Estrategias para la integración de criterios de construcción sostenible en gerencia de proyectos de edificación

Lizeth Daniela Rodríguez Pamplona

Luis Carlos Villegas Hernández

Universitaria Agustiniana - Uniagustiniana

Ingeniería / Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Especialización de Gerencia de Proyectos

Bogotá

2026

Estrategias para la integración de criterios de construcción sostenible en gerencia de proyectos de edificación

Lizeth Daniela Rodríguez Pamplona

Luis Carlos Villegas Hernández

Tutor:

Laura Liliana Linares Romero

Trabajo de grado para optar al título de

Especialización de Gerencia de Proyectos

Universitaria Agustiniana - Uniagustiniana

Ingeniería / Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Especialización de Gerencia de Proyectos

Bogotá

2026

Dedicatoria

Este trabajo de grado lo dedicamos a nuestros docentes y mentores de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, por su valiosa transmisión de conocimientos, su orientación constante y su firme compromiso con nuestra formación profesional. Asimismo, lo dedicamos a todos aquellos que creen en la importancia de construir un futuro más sostenible, promoviendo la integración de prácticas responsables en la gerencia de proyectos de edificación.

Tabla de contenido

Dedicatoria 3

Resumen 4

Abstract 6

Introducción 7

Revisión de literatura 11

Construcción Sostenible en el Contexto del sector constructor 11

Gerencia de proyectos y sostenibilidad en edificaciones 12

Enfoque de ciclo de vida en proyectos de construcción 13

Indicadores de desempeño ambiental en la gestión de proyectos 13

Estrategia metodológica 15

Alcance metodológico 15

Enfoque metodológico 15

Universo, población y muestra 16

Instrumentos de levantamiento de información 17

Validez y rigor metodológico 17

Procesamiento de la información 18

Consideraciones éticas 18

Resultados 19

Objetivo 1 19

Objetivo 2 20

Objetivo 3 22

Objetivo 4 23

Discusión y Conclusiones 27

Referencias 31

Resumen

El presente trabajo de grado tiene como propósito desarrollar un marco práctico para la implementación de estrategias que integren criterios de sostenibilidad en la gerencia de proyectos de construcción sostenible, con énfasis en el desarrollo de edificios verdes y ciudades sostenibles. El sector de la edificación es uno de los principales responsables del consumo de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones contaminantes, lo que ha incrementado la preocupación por el impacto ambiental de los proyectos de construcción. No obstante, la incorporación de criterios ambientales en la gerencia de proyectos aún es limitada (Catalina, V., et al., 2025), ya que en muchos casos se consideran de manera aislada o tardía, sin integrarse sistemáticamente en las fases de inicio, planificación, ejecución, control y cierre.

El problema central de la investigación radica en la ausencia de lineamientos prácticos que permitan articular de manera efectiva la gestión de proyectos con los principios de la construcción sostenible. Para abordar esta problemática, se propone el diseño de un marco metodológico basado en la aplicación y combinación de metodologías reconocidas en gerencia de proyectos, adaptadas a los requerimientos específicos de la edificación verde.

Como resultado, se establece una estructura de lineamientos que facilita la incorporación transversal de criterios de sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Se concluye que la integración sistemática de estos criterios no solo mejora el desempeño ambiental de las edificaciones, sino que también fortalece la toma de decisiones estratégicas y la competitividad del sector constructor.

Palabra clave: Gerencia de proyectos, sostenibilidad, construcción verde, edificios verdes.

Abstract

The purpose of this undergraduate thesis is to develop a practical framework for implementing strategies that integrate sustainability criteria into project management within green construction, with a focus on the development of green buildings and sustainable cities. The building sector is one of the main contributors to natural resource consumption, waste generation, and pollutant emissions, which has increased concern about the environmental impact of construction projects. However, the incorporation of environmental criteria into project management practices remains limited (Catalina, V., et al., 2025), as these criteria are often considered in isolation or introduced too late, rather than being systematically integrated throughout the initiation, planning, execution, monitoring, and closing phases of a project.

The central research problem lies in the lack of practical guidelines that effectively align project management processes with sustainable construction principles. To address this issue, a methodological framework is proposed based on the application and combination of recognized project management methodologies, adapted to the specific requirements of green building projects.

The main outcome of this study is a structured set of guidelines that enables the transversal integration of sustainability criteria throughout the project life cycle. It is concluded that the systematic incorporation of these criteria not only enhances the environmental performance of buildings but also strengthens strategic decision-making and improves the competitiveness of the construction sector.

