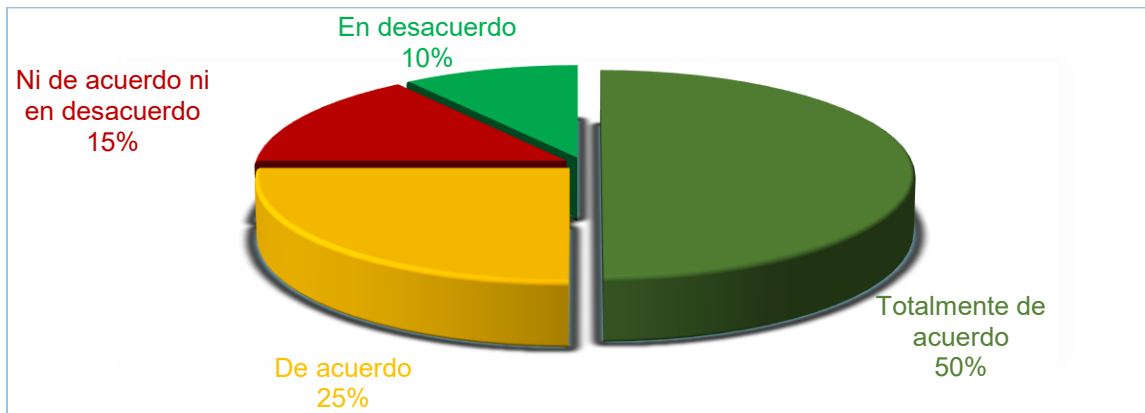


Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a las acciones de desmontaje y reutilización en el diseño de proyectos, se evidencia que para el 60% de los casos es una acción tenida en cuenta. Esto guarda relación con el hecho de que el índice de metales y madera generado durante la ejecución de proyectos de construcción en la ciudad sea tan bajo, ya que, según los actores involucrados, se toma en cuenta los materiales que pueden ser aprovechables para nuevos proyectos en lo que respecta a tubería eléctrica, varillas para cimentación, madera para construcción de placas y vigas de concreto, entre otros. Sin embargo, los resultados de la Figura 35, también demuestran que el sesgo de información por parte de los encuestados sigue siendo un impedimento para conocer la realidad sobre el proceso de adaptación a los principios de la EC, puesto que algunos de los participantes de la investigación no reflejan claridad sobre las prácticas relacionadas.

Por otro lado, para el 15% de los participantes el desmontaje y reutilización son variables que son tenidas en cuenta durante el diseño de proyectos de construcción que lidera o de los que ha hecho parte. Estos hallazgos arrojan luz sobre las buenas prácticas que están llevando a cabo algunas empresas del sector en la ciudad de Ocaña, pero también de las oportunidades de mejora que pueden aprovechar aquellas que aún no dan paso a la transición hacia la circularidad.

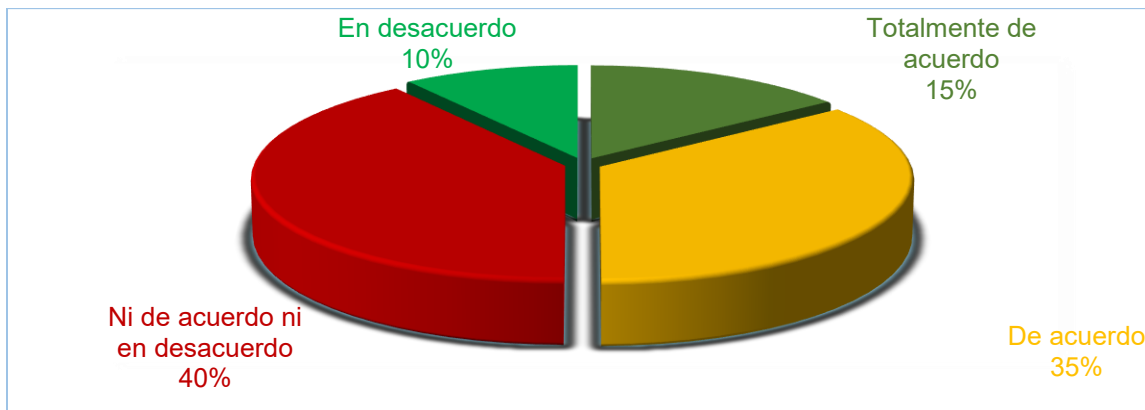
Figura 35. Los proyectos de construcción están comprometidos con la reducción de emisiones de GEI



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos expuestos en la Figura 36, el 75% de los proyectos de construcción de la ciudad de Ocaña que participaron del estudio afirmaron mostrar un alto grado de compromiso con la reducción de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) generados por sus actividades. Sin embargo, existe un porcentaje equivalente al 15% de la muestra que no reflejó claridad con respecto a las acciones que se han implementado en su empresa para reducir la huella ambiental generada en la atmósfera, y el 10% restante coincidió en que este aspecto no se tiene en cuenta.

Figura 36. En los proyectos se aplican tecnologías de eficiencia energética

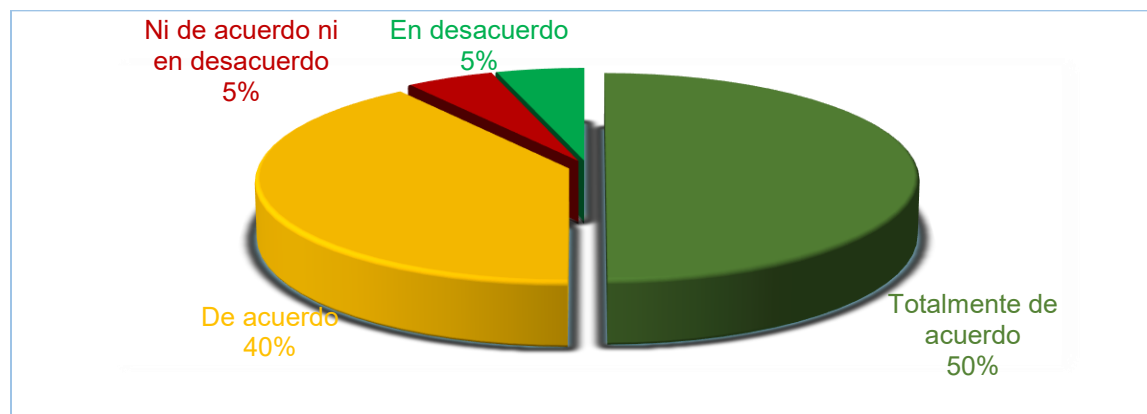


Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la eficiencia energética, tan solo el 50% de los actores encuestados indicaron haber implementado tecnologías que contribuyen a la reducción de la huella ambiental en ese sentido. En contraste, el 40% mostró una postura neutral al respecto, lo que deja en evidencia desconocimiento o renuencia frente a la pregunta realizada por la investigadora. Del mismo modo, tan solo el 10% de los involucrados afirmó estar en desacuerdo con el hecho de que se hayan aplicado tecnologías para incrementar la

eficiencia energética de los proyectos de construcción en la ciudad de Ocaña. Bajo esa perspectiva, aunque se percibe un panorama prometedor para la incorporación de la EC en las empresas del sector, también existe cierta negativa a entregar información clara con respecto a las acciones sostenibles que se están llevando a cabo, o carencia de prácticas ambientalmente responsables.

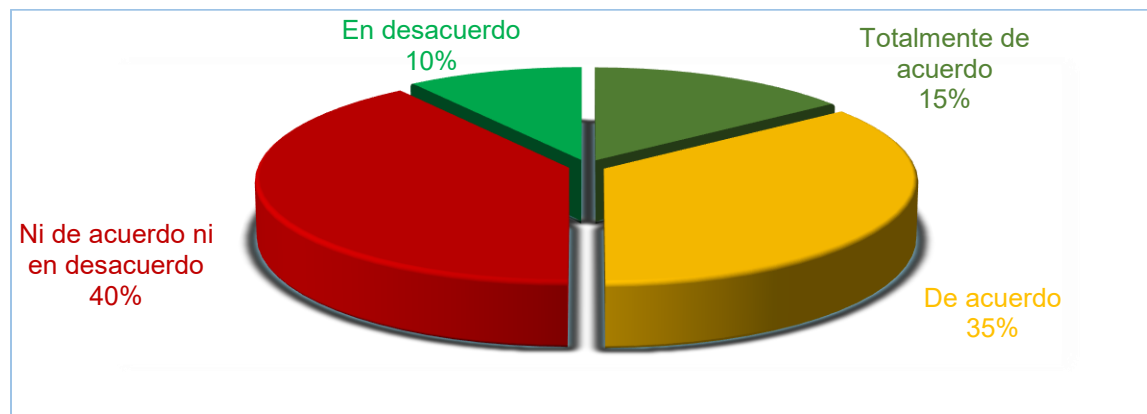
Figura 37. En los proyectos de construcción se usa el agua responsablemente



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el agua fue uno de los recursos naturales que mayor uso indicaron los encuestados darle dentro de los proyectos de construcción y resulta pertinente destacar que, de acuerdo con los resultados expuestos en la Figura 38, el 90% de los encuestados estuvo de acuerdo total o parcialmente en que se hace una gestión responsable del agua. Del mismo modo, también se hace evidente que para el 5% de la muestra existen algunas prácticas que los llevan a estar en contradicción y otro 5% se mostró neutral con tal afirmación. Estos resultados arrojan claridad sobre el grado de importancia que reviste el uso de recursos naturales en el desarrollo de actividades productivas, dejando evidencia de una postura de compromiso frente a la sostenibilidad ambiental.

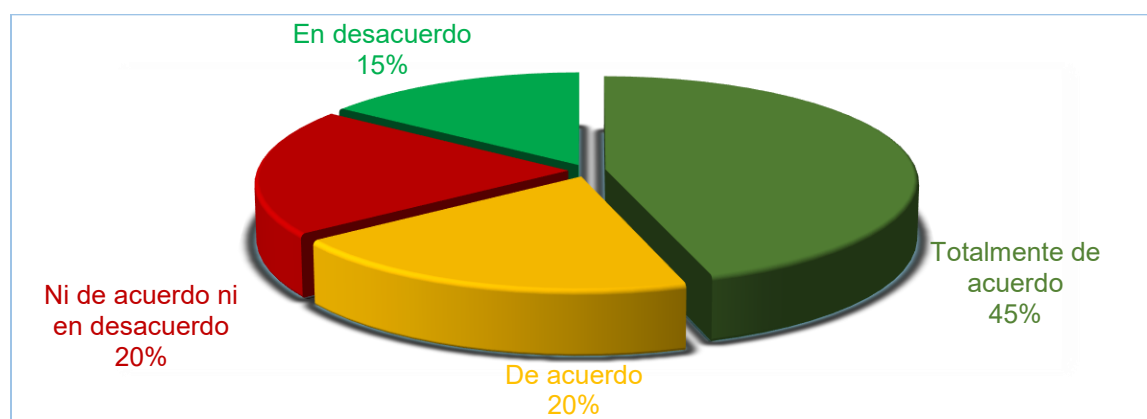
Figura 38. Se promueve la adopción de energías renovables en los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la adopción de energías renovables durante la ejecución de los proyectos, en la Figura 39 se observan opiniones divididas, aunque con cierta tendencia positiva del 50% de los participantes de la muestra, quienes tienen una percepción positiva en el uso de las mismas. Sin embargo, en un caso similar a la adopción de tecnologías de eficiencia energética, el 40% de los encuestados afirmaron no estar a favor o en contra de dicha práctica y el 10% se mostró en desacuerdo, lo que abre una ventana de oportunidad para nuevas investigaciones en las que se pueda ahondar sobre los motivos financieros, culturales, perceptivos o cognitivos que conllevan a adoptar una postura negativa frente a las prácticas sostenibles.

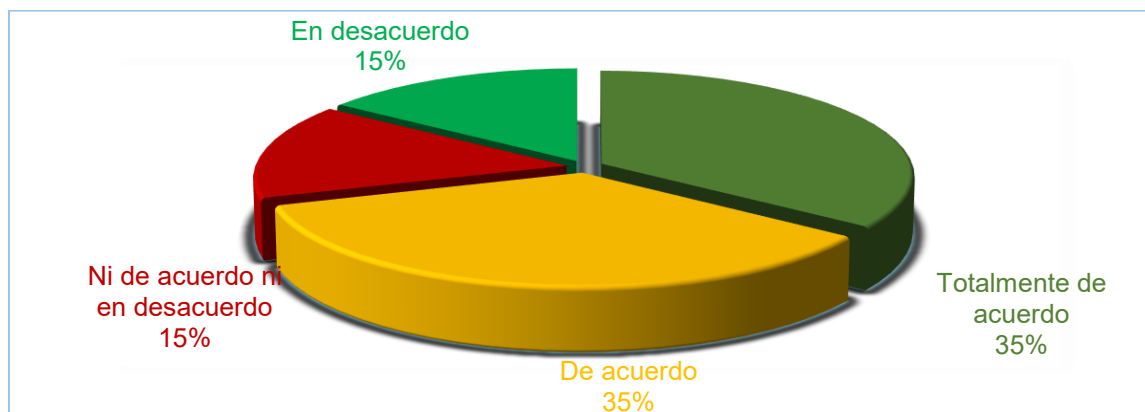
Figura 39. Se reutilizan las aguas lluvias en otras actividades de los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en la Figura 40 queda reflejado lo expuesto anteriormente con respecto al uso responsable del agua en los proyectos de construcción de la ciudad de Ocaña, ya que el 65% de los participantes del estudio afirmaron reutilizar las aguas lluvias en el desarrollo de actividades secundarias. Esto demuestra que las empresas del sector se esfuerzan por optimizar sus procesos, reduciendo el costo operativo de sus actividades y el impacto generado en el medio ambiente durante la ejecución de los proyectos de construcción. Sin embargo, aún se perciben oportunidades de mejora en algunos casos, que requieren de la orientación adecuada y la socialización de los ejemplos de éxito de las empresas que están llevando a cabo una transición hacia la sostenibilidad de forma gradual, contribuyendo a la estandarización de los procesos y una sinergia que fomente la competitividad del sector.

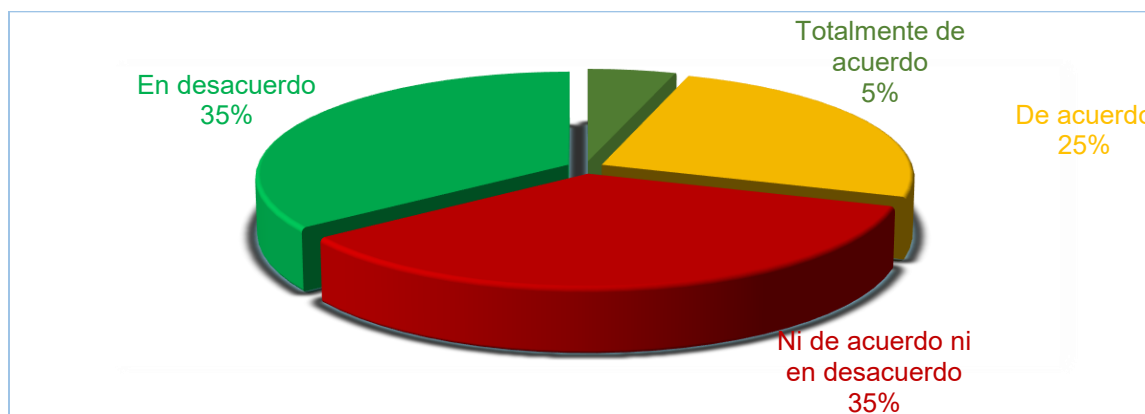
Figura 40. Se realiza separación de residuos en los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados observados en la Figura 41, los indicadores del sector en cuanto a la gestión de residuos en los proyectos desarrollados son positivos en el 70% de los casos, ya que tan solo el 15% de los actores involucrados en el estudio indicaron no realizar separación de residuos. En ese sentido, es necesario indagar a profundidad si cuentan con protocolos, políticas y/o lineamientos previamente definidos para la gestión adecuada de residuos o simplemente se realiza como una actividad ordinaria, esto con el fin de evaluar la efectividad de dichas acciones en próximas investigaciones.

Figura 41. Se potencia la compra de productos que incluyen materiales reciclados

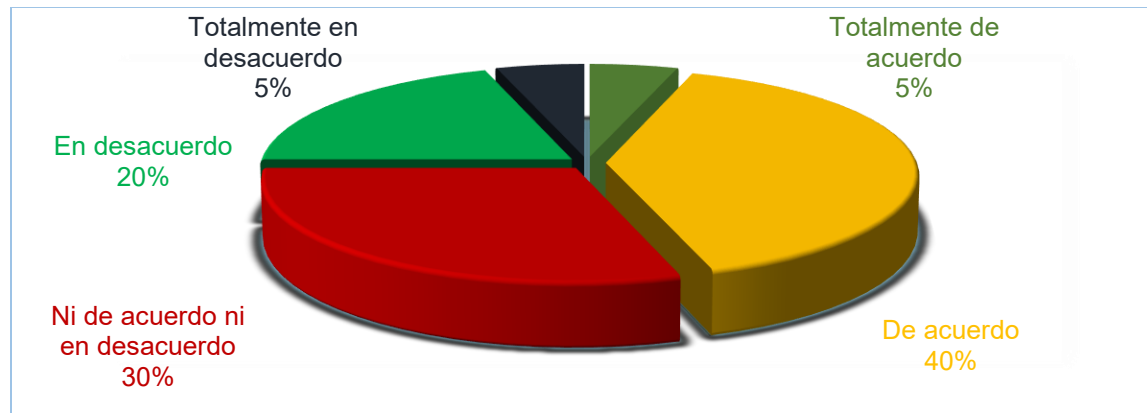


Fuente: Elaboración propia.

Un aspecto que guarda relación con el hecho de que no se fomenten las prácticas circulares a lo largo de la cadena de suministro es el hecho de que tan solo el 30% de los encuestados manifestara estar de acuerdo total o parcialmente en que desde la empresa se potencia o fomenta la compra de materiales/productos que incluyen reciclaje como práctica de EC, como se observa en la Figura 42. En ese sentido, este porcentaje es un indicador de que no se está fomentando la aceptación de responsabilidades sostenibles por parte de las constructoras, por ende, la transición en los demás

eslabones resulta incipiente y requiere de una mayor sinergia interinstitucional que permita extender la vida útil de los residuos o materiales.

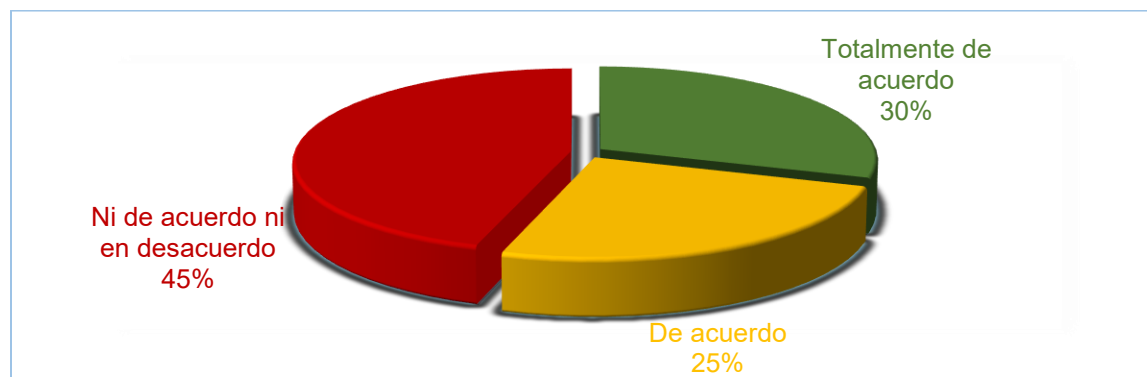
Figura 42. Cuentan con indicadores de sostenibilidad en los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 43, aunque existe un gran porcentaje de participantes que afirmaron que en las empresas constructoras de la ciudad de Ocaña se lleva a cabo un seguimiento constante de los indicadores de sostenibilidad, es cierto que este no es superior al 45%. Por tal motivo, resulta interesante apreciar que el 25% se muestra en contraposición con dicha afirmación y el 30% es neutral, lo que hace visible la necesidad de diseñar una guía que incorpore indicadores estandarizados para que todas las empresas del sector puedan recopilar información y evaluar su competitividad en términos de sostenibilidad ambiental como valor agregado a sus actividades.

Figura 43. El uso de prácticas circulares permite la reducción de costos

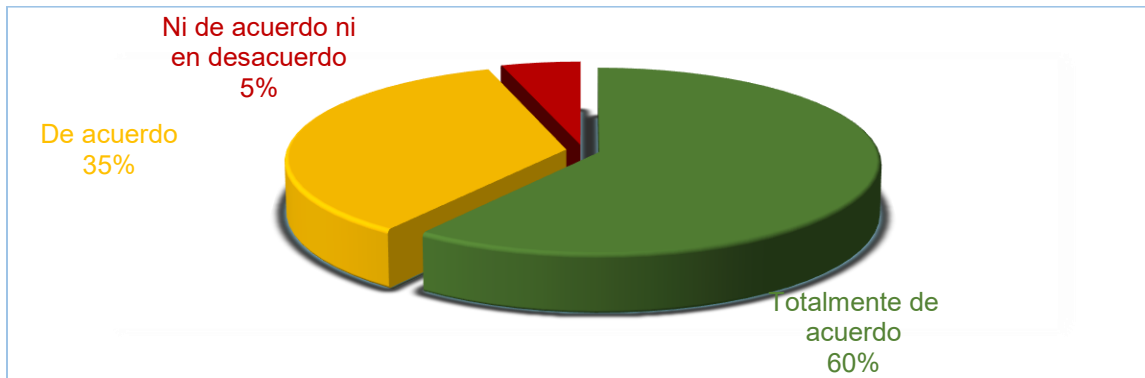


Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, pese a que se evidencia que los beneficios económicos son percibidos por el 55% de los participantes del estudio que se mostraron de acuerdo total o parcialmente con el hecho de que la EC contribuye a la reducción de los costos de los proyectos de construcción, también se evidencia renuencia o desconocimiento por parte de un

porcentaje considerable de la muestra equivalente al 45%, quienes indicaron ser neutrales al respecto. En ese sentido, resulta imperativo indagar a profundidad las razones que han llevado a los involucrados en el estudio a mostrarse indiferentes frente a las interrogantes planteadas en el presente estudio.

Figura 44. Se obtienen recursos naturales de las empresas locales autorizadas



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, pareció pertinente indagar si las empresas que conforman el sector construcción en la ciudad de Ocaña respetan los principios de la Economía Circular al adquirir recursos no renovables exclusivamente de las empresas locales que están autorizadas para la explotación de estos, a saber, la Trituradora Guayabal y Concretos y trituradores del Algodonal. Bajo esa perspectiva, el 95% de los encuestados se mostró de acuerdo total o parcialmente, mientras que tan solo el 5% fue indiferente ante tal afirmación.

Con respecto al primer objetivo, el diagnóstico de la Economía Lineal en las empresas constructoras se llevó a cabo a través del análisis de diferentes variables, entre las que se encuentran: el reciclaje de materiales residuales, la reutilización de dichos residuos, la reducción de materiales vírgenes o no renovables, el reemplazo de materiales no sostenibles, la recuperación de materiales usados, la reparación de productos para extender su vida útil, el rechazo de materiales con bajos niveles de reciclabilidad y la medición de los niveles de utilización de recursos naturales como el agua, la grava, la arena, la piedra y otros.

En términos generales, los resultados del estudio dejan en evidencia que la Economía Lineal sigue siendo predominante en las prácticas productivas del sector construcción en la ciudad de Ocaña. Esto se ve reflejado en el hecho de que sólo el 15% de las empresas constructoras tiene implementadas políticas de reciclaje de manera completa, mientras que el 55% se encuentra en una fase inicial o parcial. Asimismo, la reutilización de materiales residuales, aunque presente en el 80% de las empresas, sólo se ha incorporado totalmente en el 20% de los casos.

Otro aspecto que denota la prevalencia de prácticas lineales es que el 30% de las constructoras no ha implementado acciones para reducir el uso de materiales vírgenes

o no renovables. Además, el 45% de las empresas no ha reemplazado los materiales no sostenibles ni promueve entre sus proveedores el uso de materiales con mayor contenido reciclado.

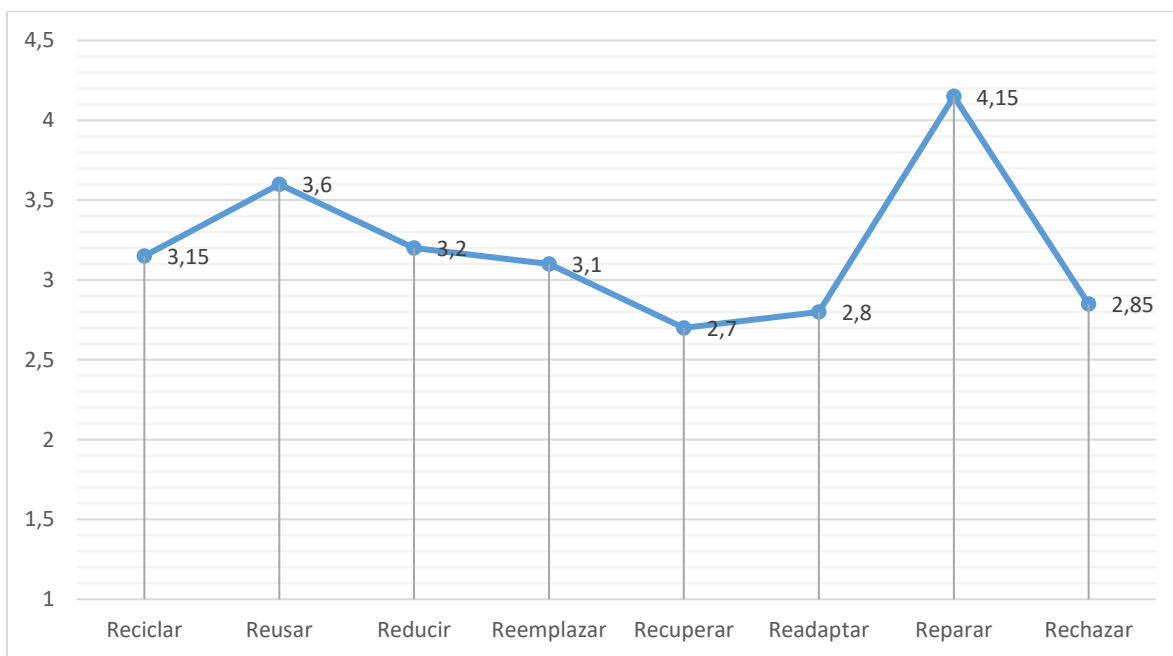
En cuanto al uso de recursos naturales, los resultados confirman un consumo excesivo de materiales como arena, grava, piedra y agua, donde al menos el 80% de las empresas constructoras afirma utilizarlos en grandes cantidades de forma regular en sus proyectos. Asimismo, no existen prácticas instauradas para la recuperación de materiales ya usados ni para reparar productos y extender su vida útil.

PRÁCTICAS DE SOSTENIBILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN OCAÑA

El análisis de los resultados obtenidos a partir de la aplicación del instrumento de recolección de información permitió cumplir con el segundo objetivo específico planteado en la investigación, direccionado a determinar las prácticas de sostenibilidad y Economía Circular que han sido incorporadas parcial o totalmente en la gestión de proyectos de construcción en la ciudad.

A continuación, se aprecian los resultados obtenidos en los principios de Economía Circular de las empresas del sector objeto de estudio

Figura 45. Principios de la Economía Circular



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Figura 46, son muy pocos los principios de la Economía Circular que tienen un promedio superior a 3.5 (reusar y reparar). En términos generales los resultados del estudio dejan en evidencia que en el sector objeto de estudio se desarrollan de manera parcial algunos de los principios de la Economía Circular.

En este sentido, algunos proyectos hacen evidentes prácticas de Economía Circular en el proceso de demolición pues realizan una separación selectiva de diversos materiales, lo que permite que los elementos reciclables como la madera, vidrio, plástico, entre otros, no se mezclen, realizando lo que se denomina separación estratégica.

Por otra parte, los participantes manifestaron que se encuentran adoptando prácticas relacionadas con la reutilización de algunos materiales residuales generados durante el

desarrollo de los proyectos de construcción como parte de una política amigable con el medio ambiente. Antes de las demoliciones se quitan puertas, vidrios, ventanas que se pueden reutilizar posteriormente, reflejando una disminución de costos.

Un aspecto importante de resaltar es que en los proyectos de construcción se está trabajando para reducir la cantidad de material virgen y/o no renovable empleado, a pesar de no contar con procedimientos o políticas que involucren la reducción del uso de este tipo de materiales. Esto evidencia que existen ciertas iniciativas por parte de los gestores de los proyectos de construcción para implementar prácticas de Economía Circular.

En los resultados se aprecia un grado alto de adopción de prácticas relacionadas con la reparación de productos con el fin de extender su ciclo de vida, que en contraste con lo que se pensaría, no existe ninguna empresa que haya manifestado tenerla en cuenta como práctica para cambiar la linealidad de sus proyectos. En ese sentido, durante el desarrollo del trabajo de campo se pudo interpretar que, aunque en la mayoría de los proyectos los empleados intentan conservar la utilidad de las herramientas o materiales el mayor tiempo posible mediante reparaciones, es algo intrínseco en su labor, pero no se ha tomado en cuenta para la adopción de políticas circulares en todos los proyectos.

En algunos proyectos los residuos como demolición de concreto se emplean como rellenos o para realizar morteros. Además, los están empleando en otros proyectos para hacer muros de contención tipo gaviones, en lugar de emplear piedra natural. Los retales de cerámicas los parten en trozos más pequeños y los emplean para acabados de los pasos en las escaleras, en lugar de utilizar granito o cerámica. También hacen decorados en ciertas partes de las áreas comunes, como medallones para reutilizar los retales de la cerámica resultantes de los enchapes nuevos.

La madera desmontada de construcciones antiguas como puertas y ventanas son muy apreciadas en el medio porque generalmente son de ceiba y cedro de buena calidad por lo que se restauran y se emplean en proyectos de remodelación de otras edificaciones antiguas. Los proyectos nuevos emplean madera procesada que es mucho más amigable con el medio ambiente. Los residuos de madera también se emplean para realizar tableros o casetones.

La carpintería metálica acorde a los gestores de proyectos de construcción es fácilmente reciclable porque se quita y se puede cortar, fundir o soldar creando un nuevo producto.

A continuación, también se revisan las prácticas sostenibles en los proyectos de construcción que han obtenido un promedio superior a 3.5, como se aprecia en la Tabla siguiente.

Tabla 4. Prácticas sostenibles en los proyectos

Descripción	Media Aritmética
Implementación de prácticas para la gestión eficiente de residuos.	3.75
Compromiso con la reducción de emisiones Gases Efecto Invernadero.	4.15
Se aplican tecnologías de eficiencia energética.	3.55
Se hace un uso responsable del agua.	4.35
Percepción sobre la adopción de energías renovables en los proyectos de construcción.	3.55
Se reutilizan las aguas lluvias para uso en la limpieza u otra actividad.	3.95
Se realiza separación de residuos en sus proyectos.	3.90
Percepción de que la Economía Circular en el desarrollo de los proyectos permite la reducción de costos.	3.85
Compra de material a empresas autorizadas para la explotación de material de río o de montaña.	4.55

Fuente: Elaboración propia.

En la ciudad de Ocaña algunos gestores de proyectos han manifestado ciertas iniciativas que permiten minimizar el impacto ambiental y maximizar la sostenibilidad en el sector, como una planificación anticipada para estimar el tipo de residuos y la cantidad que se va a generar para establecer estrategias para el manejo adecuado, así como una demolición selectiva que permita identificar los elementos que primero se deben desmontar como puertas, vidrios, ventanas, entre otros. En las excavaciones definen cantidades y el sitio donde se podrían reutilizar. En unos proyectos se cuenta con contenedores de diferentes colores para la separación de residuos.