Keywords: Project management, sustainabilit, green construction, green buildings.

Introducción

El término economía verde fue introducido formalmente en 1989 en el informe *Blueprint for a Green Economy*, elaborado por David Pearce, Anil Markandya y Edward Barbier, como una propuesta orientada a integrar la variable ambiental en los modelos tradicionales de crecimiento económico. Posteriormente, el concepto de crecimiento verde emergió en la región de Asia y el Pacífico durante la Quinta Conferencia Ministerial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en 2005 en Seoul, bajo el liderazgo de la United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific.*(Herrán, 2012*) Este enfoque buscó conciliar el desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental, promoviendo patrones de producción y consumo más eficientes en el uso de recursos.

En 2009, en el contexto de la crisis financiera global, el United Nations Environment Programme impulsó el debate mediante el informe *Global Green New Deal*, coordinado por Edward Barbier, proponiendo la transición hacia economías bajas en carbono como una estrategia para reactivar el crecimiento económico y, simultáneamente, enfrentar la crisis climática.(*Unep, 2023)* Esta perspectiva fortaleció el paradigma del desarrollo sostenible al reafirmar la interdependencia entre las dimensiones económica, social y ambiental como base de un modelo de desarrollo resiliente e inclusivo.

En este marco conceptual se plantean las infraestructuras sostenibles, como una estrategia que optimiza la calidad del área urbana y aumenta la resiliencia en zonas vulnerables *(Llomparte, 2023)*. Es un enfoque integral para la planificación, diseño, construcción, operación y eventual demolición de edificaciones, cuyo propósito es reducir los impactos ambientales negativos y optimizar la eficiencia en los diferentes recursos y materiales a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. *(Llomparte, 2023)*.

Desde una perspectiva técnica, la construcción verde incorpora factores que contribuyen a minimizar los impactos y los niveles de insumos y recursos (energía, agua, transporte y materiales). Asimismo, el uso eficiente de la energía y del recurso hídrico, se logra mediante diseños de arquitectura que aprovechan los recursos naturales y aplican técnicas de construcción más eficientes, que sean flexibles y fácilmente adaptables ante los efectos del cambio climático. Estos factores se adaptan a un rango más amplio de las necesidades sociales actuales y futuras, y además promueven hábitos sostenibles durante el ciclo de vida del proyecto.*(Gil, 2023)*

No obstante, pese a la existencia de marcos normativos y sistemas de certificación ambiental como LEED, desarrollado por el U.S. Green Building Council, y BREEAM, creado por el Building Research Establishment, la integración de criterios de sostenibilidad en gestión de proyectos de edificación continúa presentando limitaciones. *(USGBC, 2023)* Con frecuencia, dichos criterios se integran en etapas avanzadas del proyecto, lo que reduce su efectividad técnica y aumenta los costos de implementación. Esta situación demuestra una falla en los principios de la construcción sostenible y las prácticas tradicionales de gerencia de proyectos.

En el contexto colombiano, esta problemática logra una particular relevancia en el marco del "Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 Colombia Potencia Mundial de la Vida", que reconoce la transición verde y la transformación productiva como principios del desarrollo nacional. Bajo este contexto, el sector de la construcción ejerce un papel estratégico en la reducción de emisiones, la eficiencia energética y el fortalecimiento de ciudades sostenibles *(DNP, 2023)*. Sin embargo, para realizar estos propósitos resulta indispensable articular de manera planificada los enfoques de sostenibilidad con las metodologías de dirección y gestión de proyectos.

Con base en esto, surge la necesidad de abordar la siguiente pregunta problema: ¿cómo pueden integrarse, de manera efectiva, los criterios de construcción verde en la gerencia de proyectos de edificación a lo largo de su ciclo de vida? Esta pregunta guía el presente estudio y muestra la importancia de desarrollar un conjunto de estrategias que incluya la sostenibilidad en todas las etapas del proyecto, desde el inicio hasta el cierre.

De acuerdo con este planteamiento, la investigación busca proponer formas de incluir criterios de construcción sostenible en la gestión de proyectos de edificación. Esto se hace a partir del análisis de estudios y literatura de América Latina, asegurando que estos criterios se consideren en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto. Para cumplir con este objetivo, se plantea:(i) analizar las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos de edificación desde el la perspectiva de la gestión de proyectos; (ii) evaluar las brechas existentes entre las prácticas convencionales y los principios de la construcción sostenible; (iii) crear estrategias, herramientas y lineamientos que permitan incorporar criterios de sostenibilidad en cada fase del proyecto; y (iv) sugerir indicadores de desempeño ambiental y de sostenibilidad que faciliten el seguimiento y control durante la ejecución del proyecto.

De esta manera, el estudio tiene como propósito aportar al diseño de un marco metodológico completo, adaptado a las condiciones técnicas, normativas y socioeconómicas de Colombia, que se ajuste a las características del sector de la construcción en el país. Este marco busca no solo disminuir los impactos ambientales de los proyectos de edificación, como el alto consumo de recursos, la producción de residuos y las emisiones de CO_2, sino también mejorar su desempeño económico a través de una gestión más eficiente de los costos, los tiempos y la calidad. Asimismo, se orienta a disminuir los riesgos a la gestión de proyectos, especialmente aquellos relacionados con el incumplimiento normativo, cambios en los precios de los

materiales, la eficiencia energética y en materia ambiental, fortaleciendo así los procesos de toma de decisiones estratégicas y la sostenibilidad financiera de las iniciativas.

En este sentido, la gerencia moderna de proyectos trasciende la visión tradicional centrada exclusivamente en la fase de ejecución de la obra y adopta un enfoque sistémico que abarca todas las etapas del ciclo de vida del activo: desde la concepción y el diseño, hasta la construcción, operación, mantenimiento y eventual disposición final o reconversión.*(González, 2021)* Esta perspectiva integral permite anticipar impactos, optimizar el uso de los recursos, incorporar criterios de eficiencia y resiliencia, y generar valor a largo plazo para los diferentes grupos de interés (Stakeholders). De igual manera, facilita la alineación de los proyectos de edificación con los compromisos nacionales e internacionales en materia de estrategias y acciones para la reducción de emisiones de (GEI), adaptación al cambio climático y desarrollo sostenible, promoviendo una cultura organizacional orientada a la responsabilidad ambiental, la innovación y la competitividad del sector.

Revisión de literatura

Construcción Sostenible en el Contexto del sector constructor

La construcción sostenible se ha consolidado como un enfoque integral orientado a reducir los impactos ambientales del sector edificador, el cual es responsable de un alto consumo de recursos naturales, generación de residuos y emisiones contaminantes (United Nations Environment Programme [UNEP], 2023; Aghimien et al., 2021; Zhang et al., 2026). En este sentido, el concepto ha evolucionado desde una visión centrada en la eficiencia de recursos hacia un modelo sistémico que incorpora criterios ambientales, económicos y sociales en todas las etapas del proyecto. Según Gil (2023), la arquitectura sostenible busca optimizar el uso de energía, agua y materiales mediante soluciones de diseño adaptativas, mientras que Llomparte y Casares (2023) destacan que este enfoque también contribuye a la resiliencia urbana y a la mejora de la calidad del entorno construido. De manera complementaria, el Plan Nacional de Desarrollo de Colombia (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2023) refuerza la necesidad de incorporar estos principios como parte de una estrategia país orientada al desarrollo sostenible.

Desde una perspectiva aplicada, la sostenibilidad en edificaciones no solo implica la incorporación de tecnologías limpias, sino también la adopción de criterios de planificación y gestión que permitan su implementación efectiva. En este contexto, Alegría-Lenis y Giraldo-Castañeda (2025) evidencian que la integración de estrategias bioclimáticas puede mejorar simultáneamente el desempeño ambiental y la rentabilidad de los proyectos, mientras que Fomchenko Pasternak (2025) plantea la necesidad de establecer criterios claros para clasificar edificaciones de bajo impacto ambiental. Asimismo, investigaciones como las de Cabeza et al. (2020) y Fnais et al. (2022) resaltan que el análisis de ciclo de vida constituye una

herramienta fundamental para evaluar de manera integral los impactos asociados a la construcción, lo que refuerza la importancia de adoptar enfoques estructurados en la toma de decisiones.

Gerencia de proyectos y sostenibilidad en edificaciones

La incorporación de la sostenibilidad en la gerencia de proyectos implica una transformación del enfoque tradicional, en el que el éxito se medía exclusivamente en términos de alcance, costo y tiempo. En este sentido, autores como Orozco (2024), junto con el DNP (2023) y UNEP (2023), coinciden en que la gestión moderna de proyectos debe integrar variables ambientales como parte de la toma de decisiones estratégicas. Esta integración permite no solo reducir impactos negativos, sino también mejorar la eficiencia operativa y la competitividad del sector.