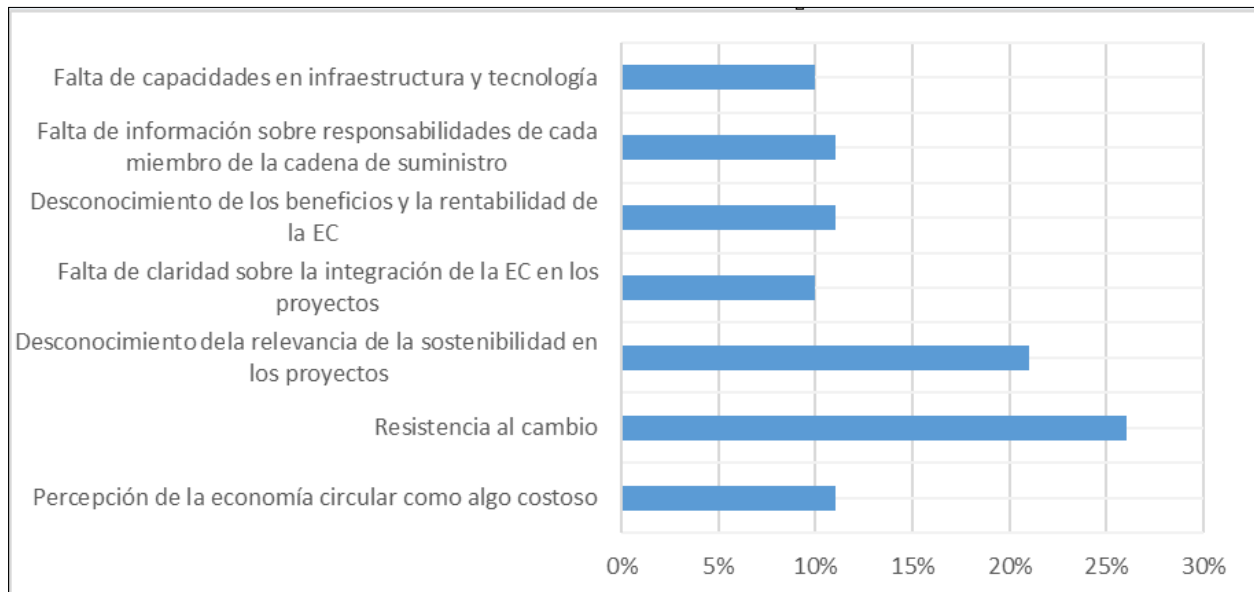
También se cuenta con puntos de acopio de residuos de construcción: los almacenan y los van vendiendo al detal, como por ejemplo puertas, ventanas, aparatos sanitarios, portones metálicos, tejas, entre otros. Los retales de vidrio, de plástico y PVC los venden a unas plantas recicladoras, lo que permite disminuir la contaminación en estos proyectos.

En los proyectos también se busca maximizar el uso de la luz natural y ventilación y se emplea en algunos casos iluminación LED. Igualmente se reutilizan las aguas lluvias para limpieza y otras actividades. Muchas constructoras compran prefabricados como la madera para puertas y muebles interiores, sistemas de aligeramientos para estructuras, sistemas de encofrado o formaletas. Todas estas acciones implementadas permiten disminuir las emisiones de Gases Efecto Invernadero.

Finalmente se aprecia que los proyectos de construcción en la ciudad de Ocaña realizan la compra de material de río o de montaña a las empresas autorizadas, lo cual es muy positivo pues esto permite que no se dañe el cauce del Río Algodonal y que se cumplan con las normas de calidad que tiene CORPONOR establecidas en la región.

Las constructoras encuestadas también identificaron ciertas barreras que se deben superar si se desea implementar la EC en los proyectos, lo que se puede apreciar en la Figura 47.

Figura 46. Barreras de la Economía Circular en los proyectos



Fuente: Elaboración propia.

Bajo esa perspectiva, al analizar las principales barreras que mantienen a las empresas constructoras del sector adoptando prácticas de Economía Lineal en sus proyectos, el principal resultado indica lo que se venía analizando anteriormente, resistencia al cambio (26%) y desconocimiento de la relevancia de la sostenibilidad en los proyectos (21%) como los factores limitantes de la incorporación de prácticas circulares. Sin embargo, en porcentajes similares las demás variables de estudio tuvieron una representación mayor conjunta y demuestra un desconocimiento considerable sobre las prácticas, los principios, los beneficios, las capacidades tecnológicas e infraestructurales, y el desconocimiento sobre el peso de la responsabilidad de cada uno de los actores involucrados a lo largo de la cadena de suministro.

Este desconocimiento también se deriva de la falta de programas de capacitación en temas de EC desarrollados en las empresas o proyectos de construcción. Solo el 25% de las constructoras manifestaron que alguno de sus colaboradores ha participado de programas de formación en Economía Circular. Sin embargo, el 45% de los encuestados mostraron una postura en contra de tal afirmación, lo que deja en evidencia oportunidades de mejora; así como la necesidad de una sinergia entre la academia y las empresas del sector para garantizar una transición más efectiva, de la mano del personal con conocimiento, sobre la pertinencia y aplicación de las prácticas circulares para la sostenibilidad a largo plazo. En ese sentido, los hallazgos hacen evidente una necesidad imperativa por establecer lineamientos claros que puedan servir de guía para que el

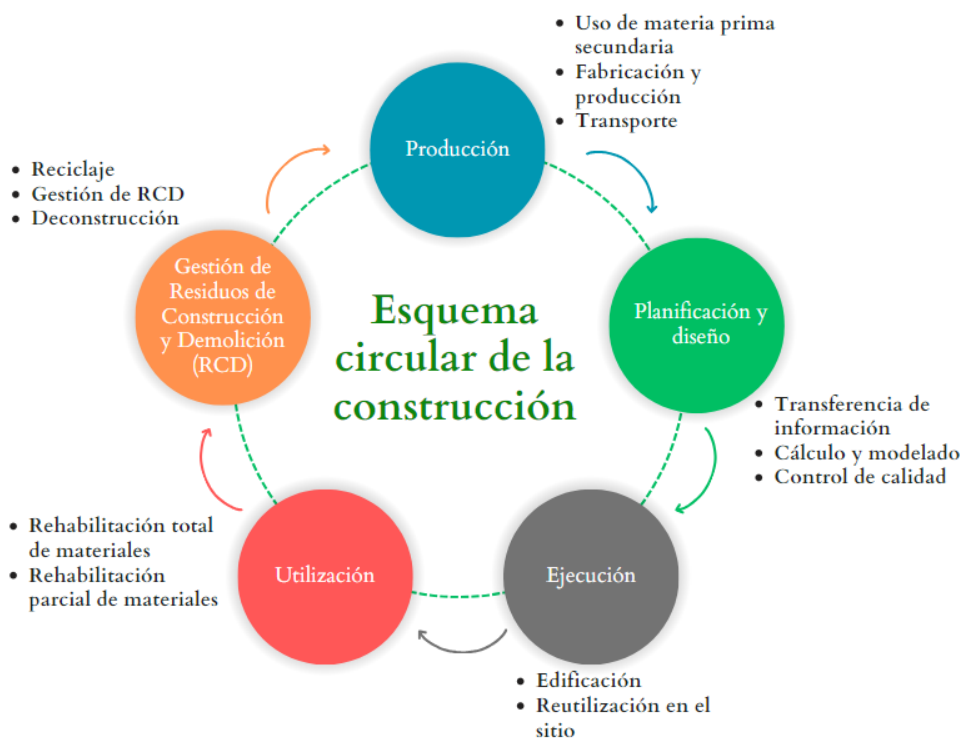
proceso de transición a la EC por parte de las empresas del sector sea más fácil y exitoso.

Los resultados del estudio evidencian que existe un alto grado de desinformación sobre los beneficios que representa la adopción de estrategias basadas en EC para los modelos de negocio de las empresas del sector constructor; pese a que muestran una preocupación creciente, también es evidente que es necesaria la difusión y/o capacitación de los fundamentos de la EC y de esta forma incorporarla al diseño, gestión o ejecución de proyectos de construcción. Del mismo modo, Perero (2019) resalta la importancia de establecer sistemas de corresponsabilidad y cooperación interinstitucional para disminuir la resistencia al cambio entre los actores de la cadena de suministro, de forma tal que sea posible el trabajo multidisciplinar y la transferencia de información entre pares. Sin embargo, esto se ve supeditado por una serie de barreras de índole cultural, tecnológico, normativo e institucional que resultan más generales al sector e impactan significativamente el desarrollo de las estrategias circulares.

MARCO DE REFERENCIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

La transición hacia la Economía Circular debe caracterizarse por la transformación completa de las herramientas y estrategias actuales de producción, por lo que se requiere de la participación de todos los agentes que intervienen en la formulación y ejecución de proyectos de construcción, consolidando los aportes de cada uno desde su ámbito específico de acción. Generalmente, los actores que intervienen en las fases del ciclo de vida de un edificio lo hacen de forma individual, mientras tanto la EC exige que la intervención de los actores suceda de manera transversal, generando nuevas oportunidades y actividades de mejora.

Figura 47. Esquema de construcción circular

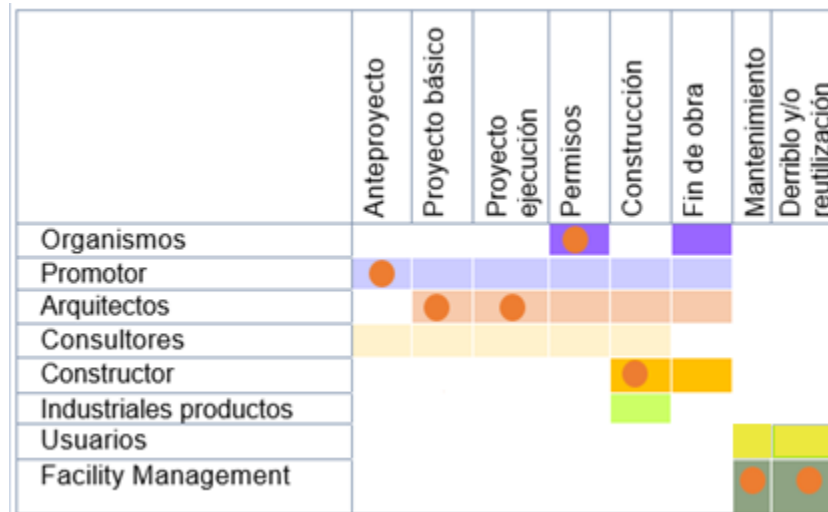


Fuente: Elaboración propia.

La transición hacia un modelo circular representa una gran oportunidad para transformar los procesos del sector de la construcción. La Figura 48 muestra un esquema simplificado de cómo podría ser ese proceso en el futuro, aplicando los principios de la Economía Circular en todas sus etapas. Desde el diseño regenerativo, pasando por la construcción con materiales reciclados y reutilizados, hasta el mantenimiento y actualización del edificio, se busca maximizar el aprovechamiento de los recursos y

minimizar los residuos. Este nuevo enfoque sistémico permitiría reducir costos, mejorar la eficiencia y generar beneficios ambientales de gran escala para el sector.

Figura 48. Compromiso en el liderazgo compartido de ejecución de proyectos de construcción circulares



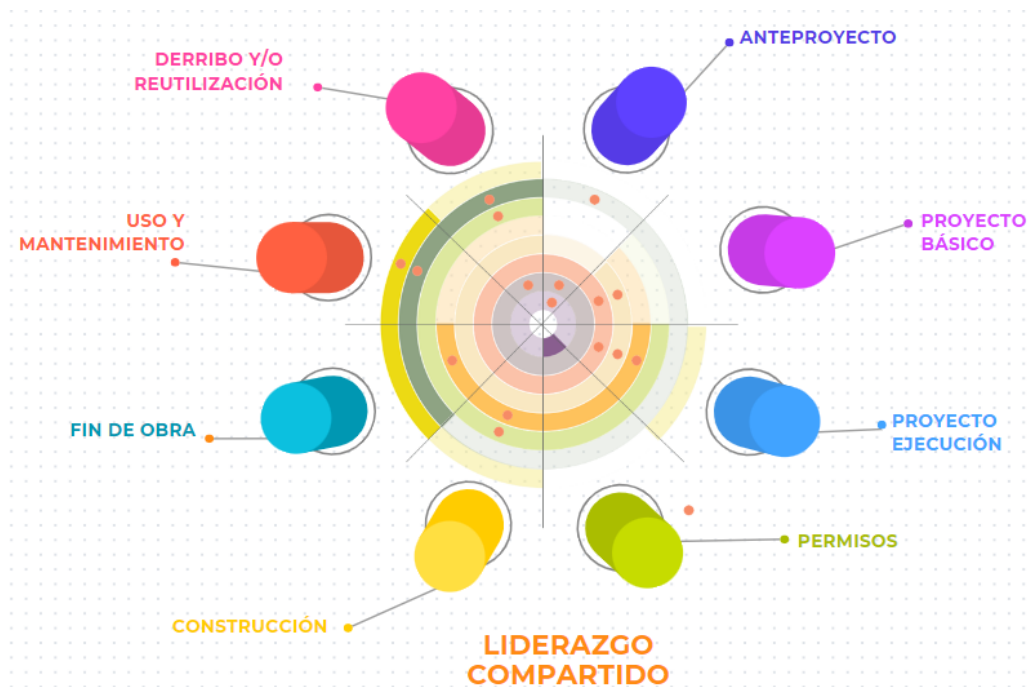
Fuente: Elaboración propia.

Si se observa en la Figura 49, en el ciclo de vida de cada edificio interviene un actor en una o varias fases, ocupando un lugar dentro del sistema circular que requiere de la coordinación de todos los demás actores. En ese sentido, se ejerce un mayor liderazgo con el sistema circular a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de construcción, aunque se añaden nuevos actores que han participado de alguna forma en el flujo de conocimiento e información de forma permanente.

Dado que aún los gestores de proyectos no perciben las ventajas económicas que trae consigo la adopción de prácticas circulares en el sector construcción, es necesario que se aborden iniciativas de inversión en temas de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i). Bajo esa perspectiva, resulta pertinente el intercambio de bienes y servicios para lograr una oportuna gestión de *stock* y desmaterialización de ciclos productivos, de forma que se explote la sobrecapacidad que tiene el sistema y se dé paso a oportunidades para conservar un mayor tiempo la vida útil de los recursos.

Del mismo modo, se hace imperativa la creación y potenciación de acciones que guarden relación con la regeneración del ciclo biológico, de forma tal que se pueda cerrar el ciclo de materiales y transformar los residuos en recursos. En lo que respecta a la reducción del impacto residual y el manejo de las externalidades del sistema, estas acciones deben incorporarse a la cadena de valor para que el efecto generado sea el mínimo.

Figura 49. Distribución de los compromisos en el liderazgo compartido



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, una de las fases más importantes del ciclo circular es la rehabilitación, renovación, cambio de uso o aprovechamiento de los recursos existentes de tal forma que sea posible incrementar el valor de los materiales, pero teniendo en cuenta que los impactos generados en el medio natural durante el proceso sea mínimo. Ejemplo de ello sería la transformación o remodelación de locaciones acorde a las necesidades cambiantes de los ocupantes, así como el reciclaje o reutilización de los elementos residuales de los edificios desmontados, la reintroducción de materias secundarias en la elaboración de materiales a través de I+D+i como parte de las nuevas actividades económicas del sector.

Bajo esa perspectiva, es necesario implementar una serie de indicadores que permitan la medición de las acciones circulares de las empresas del sector en la ciudad de Ocaña, que, tomando como referencia diversos planes de acción, sirven para evaluar el proceso de transición a corto y largo plazo.

Los indicadores a corto plazo toman en cuenta indicadores existentes que ya se han implementado en diversas industrias pero que localmente aún no, por lo que su adopción sería más fácil, como se observa en la Figura 51. Mientras tanto, los indicadores a largo plazo son de carácter estratégico y requieren de la participación de organismos gubernamentales y/o privados que suministren los insumos necesarios para su valoración, tales como la determinación de la intensidad del uso de edificios post construcción, el volumen de productos de construcción reciclados en el sector y el volumen de actividades dedicadas al mantenimiento de edificios.

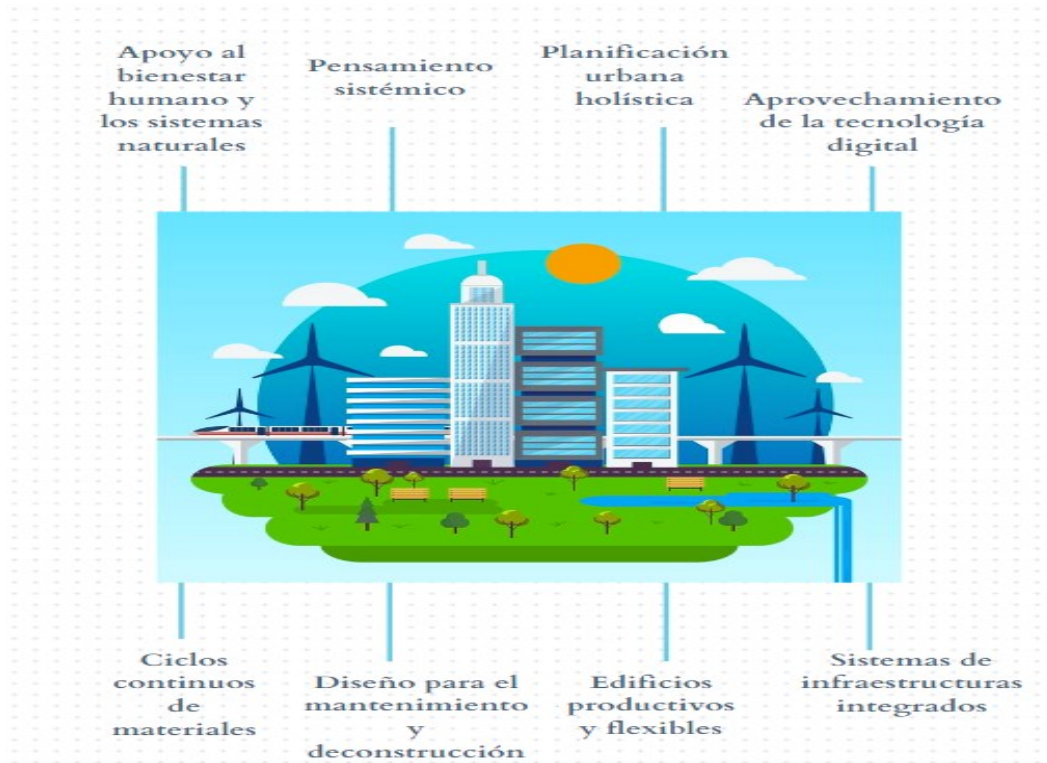
Figura 50. Indicadores circulares a corto plazo



Fuente: Elaboración propia.