No obstante, la literatura evidencia que dicha integración aún presenta limitaciones en su aplicación práctica. Estudios como los de Aghimien et al. (2021), Zhang et al. (2026) y Fnais et al. (2022) identifican barreras estructurales en la adopción de prácticas sostenibles, tales como la falta de conocimiento técnico, la ausencia de herramientas de gestión y la resistencia al cambio en el sector construcción. De igual manera, González (2021) resalta que la gestión inadecuada de procesos operativos, como el manejo de residuos, evidencia debilidades en la implementación de criterios ambientales durante la ejecución de proyectos. Esto sugiere que, aunque existe un avance conceptual significativo, la sostenibilidad aún no se encuentra plenamente integrada en los sistemas de gestión de proyectos.

Enfoque de ciclo de vida en proyectos de construcción

El enfoque de ciclo de vida se posiciona como un elemento clave para la integración de la sostenibilidad en proyectos de edificación, al permitir analizar de manera estructurada las diferentes fases del proyecto y sus impactos asociados (Cabeza et al., 2020; Fnais et al., 2022; Matasci, 2006). Este enfoque facilita la identificación de oportunidades de mejora desde la etapa de diseño hasta la operación del activo, permitiendo optimizar el uso de recursos y minimizar impactos ambientales a largo plazo.

Sin embargo, la literatura también señala que la aplicación de este enfoque presenta desafíos, particularmente en la fase de ejecución. Según UNEP (2023), el sector de la construcción es responsable de aproximadamente el 36% del consumo energético global, lo que evidencia la relevancia de esta etapa en el desempeño ambiental del proyecto. En este mismo sentido, Aghimien et al. (2021), Zhang et al. (2026) y González (2021) coinciden en que las mayores brechas se presentan en la transición entre diseño y ejecución, donde se pierde la trazabilidad de los criterios sostenibles definidos inicialmente. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de fortalecer los mecanismos de control y seguimiento que permitan garantizar la coherencia del proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

Indicadores de desempeño ambiental en la gestión de proyectos

Los indicadores de desempeño ambiental constituyen herramientas fundamentales para la gestión de la sostenibilidad en proyectos de construcción, al permitir medir, monitorear y controlar variables críticas durante la ejecución (UNEP, 2023; USGBC, 2023; Fnais et al., 2022). En este contexto, sistemas como LEED establecen lineamientos específicos para evaluar el

desempeño ambiental de las edificaciones, promoviendo la adopción de prácticas sostenibles en el sector (USGBC, 2023). De igual manera, el uso de indicadores permite vincular los objetivos ambientales con los procesos operativos del proyecto, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia.

A pesar de su relevancia, la implementación de indicadores en la fase de ejecución sigue siendo limitada. Investigaciones como las de Aghimien et al. (2021), Zhang et al. (2026) y Fnais et al. (2022) evidencian que la falta de sistemas estructurados de medición dificulta el seguimiento del desempeño ambiental y limita la capacidad de implementar acciones correctivas. En este sentido, el desarrollo de indicadores específicos, como el consumo de recursos, la generación de residuos y el cumplimiento de criterios técnicos sostenibles, se configura como una necesidad para cerrar las brechas existentes entre la teoría y la práctica.

Estrategia metodológica

La presente investigación se orienta al diseño de un marco metodológico para la integración de criterios de construcción verde en la gerencia de proyectos de edificación. En coherencia con la naturaleza aplicada del estudio, la estrategia metodológica se estructura a partir de un enfoque cualitativo, con alcance descriptivo–propositivo, sustentado en revisión documental sistemática y análisis estructurado de información especializada.

Alcance metodológico

El alcance de la presente investigación es descriptivo, dado que busca calificar y analizar la manera en que los criterios de sostenibilidad se integran en la actualidad en la gerencia de proyectos de edificación. Basado en esta descripción, el estudio se dirige hacia una fase propositiva, guiada al diseño de lineamientos metodológicos que permitan mejorar la integración.

El carácter descriptivo permite reconocer los patrones, vacíos y oportunidades dentro de los procesos de gestión de proyectos relacionados con sostenibilidad. No se requiere establecer relaciones de causa ni realizar mediciones estadísticas, sino comprender la estructura del problema y formular una propuesta metodológica fundamentada en evidencia teórica y técnica.

Enfoque metodológico

El estudio opta por un enfoque cualitativo, ya que se prioriza en el análisis conceptual y comparativo de literatura científica, estándares internacionales y marcos técnicos vinculado con gerencia de proyectos y construcción verde. Este enfoque resulta es apropiado porque la investigación no busca cuantificar variables, sino interpretar y articular conocimientos existentes para generar un modelo aplicable.

El diseño metodológico es documental–analítico, lo que implica la validación sistemática de fuentes académicas y técnicas, seguida de un proceso de categorización, síntesis y estructuración de la información. Este diseño permite desarrollar un marco metodológico basado en evidencia, asegurando coherencia entre teoría y aplicación práctica.

Universo, población y muestra

El parámetro de la investigación está conformado por la producción académica y técnica relacionada con sostenibilidad en la construcción y gerencia de proyectos. La población de estudio corresponde a documentos especializados tales como:

- Artículos científicos indexados.
- Libros académicos.
- Estándares internacionales de gestión de proyectos.
- Guías de certificación ambiental.
- Informes de organismos multilaterales.

La muestra es seleccionada mediante un muestreo intencional, priorizando documentos que cumplan con criterios de pertinencia temática, actualidad, rigor académico y aplicabilidad al sector de la edificación de la construcción verde, delimitando en la ciudad de Bogotá. Se incluyen principalmente fuentes publicadas en los últimos diez años, sin excluir documentos clásicos que constituyan bases conceptuales relevantes.

Se excluyen documentos sin respaldo académico, publicaciones no verificables y fuentes de carácter exclusivamente comercial.

Dado que la investigación es documental, no se involucran participantes humanos. Sin embargo, se mantienen principios éticos relacionados con la transparencia en el manejo de la información y el respeto por la propiedad intelectual.

Instrumentos de levantamiento de información

El principal instrumento de recolección de información es una matriz de análisis documental, diseñada para sistematizar los aportes de cada fuente revisada. Esta matriz organiza la información en categorías previamente definidas, tales como:

- Fases del ciclo de vida del proyecto.
- Áreas de conocimiento de la gerencia de proyectos.
- Criterios de sostenibilidad.
- Estrategias de integración.
- Resultados reportados en estudios previos.

La matriz permite comparar enfoques, identificar convergencias y establecer relaciones entre gestión de proyectos y construcción verde. Este instrumento garantiza una recolección ordenada y trazable de la información.

Validez y rigor metodológico

La validez del estudio se sustenta en la triangulación de fuentes académicas y técnicas, así como en la comparación de diferentes marcos metodológicos reconocidos a nivel internacional. El rigor metodológico se presenta mediante:

- Revisión sistemática de literatura especializada.
- Selección criteriosa de fuentes.
- Categorización estructurada de la información.
- Coherencia entre objetivos, métodos y resultados.

Adicionalmente, la trazabilidad del proceso analítico permite reproducir el procedimiento de revisión y síntesis de la información.

Procesamiento de la información

La información recopilada se procesa mediante análisis cualitativo de contenido. Inicialmente, se realiza una codificación temática de los documentos revisados, identificando conceptos clave relacionados con sostenibilidad y gerencia de proyectos. Posteriormente, se agrupan los hallazgos en categorías analíticas que permiten construir un modelo integrador.

El procesamiento se apoya en matrices comparativas y esquemas de síntesis desarrollados en hojas de cálculo, facilitando la organización de la información y la elaboración del marco metodológico final.

Consideraciones éticas

La investigación se desarrolla bajo principios éticos de integridad académica, transparencia y respeto por la propiedad intelectual. Todas las fuentes utilizadas son debidamente citadas conforme a normas internacionales de referencia. Al tratarse de un estudio documental, no se recopila información personal ni se interviene sobre individuos u organizaciones, por lo que no se generan riesgos éticos asociados a la participación humana.

No obstante, se garantiza el uso responsable de la información y la fidelidad en la interpretación de los contenidos analizados.

Resultados

Resultados objetivo 1:

La Encuesta N°1 (Anexo N° 2), aplicada a profesionales del sector de la construcción incluyendo ingenieros civiles, ingenieros ambientales y arquitectos permitió identificar percepciones clave sobre las fases del ciclo de vida de proyectos de edificación, así como su relación con la sostenibilidad en el contexto de Bogotá.