La adaptación de la Economía Circular en el sector de la construcción de Ocaña es un reto, pero presenta grandes oportunidades. Se identifican necesidades de mayor colaboración, conocimiento, liderazgo y apoyo financiero. Es necesario generar mayor confianza y compromiso entre los diferentes actores, desde el diseño hasta la construcción y mantenimiento. Esto permitiría obtener mayor valor económico y ambiental.

Figura 51. Visión holística de la EC en el sector construcción



Fuente: Elaboración propia.

El conocimiento sobre Economía Circular en el sector construcción de Ocaña es aún limitado. Es clave difundir cómo aplicar estos principios, destacando los primeros pasos para una transición efectiva. Bajo esa perspectiva, los principales actores que deberían liderar la transición hacia la Economía Circular son:

- Los inversores privados y públicos: Tienen un gran poder para influir en las decisiones y establecer la dirección de la transición, a través de sus inversiones y préstamos. Si establecen requisitos de sostenibilidad y Economía Circular para sus proyectos de construcción, pueden generar un gran impacto.
- Los promotores y propietarios de edificios: Al ser los clientes directos de la construcción, tienen la capacidad de demandar edificios y proyectos circulares a las constructoras y diseñadores. Su liderazgo es clave para crear esa demanda e impulsar el mercado.
- La administración local de Ocaña: A través de regulaciones, incentivos económicos y la contratación pública sostenible, puede catalizar en gran medida la transición. Debería establecer objetivos ambiciosos de circularidad y reutilización de materiales para el sector.

Todos ellos pueden trabajar de forma coordinada, creando alianzas y asociaciones público-privadas, para maximizar el impacto y consolidar el liderazgo de Ocaña en Economía Circular en el sector construcción. En consonancia con lo anterior, considero

necesario tomar en cuenta el “Kit de herramientas para edificios circulares” propuesto por la EMF (s.f.) en el que define estrategias y acciones para la transición hacia la EC, como se describe en la Tabla 5.

Tabla 5. Estrategias/acciones para la transición a un entorno de construcción circular

	Estrategia	Objetivo		Acción
No construir nada	Rechazar nuevas construcciones innecesarias	Evitar el uso intensivo de materiales evaluando la necesidad de una nueva construcción.	Nivel de impacto: 5/6 Fase de diseño: Definición estratégica	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios de construcción.
	Aumentar la utilización del edificio	Reducir el consumo inicial de recursos maximizando el uso de los espacios y evitando periodos libres en el proceso de construcción.	Nivel de impacto: 5/6 Fase de diseño: Preparación e información	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios de construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples. Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos. Diseñar unidades de rendimiento de edificios locales para que funcionen en diversas configuraciones y requisitos de espacio. Construcción de paredes internas versátiles/flexibles/movibles para que la distribución del espacio admita usos múltiples.
Construido para uso a largo plazo	Diseño para la longevidad	Maximizar el valor de la construcción y sus componentes a largo plazo, incrementando la oportunidad de recuperar valor, preservando la arquitectura.	Nivel de impacto: 4/6 Fase de diseño: Diseño técnico	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios de construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples. Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos. Diseñar unidades de rendimiento de edificios locales para que funcionen en diversas configuraciones y requisitos de espacio. Construcción de paredes internas versátiles/flexibles/movibles para que la distribución del espacio admita usos múltiples. Utilizar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como herramienta de evaluación del diseño. Emitir concepto que certifique el uso de materiales amigables con el medio ambiente.
	Diseño para la adaptabilidad	Habilitar el potencial de adaptación de las construcciones durante su etapa de uso para conservar	Nivel de impacto: 4/6 Fase de diseño: Diseño Arquitectónico Conceptual	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios de construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples. Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos.

	su valor a largo plazo.		Diseñar unidades de rendimiento de edificios locales para que funcionen en diversas configuraciones y requisitos de espacio.
	Permitir el potencial de desmontaje al final de la vida útil como parte del sistema circular, considerando los siete principios expuestos en la ISO 20887.	Nivel de impacto: 4/6 Fase de diseño: Diseño técnico	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios de construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples. Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos.
	Cumplir con los requisitos del proyecto con un consumo mínimo de material.	Nivel de impacto: 3/6 Fase de diseño: Diseño Arquitectónico Conceptual	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios en construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples. Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos. Rechazar acabados siempre que sea posible.
Construya eficientemente	Cumplir con los requisitos del proyecto con un consumo mínimo de material.	Nivel de impacto: 3/6 Fase de diseño: Diseño Arquitectónico Conceptual	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios en construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples. Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos. Rechazar acabados siempre que sea posible. Reducir el desperdicio de material en la producción y la construcción mediante la prefabricación externa de la estructura de la edificación y sus componentes.
	Prevenir el consumo de materiales abióticos vírgenes y la promoción de materiales secundarios.	Nivel de impacto: 3/6 Fase de diseño: Diseño técnico	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios en construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples. Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos. Rechazar acabados siempre que sea posible. Reducir el desperdicio de material en la producción y la construcción mediante la prefabricación externa de la estructura de la edificación y sus componentes.
Construir con los materiales adecuados	Reducir el uso de materiales intensivos en carbono	Nivel de impacto: 4/6 Fase de diseño: Diseño técnico	Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios en construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples.

	proveedores que aplican prácticas circulares.		<p>Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos. Rechazar acabados siempre que sea posible. Reducir el desperdicio de material en la producción y la construcción mediante la prefabricación externa de la estructura de la edificación y sus componentes. Diseñar procesos de recolección suficiente de información para la elaboración del ACV.</p>
Diseñar materiales no peligrosos/contaminantes	Prevenir el uso de materiales con alto impacto negativo en la salud y el bienestar de los usuarios de las edificaciones.	Nivel de impacto: 3/6 Fase de diseño: Diseño técnico	<p>Incrementar el potencial de usos múltiples de los espacios en construcción. Crear condiciones físicas generales para permitir la implementación de usos múltiples. Diseño para una mayor utilización de espacios regularmente vacíos. Rechazar acabados siempre que sea posible. Reducir el desperdicio de material en la producción y la construcción mediante la prefabricación externa de la estructura de la edificación y sus componentes. Diseñar procesos de recolección suficiente de información para la elaboración del ACV.</p>

Fuente: Adaptado por la autora a partir de la bibliografía citada

Por otro lado, en la Tabla 6 se describen los indicadores a corto plazo propuestos en la Figura 52, para su incorporación a las prácticas circulares de las empresas del sector construcción de la ciudad de Ocaña, para los cuales se establecieron métodos de cálculo y metas de cumplimiento en función del presente marco de referencia.

Tabla 6. Propuesta de indicadores para medición de prácticas circulares en la construcción

Nombre del Indicador	Descripción	Cálculo	Meta/Valor Objetivo
Demanda energética	Cantidad de energía requerida para la operación del edificio.	Consumo energético anual (kWh/m ²)	Reducción del 30% vs línea base
Consumo de energía	Cantidad de energía utilizada realmente en la operación.	Consumo energético anual (kWh/m ²)	Reducción del 40% vs línea base
Consumo de agua	Volumen de agua utilizado en la operación del edificio.	Consumo de agua anual (m ³ /m ²)	Reducción del 25% vs línea base
Consumo de materiales	Cantidad de materiales utilizados en la construcción.	% de materiales con contenido reciclado	Mínimo 25% de contenido reciclado
Generación de residuos	Cantidad de residuos generados durante la construcción y operación.	Kg de residuos/m ² construido	% de residuos desviados de rellenos sanitarios >90%
Productos con ACV	Porcentaje de productos y materiales que cuentan con Análisis de Ciclo de Vida.	# productos con ACV / # total de productos	100% de productos principales cuentan con ACV
Tasa de reutilización	Porcentaje de componentes y materiales reutilizados del edificio existente.	% en masa reutilizado del edificio existente	Mínimo 30% de reutilización
Huella de carbono	Total de emisiones de CO ₂ generadas por el proyecto.	Toneladas de CO ₂ eq	Reducción de 40% vs línea base

Fuente: Elaboración propia.

La transición hacia una Economía Circular representa un reto importante pero necesario para la sostenibilidad del sector de la construcción. Se requiere un cambio sistémico en los modelos de negocio, procesos y tecnologías para reducir drásticamente el consumo de recursos vírgenes, minimizar la generación de residuos y emisiones, y maximizar la reutilización de materiales al final de la vida útil de las edificaciones.

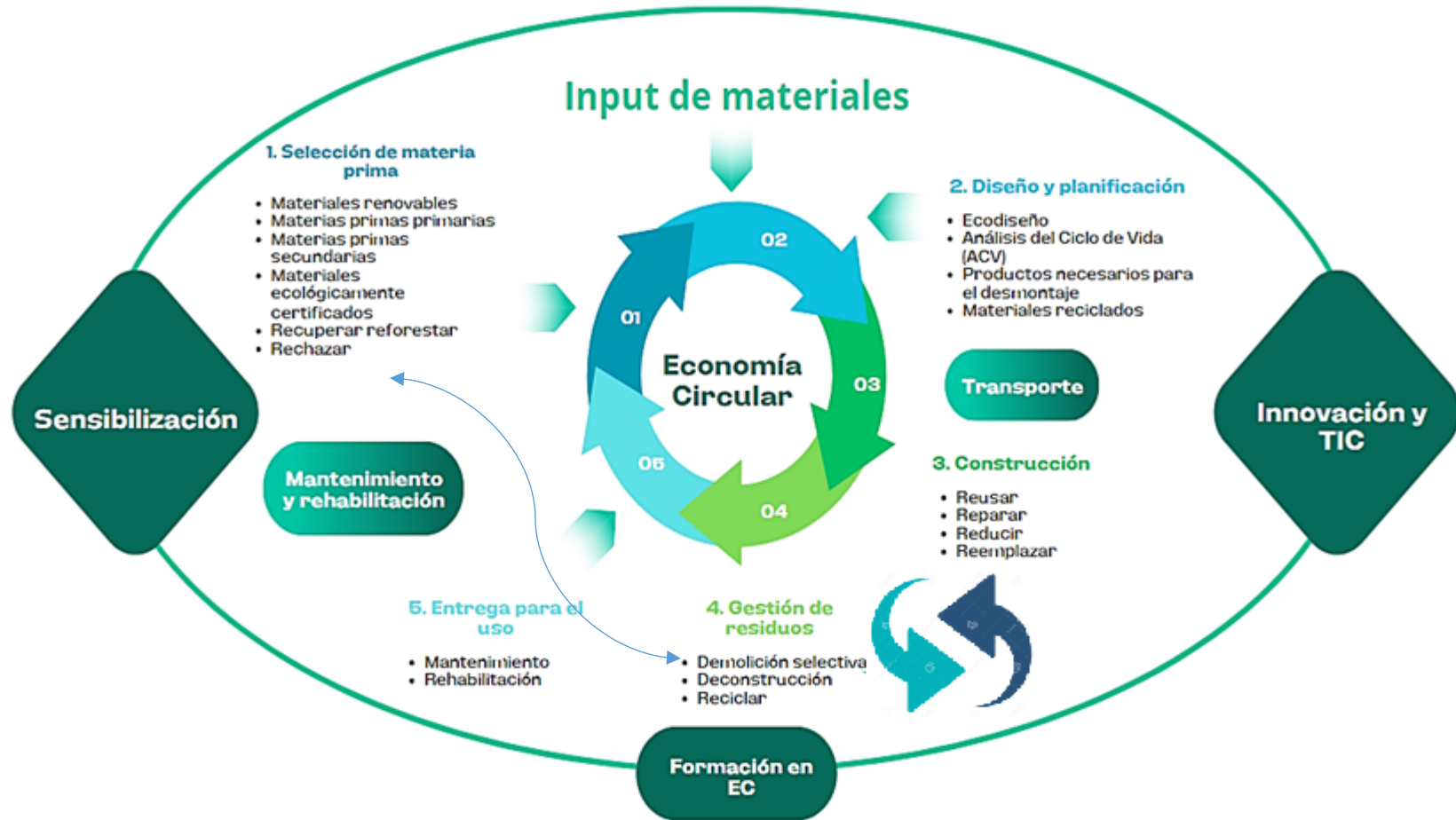
Las empresas constructoras tienen un rol protagónico en liderar esta transición, implementando estrategias de ecodiseño, eficiencia de recursos, reciclaje y reutilización de materiales. El ecodiseño implica tener en cuenta criterios ambientales desde las primeras etapas del proyecto, seleccionando materiales de bajo impacto, optimizando los procesos constructivos y considerando la adaptación al cambio climático. La eficiencia en el uso de recursos como agua y energía debe abordarse tanto en la construcción como en la operación de las edificaciones, mediante la incorporación de tecnologías ahorradoras, energías renovables, sistemas de captación de agua, entre otros.

Otra estrategia fundamental es el uso intensivo de materiales reciclados o con contenido reciclado, como el concreto y el acero. Existe un gran potencial para utilizar residuos de construcción y demolición triturados como áridos para la fabricación de nuevos materiales. Asimismo, se pueden emplear materiales alternativos con menores impactos ambientales, como madera plástica, lonas de llantas, cenizas volantes en el concreto, etc. La reutilización de elementos constructivos al final de la vida útil mediante el desensamblaje de edificaciones es otra forma de retener el valor inherente de los materiales y evitar la disposición de residuos. También se pueden explorar nuevos modelos de negocio basados en la venta de servicios en lugar de productos, por ejemplo, alquiler de sistemas de pisos o fachadas en lugar de la venta tradicional.

Las tecnologías digitales como la modelación BIM permiten optimizar los procesos constructivos, realizar análisis de ciclo de vida y simular el comportamiento ambiental de los edificios. Los sensores y sistemas de monitorización en tiempo real también son herramientas valiosas para reducir los consumos energéticos y de agua durante la operación. Para avanzar en esta transición se requiere un liderazgo decidido del sector privado, pero también regulaciones e incentivos por parte del Estado que promuevan las mejores prácticas y penalicen las externalidades negativas. Alianzas público-privadas pueden apalancar recursos para proyectos demostrativos de alto impacto. La Economía Circular en construcción es un camino indispensable para alcanzar ciudades carbono neutrales y ambientalmente sostenibles.

A partir de lo anterior, en la siguiente figura se sintetiza el modelo de Economía Circular planteado para los proyectos de construcción de la ciudad de Ocaña (N. de S.).

Figura 52. Modelo de Economía Circular para el sector construcción propuesto



Fuente: Elaboración propia.

Fase 1. Selección de materia prima

La selección de materia prima es una fase crítica en la implementación de un modelo de Economía Circular en el sector construcción. Implica analizar y elegir materiales que sean renovables, provengan de fuentes primarias o secundarias, estén ecológicamente certificados, y priorizar la recuperación y reforestación de recursos, rechazando aquellos no sostenibles.

En cuanto a materiales renovables, se debe dar preferencia a productos de origen biológico como la madera, fibras vegetales, etc. Estos provienen de fuentes naturales que se regeneran relativamente rápido, a diferencia de los materiales fósiles como plásticos y derivados del petróleo. La madera puede obtenerse de bosques gestionados de forma sostenible, con tasas de extracción menores a su capacidad de regeneración.

En cuanto a materias primas primarias, se refiere a aquellos materiales vírgenes que se obtienen directamente de la naturaleza sin procesar. Algunos ejemplos son rocas, arcillas, arena, grava, mineral de hierro, bauxita, etc. Si bien no son técnicamente renovables, su extracción debe realizarse de manera sostenible, causando el menor impacto posible al entorno. Se prefieren frente a materiales procesados con alta huella de carbono.

Las materias primas secundarias, por otra parte, son materiales reciclados o subproductos industriales que se reincorporan como insumos en nuevos procesos productivos. Por ejemplo, el acero reciclado, vidrio reciclado, plásticos reciclados, escorias siderúrgicas, cenizas volantes, caucho reciclado de neumáticos, entre otros. Reutilizar estos materiales disminuye la demanda de extracción de recursos vírgenes, ahorra energía y reduce emisiones contaminantes.

En cuanto a materiales ecológicamente certificados, se refiere a productos que cuentan con un sello o certificación que avala su sostenibilidad ambiental. Algunos ejemplos son la certificación FSC para madera, el sello Cradle to Cradle que evalúa ciclo de vida, la Declaración Ambiental de Producto, y ecoetiquetas tipo I, II o III. Se debe verificar la procedencia responsable y el cumplimiento de estándares ambientales.

En la recuperación y reforestación, el objetivo es recobrar materiales al final de la vida útil y regenerar recursos naturales utilizados. Por ejemplo, recuperar y reutilizar madera, vigas de acero, ladrillos y otros materiales de construcción en demoliciones y reformas. Así mismo, reforestar bosques y otras áreas que fueron intervenidas para extraer materia prima como madera, corcho, fibras, etc. Es clave rechazar y evitar materiales no sostenibles como ciertos plásticos, PVC, asbestos, sustancias tóxicas, especies maderables en peligro de extinción, entre otros, que atentan contra el medio ambiente y la salud humana.

Fase 2. Diseño y planificación

El diseño y la planificación de edificaciones bajo los principios de la Economía Circular es fundamental para optimizar el uso de materiales, energía y espacio durante todo el ciclo de vida de la construcción. Esta fase involucra estrategias como ecodiseño, análisis de ciclo de vida, facilitar el desmontaje y priorizar materiales reciclados.

El ecodiseño implica concebir la edificación aplicando criterios ambientales en aspectos como eficiencia energética, gestión de agua, selección de materiales, tratamiento de residuos, ciclo de vida, etc. Por ejemplo, orientar adecuadamente el edificio para aprovechar luz y ventilación natural, aislar térmicamente, instalar sistemas de captación de aguas lluvia, entre otros.

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una metodología que evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de toda su existencia. En la construcción permite comparar diseños y seleccionar alternativas que minimicen el uso de recursos no renovables, emisiones contaminantes, generación de residuos, etc. También es clave diseñar pensando en la futura demolición o desmontaje. Esto implica elegir uniones mecánicas en lugar de adhesivos, estructuras modulares, accesibilidad a conexiones, etc. De este modo se facilita la reutilización de componentes y el reciclaje de materiales al final de la vida útil. Así mismo, se debe priorizar el uso de materiales reciclados certificados, como acero reciclado en estructuras, agregados reciclados para concreto, paneles de fibras recicladas, vidrio reciclado, entre otros, en reemplazo de materias primas vírgenes.

Fase 3. Construcción

La fase de construcción es donde se materializan las decisiones tomadas en la planificación y el diseño. Aquí se aplican estrategias circulares como reusar componentes existentes, reparar en lugar de reemplazar, reducir el uso de recursos y substituir materiales nocivos.

En cuanto al reúso, se trata de aprovechar al máximo componentes y materiales recuperados de otras construcciones (acopio), como estructuras metálicas, vigas, ventanas, revestimientos, entre otros. Esto evita el desecho y nueva extracción de materias primas.

La reparación implica corregir o renovar elementos constructivos averiados o deteriorados para extender su vida útil, en lugar de reemplazarlos por completo. Por ejemplo, reparar fisuras en muros, renovación de juntas de dilatación, restauración de elementos ornamentales, revestimientos, entre otros.

La reducción en el uso de recursos se logra optimizando el diseño para disminuir el uso de materiales, prefabricando componentes en una planta controlada para generar menos desperdicios y gestionando de forma eficiente los residuos de construcción y demolición. Del mismo modo, la substitución de materiales nocivos como ciertos compuestos

orgánicos volátiles, asbestos, PVC, entre otros, por alternativas seguras como pinturas base agua, fibras naturales, tuberías de polietileno, genera beneficios ambientales y de salud.

Fase 4. Gestión de residuos

La gestión de residuos es una etapa esencial en el ciclo de vida de cualquier proyecto constructivo basado en la Economía Circular. En esta fase, se prioriza la minimización de los desechos y la maximización de la reutilización y el reciclaje de los materiales. Las acciones clave en esta etapa incluyen:

En lugar de derribar estructuras de manera indiscriminada, se lleva a cabo una demolición selectiva, donde se identifican y separan los materiales que pueden ser reutilizados o reciclados. Esto implica la separación en origen de los distintos materiales, como el hormigón, el metal, la madera y otros componentes, facilitando su posterior tratamiento.

La deconstrucción es un enfoque más meticuloso que la demolición tradicional, donde se desmontan cuidadosamente los elementos estructurales y se separan los materiales para su reutilización o reciclaje. Este proceso requiere una planificación detallada y la aplicación de técnicas específicas para garantizar la máxima recuperación de recursos.

Los materiales recuperados durante la demolición selectiva y la deconstrucción se someten a procesos de reciclaje para ser reintegrados en nuevos ciclos de producción. Esto puede implicar la trituración del hormigón para su reutilización como agregado en nuevas mezclas de concreto, el fundido del metal para su transformación en nuevos productos o la transformación de la madera en tableros u otros materiales de construcción.

Fase 5: Entrega para el uso

Una vez completada la gestión de residuos, los edificios o estructuras resultantes están listos para ser entregados para su uso. Sin embargo, la implementación de un enfoque de Economía Circular no termina aquí, ya que se enfoca en garantizar la durabilidad, la eficiencia y la sostenibilidad a lo largo de toda la vida útil de los activos construidos. Las acciones relevantes en esta etapa incluyen:

El mantenimiento regular de los edificios es fundamental para garantizar su buen funcionamiento a lo largo del tiempo. Esto incluye la inspección periódica de sistemas y componentes, la reparación o reemplazo de elementos dañados y la implementación de mejoras para aumentar la eficiencia energética y reducir el consumo de recursos.

La integración de la sensibilización, la formación en Economía Circular y la Innovación-TIC como ejes fundamentales en un modelo de Economía Circular en el sector de la construcción implica una serie de cambios significativos que afectan tanto a los actores involucrados como al desarrollo y la implementación del modelo en sí mismo.

En primer lugar, la sensibilización juega un papel crucial en la promoción de la adopción de prácticas sostenibles en la industria de la construcción. Esto implica concienciar a los diferentes agentes, desde los profesionales del sector hasta los consumidores finales, sobre la importancia de reducir el impacto ambiental de las actividades constructivas y fomentar el uso eficiente de los recursos. La sensibilización puede llevarse a cabo a través de campañas de información, eventos educativos, divulgación en medios de comunicación y otros medios, con el objetivo de crear una cultura de sostenibilidad y responsabilidad ambiental en toda la cadena de valor de la construcción.

Por otro lado, la formación en Economía Circular es esencial para capacitar a los profesionales del sector en los principios, métodos y herramientas necesarios para aplicar eficazmente este enfoque en sus prácticas cotidianas. Esto incluye la comprensión de los conceptos fundamentales de la Economía Circular, como la minimización de residuos, la reutilización de materiales y la optimización de los recursos, así como la capacidad para identificar oportunidades de mejora y aplicar soluciones innovadoras en el diseño, la construcción y la gestión de proyectos. La formación en Economía Circular puede ofrecerse a través de programas educativos especializados, cursos de capacitación, talleres prácticos y otras iniciativas de desarrollo profesional, adaptadas a las necesidades y perfiles específicos de los diferentes actores del sector de la construcción.

Por último, la Innovación-TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) desempeña un papel fundamental en la transformación digital del sector de la construcción y en la optimización de procesos hacia una Economía Circular. Las TIC pueden utilizarse para mejorar la eficiencia y la transparencia en la gestión de proyectos, facilitar la comunicación y la colaboración entre los diferentes agentes involucrados, optimizar el uso de recursos mediante la monitorización y el control inteligente de los sistemas y procesos, y fomentar la innovación en el diseño, la construcción y la gestión de edificaciones sostenibles. Las tecnologías como la realidad virtual, el modelado de información de construcción (BIM, por sus siglas en inglés), la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT) y la computación en la nube ofrecen oportunidades sin precedentes para mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de los proyectos de construcción, al tiempo que reducen los costos y los impactos ambientales.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PMBOK DEL PMI AL MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR PROPUESTO PARA LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA CIUDAD DE OCAÑA

Un proyecto es un conjunto de actividades temporales que se llevan a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Los proyectos tienen un inicio y un final definidos, así como objetivos específicos que se deben alcanzar dentro de un marco de tiempo determinado.

Según el Project Management Institute (PMI), hay cinco (5) grupos de procesos en la gestión de proyectos. Estos grupos de procesos son:

Inicio. Este grupo de procesos incluye las actividades necesarias para iniciar un nuevo proyecto o fase de un proyecto. Esto implica autorización, definición de objetivos, identificación de partes interesadas clave y establecimiento de la visión del proyecto.

Planificación. En este grupo de procesos se desarrollan los planes detallados para guiar la ejecución y el control del proyecto. Esto incluye la elaboración del alcance del proyecto, la programación, la elaboración del presupuesto, la identificación de riesgos, entre otros.

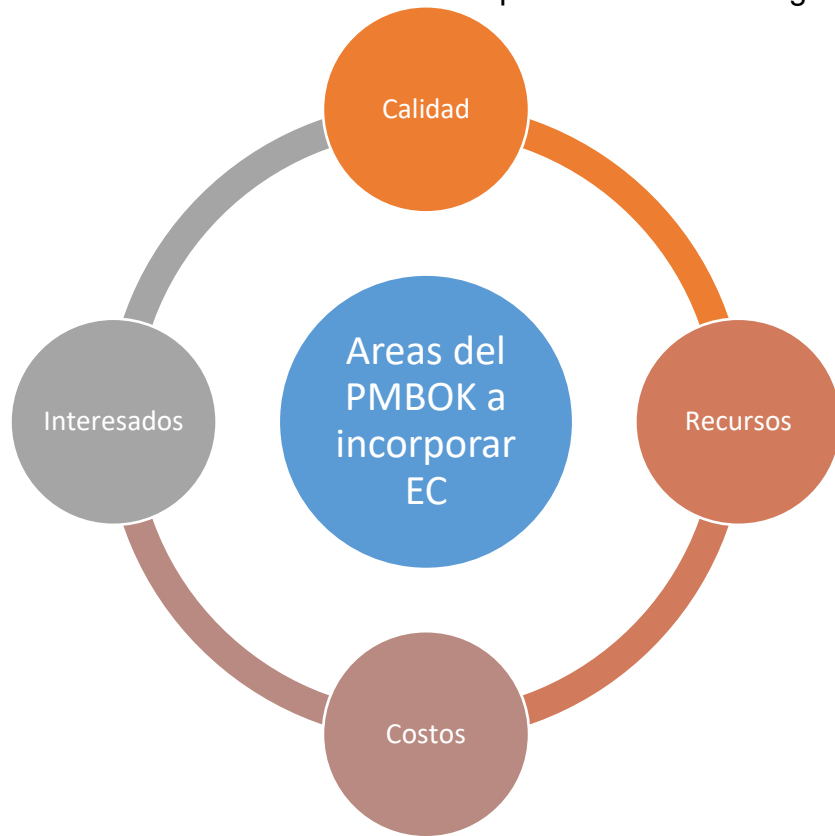
Ejecución. Durante la ejecución se llevan a cabo las actividades definidas en el plan para completar el trabajo del proyecto. Esto implica la coordinación de personas y recursos, la realización de tareas y la gestión de las comunicaciones y los cambios.

Seguimiento y Control. En este grupo de procesos se supervisan y controlan regularmente el progreso y el rendimiento del proyecto. Esto implica el seguimiento del avance, la comparación con el plan, la gestión de cambios, la resolución de problemas y la toma de medidas correctivas según sea necesario.

Cierre. En el grupo de procesos de cierre se finaliza formalmente el proyecto o fase del proyecto. Esto implica la entrega de productos o servicios, la documentación de lecciones aprendidas, la liberación de recursos y la celebración de reuniones de revisión para evaluar el éxito del proyecto y reconocer los logros del equipo.

Además de los cinco procesos, el Project Management Body of Knowledge (PMBOK) del PMI identifica diez áreas de conocimiento: integración, alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados. Para efectos de la presente investigación, se tomaron en cuenta cuatro áreas de conocimiento de la Guía PMBOK para ser aplicadas en el sector de la construcción, por considerar que en estas áreas es mucho más factible integrar los principios de Economía Circular (Ver Figura 54).

Figura 53. Áreas de conocimiento PMBOK con oportunidades de integración EC



Fuente: Elaboración propia.

ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN DE CALIDAD

Esta área del proyecto abarca los procedimientos destinados a integrar la política de calidad de la entidad en la planificación, supervisión y garantía de los estándares de calidad del proyecto y su producto, con el propósito de cumplir con las metas de los involucrados. Con la perspectiva de incorporar los fundamentos de la Economía Circular, se requiere establecer directrices apropiadas en la política de calidad para adoptar un enfoque coherente con los principios del modelo. Los elementos esenciales de los procedimientos de la Administración de la Calidad se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7. Integración de áreas PMBOK con EC: Gestión de calidad

Procesos	Lineamiento	Oportunidad de integración
Planificación de calidad	Determinación de requisitos, métodos y/o estándares.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación de proveedores con criterios de sostenibilidad. ❖ Identificación de tecnologías para gestión eficiente de residuos.
Gestión de la calidad	Definición de acciones para la incorporación de políticas de calidad de los proyectos.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aplicación del ecodiseño. ❖ Adopción de estrategias para la implementación del modelo que evidencien las prácticas de EC.
Control de calidad	Resultados de las acciones de gestión de calidad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Construir indicadores claves de rendimiento relacionados con la Economía Circular para un adecuado seguimiento.

Fuente: Elaboración propia.

La integración de la gestión de calidad con los principios de la Economía Circular (EC) en proyectos de construcción es fundamental para asegurar la sinergia entre los criterios de calidad y los objetivos de sostenibilidad. Este enfoque implica alinear cuidadosamente los requisitos, métodos y estándares de calidad con los principios fundamentales de la EC, garantizando así que la calidad del producto final se vea complementada por prácticas sostenibles y responsables con el medio ambiente. Estas acciones no solo conducen a una mejor calidad del producto final, sino que también contribuyen a la reducción significativa de los impactos ambientales negativos asociados a la construcción. Además, generan valor añadido para todas las partes interesadas, promoviendo prácticas responsables y sostenibles que benefician tanto al proyecto como al entorno en el que se desarrolla.

Tabla 8. Procesos área de gestión de calidad

	Entradas	Técnicas y herramientas	Salidas
Planificación de calidad	Documento de iniciación del proyecto. Establecimiento de requisitos ambientales. Lineamientos ambientales. <ul style="list-style-type: none"> ❖ Normativas ❖ Certificaciones ❖ Tendencias 	Matriz de proveedores con criterios de responsabilidad social. Análisis de casos de éxito. Análisis de datos mediante gráficos y relación	Plan de gestión de calidad alineado al modelo de EC. Indicadores de calidad alineados al modelo de EC.

		costo/beneficio.	
Gestión de calidad	Soportes del proyecto <ul style="list-style-type: none"> ❖ Indicadores de calidad en EC. ❖ Verificación de los resultados. 	Análisis de información: informes y análisis de procesos. Toma de decisiones alineadas con la EC. Prácticas de mejora continua.	Soportes de calidad y evaluación del impacto de la integración del modelo de EC.
Control de calidad	Optimización del plan de gestión. Soportes del proyecto: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Control de cambios/errores/mejoras. ❖ Indicadores de calidad en EC. ❖ Evaluación de avances en calidad. 	Evaluaciones de desempeño. Análisis de causas/efecto. Evaluaciones/pruebas por productos	Medición del control de calidad. Evidencias del impacto de la implementación del modelo. Indicadores. Registro de cambios/errores/mejoras.

Fuente: Elaboración propia.

La gestión de calidad en el sector de la construcción, integrada con los principios de la Economía Circular (EC), requiere la consideración y el uso de varios documentos clave que impactan significativamente en los procesos y resultados del proyecto.

El documento de Iniciación del Proyecto es esencial en la fase inicial, ya que establece la justificación, el alcance y los objetivos del proyecto. Este documento proporciona información crucial sobre los requisitos iniciales y las expectativas del cliente, sirviendo como una base sólida para la planificación y ejecución del proyecto. Al delinear claramente los objetivos y alcances del proyecto, el documento de Iniciación del Proyecto ayuda a garantizar una comprensión común y un enfoque unificado entre todas las partes involucradas.

El Plan de Gestión de Calidad alineado al modelo de EC es otro documento fundamental que define cómo se llevará a cabo la gestión de calidad en el proyecto y cómo se integrarán los principios de la Economía Circular. Este plan detalla los procesos, procedimientos y responsabilidades relacionadas con la calidad, asegurando que se establezcan y mantengan los estándares de calidad y sostenibilidad. Además, incluye indicadores de rendimiento específicos que se utilizarán para medir y evaluar el

cumplimiento de estos estándares, asegurando así la eficacia y eficiencia del proyecto en términos de calidad y sostenibilidad.