En primer lugar, los resultados evidencian un consenso generalizado respecto a la estructura del ciclo de vida de un proyecto, el cual se compone de cinco fases principales: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre. Este hallazgo es coherente con los enfoques tradicionales de gestión de proyectos y confirma su aplicabilidad en el ámbito de la edificación sostenible.

Dentro de estas etapas, la fase de planificación y diseño se posicionan con un 70% como las fases más determinantes en el ciclo de vida de un proyecto. Los encuestados coinciden en que es en esta etapa donde se establecen los lineamientos técnicos, ambientales y operativos que condicionan el desempeño del proyecto en sus fases posteriores. Este resultado sugiere que las decisiones tempranas tienen un impacto significativo en la viabilidad y sostenibilidad de las edificaciones, lo que refuerza la necesidad de integrar criterios sostenibles desde el inicio del proceso. *(Moreno, 2025)*

Por otra parte, se identificó que la incorporación de criterios de sostenibilidad en proyectos de construcción en Bogotá aún es parcial. Aunque existe un reconocimiento de su importancia, su implementación presenta mayores dificultades durante la fase de ejecución. Esta situación puede estar asociada a limitaciones técnicas, económicas o de gestión, lo que evidencia una brecha entre la planificación y la práctica constructiva.

Asimismo, el análisis muestra que el impacto ambiental es considerado uno de los aspectos más relevantes en el desarrollo de proyectos sostenibles. Esta prioridad refleja una creciente conciencia ambiental en el sector, pero también pone de manifiesto la necesidad de fortalecer estrategias que permitan mitigar los efectos negativos de la construcción sobre el entorno *(Alegria, 2025)*.

Finalmente, en cuanto a recomendaciones, los profesionales destacan con un 80% la importancia de adoptar un enfoque integral del ciclo de vida del proyecto. En particular, señalan la necesidad de considerar los costos de operación y mantenimiento desde la fase de diseño, así como de estructurar adecuadamente las actividades y definir cronogramas realistas. Estas acciones no solo contribuyen a una mejor gestión del proyecto, sino que también favorecen la sostenibilidad a largo plazo *(Moreno, 2025)*.

Resultados objetivo 2:

A partir del análisis de las respuestas de la encuesta N°2 (Anexo N° 2), se identificaron tendencias consistentes que permitieron caracterizar las brechas principales en la integración de criterios de sostenibilidad incluido en el ciclo de vida de los proyectos de edificación sostenible. Aproximadamente el 75% de las respuestas coinciden en que las principales y mayores dificultades se centralizan en las fases de planificación, transición entre diseño y construcción, y ejecución, mientras que un 60% de los encuestados señala claras deficiencias en los procesos de seguimiento y control. Estos resultados evidencian que las limitaciones no son originarias en la ausencia de principios técnicos de sostenibilidad para edificaciones, sino en debilidades de forma y concepto en la gerencia de proyectos, particularmente en la articulación entre fases y en la toma de decisiones tempranas.

De esta manera, los hallazgos resultan validos con la literatura especializada investigada, la cual señala que la adopción de practicas de construcción sostenible se ve afectada por múltiples muros de carácter organizacional, técnico y económico, resaltando la falta de integración entre actores, el desconocimiento técnico y la percepción de altos costos iniciales (Zhang et al., 2026; Aghimien et al., 2021). Particularmente, se identifica que un porcentaje significativo de estos muros se origina en las etapas iniciales del ciclo de vida de los proyectos, donde las decisiones de diseño condicionan un 70% del desempeño ambiental y económico de las edificaciones (Cabeza et al., 2020; Fnais et al.,2022).

Basado en lo anterior, es posible dividir las brechas identificadas en función de las fases del ciclo de vida del proyecto. En la fase de inicio y formulación, se representa una limitada incorporación de los criterios de sostenibilidad en la definición del alcance y objetivos del proyecto, lo que restringe su posterior integración en las fases del ciclo de vida del proyecto. La considerada fase critica de los proyectos por los encuestados (Fase de planificación y diseño), se identifican brechas asociadas a la falta de integración interdisciplinaria, la incorporación tardía de rubricas ambientales y la ausencia de herramientas de evaluación como el análisis del ciclo de vida. Durante la fase de ejecución, las principales dificultades se relacionan con la desarticulación entre lo diseñado versus lo construido, la limitada disponibilidad de materiales sostenibles y la falta de control técnico administrativo en obra, lo que genera reprocesos en costo y tiempo. En la fase de monitoreo y control, se identifican debilidades en los sistemas de seguimiento de indicadores ambientales y de desempeño sostenible, lo que complica la toma de decisiones de corrección. Para finalizar, en la fase de operación y mantenimiento, se evidencia a partir de la encuesta una desarticulación significativa entre los objetivos del diseño y el

desempeño real de la obra, debido a la ausencia de estrategias de gestión del ciclo de vida de los proyectos.