Los Indicadores de Calidad alineados al modelo de EC son medidas específicas diseñadas para evaluar la calidad y el rendimiento del proyecto en relación con los principios de la Economía Circular. Estos indicadores pueden abarcar diversas métricas, como la eficiencia de recursos, la minimización de residuos, el uso de materiales sostenibles y otros aspectos relevantes para la sostenibilidad del proyecto. Al utilizar estos indicadores, las partes interesadas pueden monitorear y mejorar continuamente el desempeño del proyecto en términos de calidad y sostenibilidad, identificando áreas de mejora y oportunidades para optimizar el uso de recursos y reducir los impactos ambientales.

Por otro lado, el Registro de Cambios/Errores/Mejoras es un documento crucial que registra todos los cambios realizados durante el proyecto, así como los errores identificados y las acciones correctivas tomadas. Este registro proporciona una documentación detallada de la evolución del proyecto, incluyendo cualquier mejora implementada para optimizar su desempeño en términos de calidad y sostenibilidad.

ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN DE RECURSOS

Los recursos que son gestionados por la organización abarcan materiales, equipamiento, infraestructura e instalaciones, equipo y personal o componente humano. Bajo esa perspectiva, la presente investigación abordó cuatro procesos relacionados con la gestión de recursos físicos acorde a los lineamientos de la metodología PMBOK y su posibilidad de integrarlos a las prácticas de EC en la construcción de la ciudad de Ocaña, tal como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Integración de áreas PMBOK con EC: Gestión de recursos

Procesos	Lineamiento	Oportunidad de integración de la EC
Planificación de recursos	Definición del proceso de estimación, adquisición, gestión y uso de los recursos del proyecto.	❖ Priorizar los proveedores que fueron seleccionados por manejar criterios sostenibles.
Estimación de recursos según actividad	Estimación del tipo y cantidad de recursos necesarios para la ejecución del proyecto.	❖ Estimar cantidades de residuos de materiales de construcción.
Adquisición de recursos	Obtención de los recursos, materiales, equipo, instalaciones y demás elementos necesarios para la ejecución del proyecto.	❖ Gestión de recursos, materiales y residuos.

Control de recursos	Verificación de la disponibilidad de los recursos asignados al proyecto acorde a la planificación previa, aplicando correctivos de ser necesario.	❖ Empleo de estrategias sostenibles para la clasificación y procesamiento de materias primas.
----------------------------	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Se destaca la relevancia del proceso de planificación de la gestión de recursos en la implementación exitosa de los objetivos del modelo de Economía Circular, tal como se detalla en la Tabla 10. Este proceso constituye un pilar fundamental en la transición hacia prácticas más sostenibles en la gestión de recursos.

En primer lugar, la planificación de recursos está intrínsecamente ligada al plan de gestión de calidad. Esto implica que la adquisición de recursos se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos y estándares establecidos para garantizar la calidad y la eficiencia en su uso. La selección cuidadosa de proveedores y materiales, así como la implementación de procesos de control de calidad rigurosos, son aspectos esenciales de esta fase. Además, el proceso de planificación de recursos también está estrechamente relacionado con la identificación y selección de fuentes de suministro sostenibles. Se busca priorizar proveedores que ofrezcan materiales renovables, reciclados o certificados ecológicamente, lo que contribuye a reducir la dependencia de recursos no renovables y a promover prácticas más responsables desde el punto de vista ambiental.

Tabla 10. Proceso de planificación de recursos

Entradas	Técnicas y herramientas	Salidas
Plan de gestión del proceso <ul style="list-style-type: none"> ❖ Plan de gestión de calidad circular. ❖ Línea de alcance base. 		
Documentos <ul style="list-style-type: none"> ❖ Registro de partes interesadas. ❖ Documentos de adopción del modelo. 	Matriz de Responsabilidades para el manejo de residuos y estimaciones. Matriz con las funciones para los encargados de la compra de materiales.	Plan de gestión de recursos incorporando la EC.
Factores ambientales Activos por procesos <ul style="list-style-type: none"> ❖ Control de uso sostenible del papel. 		

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de planificación de recursos se inicia con la identificación de las entradas relevantes que servirán como base para la toma de decisiones y la definición de estrategias. Entre estas entradas se encuentran:

Plan de Gestión de Calidad Circular: Este documento establece los estándares y expectativas de calidad del proyecto, considerando criterios de sostenibilidad y Economía Circular. Proporciona una guía para la selección de recursos que cumplan con dichos estándares, asegurando que los materiales y procesos utilizados en el proyecto estén alineados con los principios de la Economía Circular.

Línea Base de Alcance: La definición clara del alcance del proyecto determina los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades y producir los entregables. Esta línea base proporciona información crucial sobre los recursos requeridos y ayuda a evitar el uso innecesario o excesivo de recursos durante la ejecución del proyecto.

Registro de Partes Interesadas: Identifica los requerimientos y expectativas de los *stakeholders* en relación con la sostenibilidad. Esto asegura que los recursos seleccionados no solo cumplan con los requisitos del proyecto, sino también con las expectativas y preocupaciones de las partes interesadas en cuanto a la sostenibilidad ambiental.

Documentos de Adopción del Modelo: Políticas y lineamientos internos de la empresa sobre Economía Circular. Estos documentos proporcionan una orientación adicional sobre cómo seleccionar y gestionar los recursos de manera sostenible, asegurando la coherencia con los objetivos y valores de la organización en materia de sostenibilidad.

Además de estas entradas, se consideran factores ambientales, como el control del uso sostenible del papel, para reducir el consumo de papel en las actividades de planificación. Una herramienta clave en este proceso es una matriz que define roles y responsabilidades de los encargados de adquirir materiales, poniendo énfasis en aquellos que gestionan productos sostenibles. Esta matriz ayuda a asignar claramente las responsabilidades relacionadas con la adquisición de recursos y garantiza que se considere la sostenibilidad en todas las etapas del proceso de adquisición y gestión de recursos.

ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN DE COSTOS

Las investigaciones y análisis relacionados con la adopción de nuevos modelos de producción indican que, en un entorno de Economía Circular, existe el potencial de lograr ahorros netos anuales sustanciales en los costos de materias primas para los proyectos. Esto se debe a la optimización de recursos y a la eficiencia en la gestión de materiales que promueve la Economía Circular. La transición hacia este enfoque puede generar beneficios económicos significativos a largo plazo, al tiempo que fomenta la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en la cadena de suministro y producción.

La Tabla 11 presenta de manera detallada los procesos de gestión de costos definidos por el PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Estos procesos son fundamentales en la planificación y ejecución de proyectos, ya que permiten estimar, presupuestar y controlar los costos asociados con las actividades del proyecto. En el

contexto de la Economía Circular, estos procesos adquieren una importancia adicional, ya que la optimización de costos y recursos se vuelve aún más crucial para garantizar la viabilidad económica y ambiental de los proyectos.

Tabla 11. Integración de áreas PMBOK con EC: Gestión de costos

Procesos	Lineamiento	Oportunidad de integración
Planificación de costos	Definición del proceso para la estimación, presupuestación, gestión, monitoreo y control de los costos asociados a un proyecto de construcción.	❖ Optimización del uso de materiales.
Estimación del presupuesto	Desarrollo de una aproximación presupuestaria de la ejecución del proyecto.	❖ Reducción de residuos generados.
Definición del presupuesto	Valorar los costos individuales o en grupos de los costos estimados para determinar una línea base.	❖ Ahorros en el costo de las materias primas.
Control de costos	Monitorización del estado continuo del proyecto para gestión de las modificaciones a la línea de costos.	❖ Monetización de material reciclado.

Fuente: Elaboración propia.

Al adoptar los principios de la Economía Circular en la gestión de costos, las organizaciones pueden identificar oportunidades para reducir el desperdicio, reutilizar materiales y recursos, y maximizar el valor de los activos a lo largo de su vida útil. Esto no solo conduce a una mayor eficiencia en la utilización de recursos, sino que también puede resultar en ahorros significativos en los costos de materias primas y en una reducción de los impactos ambientales negativos asociados con la extracción y producción de nuevos materiales.

La gestión de costos en el contexto de la Economía Circular implica la consideración de factores adicionales, como el ciclo de vida de los productos y materiales, los costos de disposición al final de su vida útil y las oportunidades de recuperación de recursos. Los procesos definidos por el PMBOK proporcionan un marco estructurado para abordar estos aspectos y garantizar que los proyectos se gestionen de manera eficiente y rentable, al tiempo que se promueve la sostenibilidad y la circularidad en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto.

Mediante la aplicación de un enfoque de Economía Circular, el propósito es mitigar los costos recurrentes asociados con el uso, mantenimiento y soporte continuo del producto, servicio o resultado del proyecto. Al analizar el proceso de planificación de la gestión de costos, es posible identificar diversos puntos que buscan alcanzar el enfoque deseado en la implementación de la Economía Circular, tal como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Proceso de planeación de costos

Entradas	Técnicas y herramientas	Salidas
Plan de gestión de riesgos ❖ Identificación, análisis y monitoreo de los cambios	Validación de expertos.	
Aspectos ambientales ❖ Normatividad ❖ Certificaciones ❖ Tendencias del mercado ❖ Condiciones del mercado	Análisis de datos relacionados con alternativas estratégicas de financiación. Valoración de ventajas económicas de sostenibilidad.	Plan de gestión de costos incorporando ahorros por aplicar EC.
Activos de los procesos ❖ Guías ❖ Procedimientos ❖ Políticas		

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 12, el Plan de gestión de riesgos es una de las entradas clave, ya que proporciona información sobre los riesgos potenciales y las estrategias para gestionarlos, lo que permite anticipar posibles cambios que podrían afectar los costos del proyecto. Los Aspectos ambientales, como la normatividad, certificaciones y tendencias del mercado, son otra entrada importante, ya que proporcionan información sobre los requisitos legales y las mejores prácticas ambientales que deben considerarse en la planificación de costos. Además, los Activos de los procesos, como guías, procedimientos y políticas, brindan orientación y referencia para el desarrollo del plan de gestión de costos.

Las técnicas y herramientas utilizadas en este proceso incluyen la Validación de expertos, que implica la consulta con profesionales con experiencia en Economía Circular y gestión de proyectos de construcción para obtener información y recomendaciones sobre cómo incorporar eficazmente la Economía Circular en la planificación de costos. Además, se emplea el Análisis de datos relacionados con alternativas estratégicas de financiación, que consiste en evaluar diferentes opciones de financiamiento que puedan apoyar la implementación de prácticas de Economía Circular en el proyecto. También se realiza una Valoración de ventajas económicas de sostenibilidad, que implica analizar los beneficios financieros a largo plazo de las prácticas de sostenibilidad, como la reducción de costos operativos y el aumento de la eficiencia. Como resultado de este proceso, se desarrolla el Plan de gestión de costos, que establece cómo se estimarán, gestionarán y controlarán los costos del proyecto, teniendo en cuenta los principios de la Economía Circular.

ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN DE LOS *STAKEHOLDERS* O INTERESADOS

En la gestión de *stakeholders* se busca identificar a los individuos, grupos o entidades que puedan tener influencia o interés en el proyecto, reconociendo su potencial impacto en el mismo. Los procedimientos implican un análisis exhaustivo de las expectativas, la clarificación de roles y la formulación de estrategias para involucrar a estos actores de manera efectiva en el proyecto. Estos procesos son esenciales para garantizar una comunicación fluida y una colaboración constructiva con todas las partes interesadas, lo que contribuye al éxito general del proyecto. Los detalles de estos procedimientos se detallan en la Tabla 13, que proporciona una guía estructurada para llevar a cabo estas actividades de manera sistemática y eficiente.

Tabla 13. Integración de áreas PMBOK con EC: Gestión de interesados

Procesos	Lineamiento	Oportunidad de integración
Identificación de los <i>stakeholders</i>	Identificación periódica de los <i>stakeholders</i> del proyecto.	❖ Participación de los <i>stakeholders</i> en las primeras etapas de gestión del proyecto.
Planeación de integración de <i>stakeholders</i>	Desarrollo de enfoques para la integración de los <i>stakeholders</i> en el proyecto.	❖ Representación de los principales actores del sector.
Gestión de integración de <i>stakeholders</i>	Comunicación y trabajo con <i>stakeholders</i> para cumplir sus expectativas.	❖ Crear visión a largo plazo del sector de manera conjunta.
Monitoreo de integración de <i>stakeholders</i>	Monitoreo de relaciones con los <i>stakeholders</i> del proyecto/Adaptación al cambio.	❖ Planes de capacitación y sensibilización en EC.

Fuente: Elaboración propia.

El primer paso es la identificación de los *stakeholders*, un proceso periódico que busca reconocer a todas las partes relevantes involucradas en el proyecto y comprender su impacto en el mismo. A continuación, se procede con la planeación de la integración de los *stakeholders*, donde se diseñan estrategias específicas para incorporarlos de manera eficiente, considerando sus necesidades y roles dentro del proyecto.

La gestión de la integración de *stakeholders* se centra en establecer una comunicación abierta y efectiva con ellos, asegurando la satisfacción de sus expectativas y la resolución de posibles conflictos que puedan surgir. Por último, el monitoreo de la integración de *stakeholders* implica un seguimiento continuo de las relaciones con ellos, adaptándose a los cambios y realizando ajustes según sea necesario para mantener una colaboración armoniosa a lo largo de todo el proyecto.

Es esencial resaltar cómo estos procesos pueden integrarse con los principios de la Economía Circular (EC) en el sector de la construcción. La participación y capacitación temprana de los *stakeholders* en las etapas iniciales del proyecto puede facilitar la identificación de oportunidades para aplicar prácticas circulares desde el inicio. Además, la representación activa de los principales actores del sector en la planificación del proyecto puede promover la adopción de enfoques más sostenibles y circulares. Trabajar en conjunto para establecer una visión a largo plazo del sector puede fomentar la implementación de prácticas más responsables y respetuosas con el medio ambiente en todas las fases del proyecto.

Tabla 14. Proceso de identificación de *stakeholders*

Entradas	Técnicas y herramientas	Salidas
<p>Soportes del negocio</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Plan de gestión de los beneficios acorde a los <i>stakeholders</i> involucrados, bajo el modelo de EC. <p>Dirección del proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Gestión de las comunicaciones ❖ Gestión de la integración de <i>stakeholders</i> en el proyecto <p>Soportes del proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Registro y seguimiento a los cambios generados por los <i>stakeholders</i> ❖ Evidencia de cumplimiento de requisitos <p>Aspectos ambientales</p>	<p>Formación con expertos. Recolección de información (Lluvia de ideas, encuestas o cuestionarios). Representación gráfica de los datos. Análisis de datos relacionados con <i>stakeholders</i>.</p>	<p>Registro de <i>stakeholders</i>. Actualizaciones del plan de gestión de proyecto alineado con la EC. Plan de Capacitación en EC.</p>

Fuente: Elaboración propia.

El intercambio de conocimientos y datos entre los profesionales que intervienen en cada etapa de un proyecto de construcción no siempre se produce de manera efectiva. Por ello, es crucial identificar a los interesados clave en el desarrollo de un proyecto de construcción con un enfoque sostenible, utilizando los principios de la Economía Circular. Este proceso inicial implica la identificación de todos los interesados relevantes, entre los que destacan:

Las empresas constructoras lideran la transición hacia la Economía Circular al adoptar prácticas sostenibles en todas las etapas del proyecto, desde el diseño hasta la construcción y el mantenimiento. Su compromiso resulta decisivo para transformar el sector.

Las administraciones públicas ejercen un rol fundamental al establecer políticas, regulaciones e incentivos económicos que promuevan la circularidad. Su accionar

coordinado entre los niveles nacional y local es esencial para orientar al sector de manera coherente e integrada.

Diversos profesionales contribuyen a la sostenibilidad en la construcción. Los colegios profesionales y asociaciones técnicas pueden definir estándares y lineamientos para proyectos circulares. Las instituciones gubernamentales brindan apoyo técnico y financiero para la investigación, la formación profesional y la ejecución de obras sostenibles.

Los extractores de materias primas deben implementar tecnologías y procesos ambientalmente responsables para reducir su huella ecológica, a la vez que satisfacen la demanda de insumos. La minería sostenible y la tala controlada de bosques son indispensables.

Las asociaciones industriales facilitan la coordinación entre fabricantes para desarrollar productos y tecnologías constructivas innovadoras que optimicen el uso de recursos. Asimismo, las empresas de mantenimiento deben adoptar técnicas circulares de reparación y renovación.

Los transportadores agregan valor mediante una logística eficiente, planificando rutas óptimas, utilizando vehículos menos contaminantes y promoviendo la intermodalidad. Así se reducen costos y emisiones.

Las instituciones educativas forjan una nueva generación de profesionales con visión sistémica, pensamiento crítico y competencias para innovar en pos de la sostenibilidad. La investigación técnica también resulta esencial.

Las inmobiliarias y promotoras pueden concientizar a los usuarios sobre los beneficios de habitar espacios proyectados con criterios circulares. Su asesoría es clave para la compra y venta responsable.

Los usuarios finales deben comprometerse con el cuidado, mantenimiento y reparación de las edificaciones, siguiendo pautas para alargar su vida útil. Sus decisiones como consumidores también influyen.

Los certificadores validan que los materiales y proyectos satisfagan estándares de sostenibilidad reconocidos internacionalmente. De este modo se garantiza la calidad y se promueven las buenas prácticas. Finalmente, las empresas de gestión de residuos de demolición implementan procesos de clasificación, reciclaje y aprovechamiento de materiales acordes con la Economía Circular.

A continuación, se presentan alternativas para la gestión adecuada de los residuos de construcción que generan los proyectos de construcción en la ciudad de Ocaña:

Tabla 15. Gestión de residuos en los proyectos de construcción Ocaña (N. de S.)

Residuo	Opción
Demolición de concreto	Reutilizar como material para rellenos. Reciclar como granulado. Reciclar para realizar morteros. Reciclar para muros de contención tipo gaviones.
Escombros	Reutilizar como relleno en excavaciones a cielo abierto.
Madera	Reciclar para tableros. Reutilizar para casetones. Restaurar para utilizarlos en otros proyectos de remodelación.
Tierra de excavación	Reutilización como rellenos.
Plástico	Reciclar todos los plásticos para venderlos a las plantas recicladoras locales.
Enchapes y cerámicos	Reciclar como adoquín. Reciclar como acabados. Reciclar para decorados en áreas comunes.
Metales	Reutilizar después de fundido como un nuevo producto.
Vidrio	Reciclar los retales de vidrio para venderlos en las plantas locales. Reutilizar el vidrio que se haya desmontado y esté en buenas condiciones.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la siguiente Tabla se sintetiza la integración del Modelo planteado en la presente investigación, con los procesos y áreas del conocimiento seleccionadas en el PMBOK del PMI.

Tabla 16. Integración del Modelo planteado

Fases del Modelo	Fase 1. Selección de Materia Prima	Fase 2. Diseño y Planificación	Fase 3. Construcción	Fase 4. Gestión de los residuos	Fase 5. Entrega para el uso
Procesos en la gestión de Proyectos Áreas de Conocimiento PMBOK	Inicio	Planificación	Ejecución	Monitorización y control	Cierre
	-Identificación de oportunidades para aplicar principios de Economía Circular desde el inicio del proyecto.	-Integración de principios de Economía Circular en la planificación estratégica del proyecto.	-Implementación de prácticas de Economía Circular en la ejecución de actividades del proyecto.	-Seguimiento del desempeño ambiental y sostenible del proyecto, controlando desviaciones.	Evaluación del impacto ambiental del proyecto y documentación de lecciones aprendidas en relación con la Economía Circular.
Gestión de los Recursos	-Identificar materiales que sean renovables, provengan de fuentes primarias o secundarias o estén ecológicamente certificados. -Priorizar la búsqueda de materiales reciclados certificados, como acero reciclado en estructuras, agregados reciclados para concreto, paneles de fibras recicladas, vidrio reciclado,	-Estimación del tipo y cantidad de recursos necesarios para la ejecución del proyecto. - Estimar el tipo de residuos y la cantidad que se va a generar. -Construir una matriz que define responsabilidades en cuanto al manejo de residuos como por ejemplo los encargados de un centro de acopio en el sitio, los responsables de la búsqueda de los puntos de acopio de residuos de	-Obtención de los recursos materiales, equipo, instalaciones y demás elementos necesarios para la ejecución del proyecto. -Realizar una demolición selectiva. Esto implica la separación en origen de los distintos materiales, como el hormigón, el metal, la madera, plástico, vidrio y otros componentes, facilitando su	-Verificación de la disponibilidad de los recursos asignados al proyecto acorde a la planificación previa. -Inspección periódica de sistemas y componentes que permita la reparación de elementos dañados. -Implementación de mejoras para aumentar la eficiencia energética	

	<p>entre otros, en reemplazo de materias primas vírgenes.</p> <p>-Adquirir recursos no renovables exclusivamente de las empresas locales que están autorizadas para la explotación de los mismos, a saber, la Trituradora Guayabal y, Concretos y trituradores del Algodonal.</p> <p>-Apoyar las actividades que impliquen la reforestación del Río Algodonal.</p>	<p>construcción que hay en la ciudad de Ocaña.</p> <p>- En las excavaciones definir cantidades y el sitio o proyecto donde se podría reutilizar.</p> <p>-Planear para la deconstrucción y no para la demolición tradicional. La deconstrucción requiere un desmontaje cuidadoso de elementos estructurales y separación de los materiales para su reutilización o reciclaje.</p> <p>- Identificar en el proyecto los elementos que primero se deben desmontar como puertas, vidrios, ventanas.</p>	<p>posterior empleo y evitando que se mezclen.</p> <p>-Triturado del hormigón para su reutilización como agregado en nuevas mezclas de concreto.</p> <p>-Transformación de la madera en tableros u otros materiales de construcción.</p> <p>-Empleo de la demolición de concreto como rellenos o para realizar morteros, muros de contención tipo gaviones en lugar de emplear piedra natural.</p> <p>-Realizar tableros o casetones con residuos de madera.</p>	<p>y reducir el consumo de recursos.</p> <p>-Construcción de indicadores clave de rendimiento relacionados con la Economía Circular.</p>	
Gestión de la calidad	<p>Identificación y selección cuidadosa de proveedores que ofrezcan materiales renovables, reciclados o certificados ecológicamente.</p>	<p>-Aplicar el ecodiseño en los proyectos de construcción de vivienda en la ciudad de Ocaña. Es decir, concebir la edificación aplicando criterios ambientales en aspectos como eficiencia energética,</p>	<p>-Reusar componentes existentes, reparar en lugar de reemplazar, reducir el uso de recursos, y reemplazar materiales nocivos.</p> <p>-Reusar de otros proyectos (centros de</p>	<p>- Maximizar en el proyecto el uso de la luz natural y ventilación.</p> <p>-Empleo donde sea necesario iluminación LED.</p> <p>-Reutilización de las aguas lluvias para</p>	

	<p>Identificación de tecnologías digitales que ofrecen plataformas accesibles para facilitar el uso compartido de activos y la gestión de recursos.</p>	<p>gestión de agua, selección de materiales, tratamiento de residuos.</p> <p>-Diseñar para aprovechar luz y ventilación natural, instalar sistemas de captación de aguas lluvia, entre otros.</p> <p>- Diseñar pensando en la futura demolición o desmontaje. Esto implica elegir uniones mecánicas en lugar de adhesivos, estructuras modulares, prefabricación externa, accesibilidad a conexiones. De este modo se facilita la reutilización de componentes y el reciclaje.</p> <p>- Planificar el potencial de usos múltiples de los espacios de construcción.</p>	<p>acopio) estructuras metálicas, vigas, ventanas, revestimientos, entre otros.</p> <p>-Sustitución de materiales nocivos como ciertos compuestos orgánicos volátiles, asbestos, PVC, entre otros, por alternativas seguras como pinturas base agua, fibras naturales, tuberías de polietileno, generando beneficios ambientales y de salud.</p> <p>-Compra de prefabricados como la madera para puertas y muebles interiores, sistemas de aligeramientos para estructuras, sistemas de encofrado o formaletas.</p> <p>- Construcción de paredes internas versátiles, flexibles, movibles.</p>	<p>limpieza y otras actividades.</p> <p>-Construcción de indicadores clave de rendimiento relacionados con la Economía Circular.</p>	
--	---	--	--	--	--

<p>Gestión de los costos</p>	<p>-Identificar oportunidades para reducir los costos a largo plazo a través de prácticas de Economía Circular. Ahorros en el costo de las materias primas.</p>	<p>-Estimación, presupuestación, gestión, monitoreo y control de los costos asociados al proyecto de construcción. Esto incluye considerar los costos de mantenimiento, desmontaje y disposición al final de la vida útil del proyecto.</p> <p>-Antes de las demoliciones se quitan puertas, vidrios, ventanas que se pueden reutilizar posteriormente, reflejando una disminución de costos.</p> <p>-Planificando rutas óptimas, utilizando vehículos menos contaminantes y promoviendo la intermodalidad. Así se reducen costos y emisiones.</p>	<p>-En los puntos de acopio de residuos de construcción que hay en Ocaña se pueden vender al detal puertas, ventanas, aparatos sanitarios, portones metálicos, tejas, entre otros, que no se pueden reusar, generando ingresos para el proyecto.</p> <p>-Vender a las plantas recicladoras locales los retales de vidrio, de plástico y PVC que no se puedan reutilizar.</p>	<p>-Revisar periódicamente los elementos de construcción averiados o deteriorados para repararlos, pues implica corregir para extender su vida útil, en lugar de reemplazarlos por completo. Por ejemplo, reparar fisuras en muros, renovación de juntas de dilatación, restauración de elementos ornamentales, revestimientos.</p> <p>- Monetización de los materiales reciclados o recuperados</p>	
<p>Gestión de los interesados</p>	<p>Identificar los interesados.</p>	<p>-Construir un Plan de capacitación para los <i>stakeholders</i> internos del proyecto sobre Economía Circular.</p>	<p>-Capacitar al personal en prácticas sostenibles y en la identificación de oportunidades para aplicar la Economía</p>	<p>Retroalimentación continua de los <i>stakeholders</i> para mejorar las prácticas de Economía Circular a</p>	<p>Cierre del proyecto y promoción de la cultura de la Economía Circular entre los interesados y la</p>

		<p>-Crear unas píldoras informativas para sensibilizar a los usuarios finales de las viviendas sobre la relevancia de la sostenibilidad y la Economía Circular.</p> <p>Los transportadores son otros interesados que deben manejar una logística eficiente.</p>	<p>Circular en el proyecto.</p> <p>-Fomentar la colaboración y la comunicación entre los miembros del equipo para identificar y resolver problemas relacionados con la sostenibilidad.</p> <p>-Involucrar a los <i>stakeholders</i> en las primeras etapas del proyecto.</p>	<p>lo largo del ciclo de vida del proyecto.</p>	<p>comunidad involucrada en el proyecto.</p>
--	--	---	--	---	--

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación permite concluir que la ciudad de Ocaña exhibe un estadio preliminar de transición hacia los preceptos de la Economía Circular en el ámbito de los proyectos de edificación residencial, con amplio potencial de mejoramiento en la integración de criterios de sostenibilidad. Se constata una aplicación incipiente de estrategias circulares durante las fases de conceptualización, selección de materiales, ejecución de obras, operación y mantenimiento de las unidades habitacionales. Esto se debe en parte a las limitadas competencias sobre los principios y metodologías de la EC por parte de los actores protagónicos de este sector económico.

La apropiación de un modelo articulado de EC se vislumbra indispensable para robustecer la gestión de proyectos de construcción sostenibles en el municipio, produciendo externalidades positivas de carácter ambiental, sociocultural y financiero. El modelo planteado, cimentado en la sensibilización, capacitación e innovación, sienta bases firmes para esta transición. Su armonización con la guía del PMBOK del PMI asegura la incorporación de criterios de sostenibilidad desde la fase de planificación del proyecto. Asimismo, la cooperación entre los diversos agentes del ecosistema constructor se considera fundamental para alcanzar una ejecución eficiente de prácticas circulares.

Con el propósito de materializar la visión de Ocaña como una urbe sostenible y competitiva en el futuro próximo, se requiere la articulación de diferentes estrategias por parte del conjunto de actores involucrados. En primer lugar, es necesario ejecutar campañas de comunicación masiva para producir una transformación cultural entorno a los conceptos de la EC, dirigidas a toda la comunidad vinculada al sector de la construcción. Asimismo, se deben implementar programas de capacitación técnica en metodologías de diseño, edificación y operación de desarrollos habitacionales ecoeficientes, destinados a los profesionales especializados. Las instituciones educativas relacionadas con la ingeniería y la arquitectura necesitan incorporar en sus currículos formativos los conocimientos sobre EC.

Por otra parte, las autoridades gubernamentales pueden coadyuvar mediante la provisión de incentivos económicos para la integración de materiales reciclados, energías renovables y otras tácticas circulares. También se requiere establecer un marco normativo que fomente las buenas prácticas y sancione los incumplimientos. Mientras tanto, deben estimularse proyectos colaborativos de innovación entre la academia, el empresariado constructor y los proveedores especializados. Finalmente, es primordial monitorear indicadores de adopción de EC y desempeño ambiental del sector para evaluar la mejora continua.

REFERENCIAS

- Aguiñaga, E., Henriques, I., Scheel, C., & Scheel, A. (2018). Building resilience: A self-sustainable community approach to the triple bottom line. *Journal of Cleaner Production*, 173, 186-196. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.094>
- Akanbi, L. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Ajayi, A. O., Davila Delgado, M., Bilal, M., & Bello, S. A. (2018). Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 175-186. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.026>
- Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Bilal, M., Ajayi, S. O., Owolabi, H. A., Alaka, H. A., & Bello, S. A. (2015). Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). *Resour. Conserv. Recycl.*, 105, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018>
- Alcaldía Municipal. (2019). *Alcaldía de Ocaña*. Plan de desarrollo 2020-2023: https://ocananortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/ocananortedesantander/content/files/000770/38457_plan-de-desarrollo--mas-por-ocana--20202023.pdf
- Alcaldía Municipal de Ocaña. (2020). *Plan De Desarrollo 2020-2023 "Más por Ocaña"*: https://ocananortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/ocananortedesantander/content/files/000770/38457_plan-de-desarrollo--mas-por-ocana--20202023.pdf
- Amejide García, L. (2016). *Gestión de proyectos según el PMI*. Universidad Oberta de Catalunya: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/45590/7/lameijideTFC0116memoria.pdf>
- ANIIF. (2022). *Centro de Estudios Económicos ANIIF. El sector de la construcción se debilita*: <https://www.anif.com.co/comentarios-economicos-del-dia/el-sector-de-la-construccion-se-debilita/>
- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. A., & Miranda Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- ASOBANCARIA. (2022). Hacia una construcción sostenible. *Banca y Economía* (1329).
- Benz, L. A. (2022). Critical Success Factors for Circular Business Model Innovation from the Perspective of the Sustainable Development Goal. *Sustainability*, 14(10), 5816. <https://doi.org/10.3390/su14105816>
- Berardi, U. (2015). Sustainability assessments of buildings, communities, and cities. *Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability*, 497-545. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-799968-5.00015-4>
- Bilal, M., Khan, K. A., Thaheem, M. J., & Nasir, A. R. (2020). Current state and barriers to the circular economy in the building sector: Towards a mitigation framework. *J. Clean. Prod.*, 276. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123250>
- CAMACOL. (2022). *Para este año en Norte de Santander se espera ventas que superan las 6.000 unidades*: <https://camacol.co/prensa/noticias/para-este-ano-en-norte-de-santander-se-espera-ventas-que-superan-las-6000-unidades>
- CAMACOL. (2022). *Informe económico. Proyección sectorial: PIB edificador*.

- CCC. (2023). *Cámara de Comercio de Cúcuta. Clúster Construcción*: <https://www.cccucuta.org.co/areas/5/clusters>
- CCCS. (2023). *Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Proyecto acelerador de edificaciones neto cero carbono*: <https://www.cccs.org.co/wp/proyecto-acelerador-de-edificaciones-neto-cero-carbono/>
- CCPII. (2016). *Cradle to cradle products innovation institute*. Cradle to cradle certified. Product standard version 4.0.
- CEPAL. (2015). *Manuales: Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Naciones Unidas.
- Chiappetta Jabbour, C. J., Seuring, S., Lopes de Sousa Jabbour, A. B., Jugend, D., De Camargo Fiorini, P., Latan, H., & Colucci Izeppi, W. (2020). Stakeholders, innovative business models for the circular economy and sustainable performance of firms in an emerging economy facing institutional voids. *Journal of Environmental Management*, 264(15), 110416.
- Circle Economy Foundation. (s.f.). *The Circularity GAP Report: América Latina y el Caribe*. Coalición de Economía Circular de América Latina y el Caribe: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/10760712-5fde-4106-9afc-953c7d3d569d/content>
- Civancik Uslu, D., Puig, R., Ferrer, L., & Fullana Palmer, P. (2019). Influence of end-of-life allocation, credits and other methodological issues in LCA of compounds: An in-company circular economy case study on packaging. *J. Clean. Prod.* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.076>
- Coelho, A. (2016). Preliminary study for self-sufficiency of construction materials in a Portuguese region - Évora. *Preliminary study for self-sufficiency of construction materials in a*, 112, 771-786.
- Coenen, T. J., Santos, J., Fennis, S. A., & Halman, J. M. (2021). Development of a bridge circularity assessment framework to promote resource efficiency in infrastructure projects. *J. Ind. Ecol.* <https://doi.org/10.1111/jiec.13102>
- Colombia Productiva. (s.f.). *Guía empresarial de Economía Circular*: <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/publicaciones/transversales/guia-empresarial-de-economia-circular/200310-cartilla-economia-circular>
- Comisión Europea. (2018). *29 final on a monitoring framework for the circular economy*.
- Comisión Europea. (2020). *EU Circular Economy Action Plan*. Recuperado en agosto 2023, 30, de http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
- Comisión Europea. (2021). *Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings*. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109285>
- CONAMA. (2018). *Economía Circular en el sector de la construcción*. Fundación CONAMA (Congreso Nacional del Medio Ambiente): http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/6_final.pdf
- Cottafava, D., & Ritzen, M. (2021). Circularity indicator for residential buildings: Addressing the gap between embodied impacts and design aspects. *Resour. Conserv. Recycl.*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105120>

- Cruz Montero, J. M., Guevara Gómez, H. E., Flores Arocutipa, J. P., & Ledesma Cuadros, M. J. (2020). Áreas de conocimiento y fases clave en la gestión de proyectos: consideraciones teóricas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(90), 680-692.
- DAG Ingeniería & Gobernación de Santander. (2014). *PDA Norte de Santander*: <http://pda.nortedesantander.gov.co/>
- DANE. (2021). *Total de unidades económicas según sector y participación en el total de unidades del municipio*: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-interno/censo-economico-de-colombia/conteo-de-unidades-economicas-2021>
- Díaz López, C., Carpio, M., Martín Morales, M., & Zamorano, M. (2021). Defining strategies to adopt Level(s) for bringing buildings into the circular economy. A case study of Spain. *J. Clean. Prod.*, 287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125048>
- EEA. (2016). *Circular economy in Europe. Developing the knowledge base. EEA Report No. 2/2016, European Environment Agency. EMF (2015a). Towards the circular economy. Business rationale for an accelerated transition.* Ellen MacArthur Foundation.
- Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *J. Clean. Prod.*, 142, 2741-2751. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196>
- Elkington, J. (2013). Enter the triple bottom line. In *The Triple Bottom Line: Does it All Add Up* (pp. 1-16).
- EMF. (2018). *Ellen MacArthur Foundation*. The Circular Economy Concept - Regenerative Economy: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>
- EMF. (2020). *Ellen McArthur Foundation*. Recuperado en agosto 2023, 30, de Circulytics - measuring circularity: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/circulytics-measuring-circularity>
- EMF. (2021). *Ellen McArthur Foundation*. Recuperado en agosto 2023, 30, de What is the Circular Economy?: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy>
- EMF y GRANTA. (2015). *Circularity indicators. An Approach to Measuring Circularity*. https://www.researchgate.net/publication/353687971_Circularity_Indicators_An_Approach_to_Measuring_Circularity_Methodology
- Espaliat, M. (2017). *Economía y sostenibilidad. Nuevos enfoques para la creación de valor*. CreateSpace.
- Espinola, N. (2022). Estableciendo una línea de base regional de economía circular en América Latina y el Caribe. *BID Mejorando vidas*: <https://blogs.iadb.org/agua/es/estableciendo-una-linea-de-base-regional-de-economia-circular-en-america-latina-y-el-caribe/>
- Falappa, M., Lamy, M., & Vazquez, M. (2019). *De una economía lineal a una circular, en el siglo XXI. Análisis realizado en la sociedad mendocina, 2019*. Universidad Nacional de Cuyo: http://planificacion.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/14316/falappa-fce.pdf

- Fortuna Q., J. E. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos: Guía del PMBOK - Quinta edición*. Newton Square. https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/10/PMBOK_Guide5th_Spanish.pdf
- Foster, G., & Kreinin, H. (2020). A review of environmental impact indicators of cultural heritage buildings: A circular economy perspective. *Environ. Res. Lett.*, 15. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab751e>
- Fraire, M., Molne, M. B., Tamagno, M. V., & Peralta, S. (2023). De la economía lineal a la economía circular. Caracterización y beneficios del modelo circular. Paralelismo con el modelo lineal. *TERRITORIOS PRODUCTIVOS. Debates y reflexiones en torno a la producción y el trabajo*, 1(1), 8-26: <https://territoriosproductivos.unvm.edu.ar/ojs/index.php/territoriosproductivos/article/view/615/518>
- Fregonara, E., Giordano, R., Ferrando, D. G., & Pattono, S. (2017). Economic-environmental indicators to support investment decisions: A focus on the buildings' end-of-life stage. *Buildings*, 7. <https://doi.org/10.3390/buildings7030065>
- Gallego Schmid, A., Mei Chen, H., Sharmina, M., & F. Mendoza, J. M. (2020). Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, 260(121115). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121115>
- Garzón Cortés, G. P., González Velandia, K. D., Espinosa Garcia, H., & Torres Sanabria, C. (2021). Re-pensando el Rol Académico en el Discurso de la Economía Circular. *Ambiente & Sociedad*, 24. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200046r1vu2021L2AO>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *J. Clean. Prod.*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.12.048>
- Geng, S., Wang, Y., Zuo, J., Zhou, Z., Du, H., & Mao, G. (2017). Building life cycle assessment research: A review by bibliometric analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 176-184. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.068>
- Ghaffar, S. H., Burman, M., & Braimah, N. (2020). Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118710>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114(15), 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.*, 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.09.007>
- Ghufran, M., Ahmad Khan, K. I., Ullah, F., Rehman Nasir, A., Al Ahmadi, A. A., Alzaed, A. N., & Alwetaishi, M. (2022). Circular Economy in the Construction Industry: A Step towards Sustainable Development. *Building*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/buildings12071004>

- Gibbs, D. (2006). Sustainability entrepreneurs, ecopreneurs and the development of a sustainable economy. *Greener Management International*, 63-78.
<https://doi.org/10.9774/GLEAF.3062.2006.au.00007>
- González Sánchez, M. E., León Bassantes, L. S., & Peñafiel Cox, M. F. (2023). La economía circular como nuevo modelo de negocio empresarial. *Revista Científica Arbitrada de Investigación en Comunicación, Marketing y Empresa*, 6(12), 118-131. <https://doi.org/10.46296/rc.v6i12.0146>
- Gower, R., & Schröder, P. (2016). *Virtuous Circle: how the circular economy can create jobs and save lives in low and middle-income countries*.
<https://www.ids.ac.uk/publications/virtuous-circle-how-the-circular-economy-can-create-jobs-and-save-lives-in-low-and-middle-income-countries/>
- Hart, J., Adams, K., Gieseckam, J., Densley Tingley, D. D., & Pomponi, F. (2019). Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*, 80, 619-624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>
- Heisel, F., & Rau Oberhuber, S. (2020). Calculation and evaluation of circularity indicators for the built environment using the case studies of UMAR and Madaster. *J. Clean. Prod.*, 243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118482>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Education.
- Hossain, M. U., Ng, S. T., Antwi Afari, P., & Amor, B. (2020). Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction. *Renew. Sustain. Energy Rev*, 130.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109948>
- Illankoon, C., & Chinthaja Vithanage, S. (2023). Closing the loop in the construction industry: A systematic literature review on the development of circular economy. *Journal of Building Engineering*, 76, 1-14.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107362>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (INCONTEC). (2019). *Guía técnica colombiana GTC - ISO 21500 Directrices para la dirección y gestión de proyectos*. <https://tienda.icontec.org/gp-directrices-para-la-direccion-y-gestion-de-proyectos-gtc-iso21500-2013.html>
- Jiménez Rivero, A., & García Navarro, J. (2016). Indicators to Measure the Management Performance of End-of-Life Gypsum: From Deconstruction to Production of Recycled Gypsum. *Waste and Biomass Valorization*, 7, 913-927.
<https://doi.org/10.1007/s12649-016-9561-x>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resour. Conserv. Recycl.*, 127, 221-232.
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.09.005>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppala, J. (2018). Circular Economy: The concept and its limitations, Ecological Economics. *Ecological Economics*, 143, 37-46.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916300325>
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *J. Clean. Prod.*, 175, 544-552.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.12.111>

- Kristensen, H. S., & Mosgaard, M. A. (2020). A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability? *J. Clean. Prod.*, 243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118531>
- López Ruiz, L. A. (2021). *Implementation and evaluation of the Circular Economy model in the construction and demolition waste sector (PhD. Thesis)*. Universitat Politècnica de Catalunya:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/2117/361629/1/TLALR1de1.pdf>
- López Ruiz, L. A., Roca Ramón, X., & Gassó Domingo, S. (2020). The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach. *Journal of Cleaner Production*, 248.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238>
- Mata, A. (2019). *La economía circular como modelo para la mejora Económico-Productiva en el sector manufacturero de la Zona 2 y 9 del Ecuador, priorizando procesos ecológicos y uso eficiente de recursos*. Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20013>
- Melo Delgado, C., Castillo Mutis, G., & García Noguera, L. C. (2022). De la economía lineal a la economía circular, transformaciones en el manejo de los residuos sólidos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 52-82.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2516
- MEN - CAMACOL. (2020). *Marcó Nacional de Cualificaciones Colombia*. Ministerio de Educación Nacional:
<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Cat%C3%A1logo%20de%20Cualificaciones.pdf>
- MEN-CAMACOL. (2019). *Catálogo de cualificaciones sector construcción: Producto Dos - Contextualización del sector*. Convenio de Asociación No. 201 de 2019 MEN - CAMACOL:
https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2021-08/caracterizacion-sector-construccion.pdf
- Merli, R., Preziosi, M., & Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *J. Clean. Prod.*, 178, 703-722.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.12.112>
- Min de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2019). *Requerimientos de formación para la cadena de producción del sector de la construcción*.
<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-07/2019.pdf>
- MinCIT. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular: Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*:
https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (s.f.). *Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones*. <https://ismd.com.co/wp-content/uploads/2017/03/Anexo-No-1-Gu%C3%ADa-de-construcci%C3%B3n-sostenible-para-el-ahorro-de-agua-y-energ%C3%ADa-en-las-edificaciones.pdf>
- Montero J., C. M., Gómez H., E. G., Arocutipá, P. F., & Cuadros M., J. L. (2020). Áreas de conocimiento y fases clave en la gestión de proyectos: consideraciones teóricas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(90), 680-692.

- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., . . . Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resour. Conserv. Recycl.*, *146*, 452-462. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
- Munaro, M. R., Tavares, S. F., & Bragança, L. (2020). Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, *260*, 121134. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121134>
- Nadal Roig, E. (2017). *Dirección y gestión de proyectos*. Universitat Oberta de Catalunya. https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/141070/1/Direcci%C3%B3n%20y%20gesti%C3%B3n%20de%20proyectos.%20Certificaci%C3%B3n%20en%20PM_Direcci%C3%B3n%20y%20gesti%C3%B3n%20de%20proyectos_Portada.pdf
- Nilimaa, J. (2023). Smart materials and technologies for sustainable concrete construction. *Developments in the Built Environment*, *15*, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100177>
- Norouzi, M., Cháfer, M., Cabeza, L. F., Jiménez, L., & Boer, D. (2021). Circular economy in the building and construction sector: A scientific evolution analysis. *Journal of Building Engineering*, *44*. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102704>
- Núñez Núñez Cacho, P., Górecki, J., Molina Moreno, V., & Corpas Iglesias, F. A. (2018). What gets measured, gets done: Development of a Circular Economy measurement scale for building industry. *Sustainability*, *10*. <https://doi.org/10.3390/su10072340>
- ODEC. (s.f.). *Observatorio Deceunick para la Economía Circular*. Economía Circular en el sector construcción. La percepción de los ciudadanos: https://pro-tectonica-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com/informe-odec-2022pdf_1672317240.pdf
- Organización de Naciones Unidas (ONU), Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (2018). *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en países en desarrollo*. Recuperado en agosto 30, 2023, de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- Organización de Naciones Unidas (ONU), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva regional de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. Ciudad de Panamá, Panamá: ISBN: 978-92-807-3715-8.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, *35*(1), 227-232. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Palafox Alcantar, P. G., Hunt, D. L., & Rogers, C. D. (2020). The complementary use of game theory for the circular economy: A review of waste management decision-making methods in civil engineering. *Waste Manag*, *102*, 598-612. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.014>
- Pauliuk, S. (2018). Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. *Resour. Conserv. Recycl.*, *129*, 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.019>

- Perero Van Hove, E. (2019). *Economía Circular en el sector de la Construcción. Un acercamiento introductorio*. Ciudades Circulares. Economía Circular y Hábitat: CONAMA.
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/130254/CONAMA_Economia%20circular_2018.pdf;sequence=1
- Pineda Roberto, A. J. (2023). *Estrategias y desafíos de Economía Circular como oportunidades para modelos de negocio en empresas del sector de la construcción en Colombia [Tesis de Maestría]*. Universidad Nacional de Colombia.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Ocaña. (2015):
https://ocananortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/ocananortedesantander/content/files/000112/5556_formulacin_urbana_2015.pdf
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *J. Clean. Prod.*, 143, 710-718.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.12.055>
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK Guide*. Project Management Institute.
<https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>
- Reyes Clavijo, J. D. (2022). Determinación del Perfil Productivo del Municipio de Ocaña: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/21169>
- Riba, J. R., Cantero, R., Canals, T., & Puig, R. (2020). Circular economy of post-consumer textile waste: Classification through infrared spectroscopy. *J. Clean. Prod.*, 272. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123011>
- Rodríguez, E., & Rivera, P. (2022). Economía circular y empresas verdes: prospectiva del desarrollo sostenible regional en Colombia. *CITAS*, 8(1), 1-16.
<https://doi.org/10.15332/24224529>
- Sáenz Arteaga, A. R. (2012). *El éxito de la gestión de proyectos. Un nuevo enfoque entre lo tradicional y lo dinámico [Tesis doctoral]*. ESADE.
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., & Cluzel, F. (2017). 7. How to assess product performance in the circular economy? Proposed requirements for the design of a circularity measurement framework. *Recycling*, 2.
<https://doi.org/10.3390/recycling2010006>
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *J. Clean. Prod.*, 207, 542-559.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>
- Sánchez Ortiz, J., Rodríguez Cornejo, V., Del Río Sánchez, R., & García Valderrama, T. (2020). Indicators to measure efficiency in circular economies. *Sustain.*, 12.
<https://doi.org/10.3390/su12114483>
- Seppälä, J., Honkasalob, A., & Korhonen, J. (2017). *Circular Economy: The Concept and its Limitations*. ScienceDirect, 143, 37-46.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916300325>
- Siles, R., & Mandelo, E. (2018). *Herramientas y técnicas para la gestión de proyectos de desarrollo PM4R. Certificación Project Management Associate (PMA)*:
https://indesvirtual.iadb.org/file.php/1/PM4R/Guia%20de%20Aprendizaje%20PMA%20SPA.pdf?fbclid=IwAR0_17MRzWGU-xgLTa1HregQQYcDu4V8vVnAga7GbhPdR2dJ0QbezaNZ-ig

- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *J. Clean. Prod.*, 42, 215-22. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2012.11.020>
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *J. Clean. Prod.*, 42, 215-227. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2012.11.020>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2022). *Boletín Tecnológico. Construcciones sostenibles: materiales de bajo impacto ambiental*: https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/2022/Construcciones_Boletin.pdf
- Tan, J., Tan, F. J., & Ramakrishna, S. (2022). Transitioning to a Circular Economy: A Systematic Review of Its Drivers and Barriers. *Sustainability*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031757>
- UK Government. (2020). *Guía de Desarrollo de Proyectos para Proyectos de Infraestructura*: <http://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/>
- WBCSD. (2021). *Circular Transition Indicators V2.0 - Metrics for business, by business*. <https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Metrics-Measurement/Resources/Circular-Transition-Indicators-v2.0-Metrics-for-business-by-business>
- Wisse, E. (2016). *Assessment of indicators for Circular Economy; The case for the metropole region Amsterdam*. <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/23728/Thesis%20Erik%20Wisse%20-%20Assessment%20of%20indicators%20for%20Circular%20Economy%20in%20the%20MRA.pdf?sequence=1>
- Yeheyis, M., Hewage, K., Alam, M. S., Eskicioglu, C., & Sadiq, R. (2013). An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. *Clean Technol. Environ. Policy*, 15, 81-91. <https://doi.org/10.1007/s10098-012-0481-6>
- Zapata, A. (2022). *Para 2023, una de cada cinco construcciones debería ser sostenible*. Diario El Colombiano: <https://www.elcolombiano.com/negocios/para-2023-1-decada-5-edificaciones-debe-ser-sostenible-CP18716848>