Como consecuencia de estas problemáticas (brechas), los profesionales coinciden en que se generan impactos directos sobre variables de la gerencia de proyectos, tales como, incrementos de costos, retraso en cronogramas y disminución en la eficiencia operativa, lo cual coincide con estudios significativos que resaltan que la falta de integración del enfoque de ciclo de vida puede derivar en un bajo desempeño global de un proyecto (Matasci, 2006). En conjunto, estos resultados permiten concluir que las brechas identificadas no son aisladas, sino que responden a problemáticas sistemáticas en la gestión de proyectos, caracterizada principalmente por la falta de integración en un enfoque sostenible de los procesos de planificación, ejecución y control en las fases del ciclo de vida.

Resultados objetivo 3:

Luego de analizar las encuestas, se determina que las mayores brechas se presentan en la fase de planificación y en la transición entre diseño y ejecución. Estas brechas se originan principalmente por la falta de comunicación, la ausencia de medición y la limitada trazabilidad de los criterios ambientales a lo largo del proyecto. (Fomchenko P, 2025)

En este sentido, se identifica la necesidad de garantizar que lo diseñado se materialice de manera coherente en la etapa constructiva. Para ello, se proponen herramientas que faciliten la integración y gestión de la información, tales como el uso de BIM colaborativo, que permite integrar arquitectura, ingeniería y criterios ambientales en un único modelo; un Common Data Environment (CDE), que centraliza planos, especificaciones y cambios en tiempo real; y la implementación de especificaciones técnicas sostenibles integradas, mediante fichas claras que detallen las características y criterios ambientales de los materiales (Novillo, 2020).

Asimismo, se evidencia la importancia de fortalecer la transición entre el diseño y la construcción, con el fin de evitar la pérdida de la intención sostenible al iniciar la obra. Para ello, se proponen herramientas como un plan de transferencia de diseño sostenible, concebido como un documento puente entre diseñadores y constructores; la realización de workshops de alineación, que permitan revisar de manera conjunta las estrategias sostenibles antes del inicio de la construcción; y el uso de matrices de trazabilidad de requisitos ambientales, que vinculen cada objetivo (energía, agua, materiales) con actividades específicas en obra.

Resultado objetivo 4:

Ante las fallas detectadas en el seguimiento y control específicamente la falta de mecanismos concretos para vigilar el desempeño ambiental durante la ejecución de obras resulta indispensable construir un sistema de indicadores que lleve los criterios de sostenibilidad a un plano tangible: variables medibles, verificables y manejables en proyectos de edificación. Desde la gerencia de proyectos, estos indicadores no deben verse como simples reportes, sino como herramientas activas de seguimiento que respalden decisiones oportunas, minimicen desviaciones y garanticen que lo que se construye responda a lo que se planificó.

La evidencia académica respalda esta postura: incorporar indicadores de desempeño ambiental en proyectos de edificación contribuye a un uso más eficiente del recurso humano, económico y ambiental, reduce la generación de residuos y mejora el control del consumo energético durante la fase constructiva (UNEP, 2023). No obstante, su utilidad real depende de que estén integrados a los sistemas de control del proyecto alcance, cronograma, costos y calidad, y no tratados como requisitos normativos aislados o actividades paralelas sin conexión con la gestión general de la obra.

Desde este fundamento, un primer indicador critico corresponde al consumo de materiales, definido como la cantidad de materiales utilizados por unidad de área construida (Kg/m2). Este indicador permite registrar la eficiencia en la utilización de recursos y detectar consumos asociados a reprocesos, desperdicios o deficiencias en la planificación. Estudios de análisis de ciclo de vida de proyectos evidencian que una gestión eficiente de materiales puede reducir incluso en un 30% el impacto ambiental asociado a la fase de construcción (Cabeza et al., 2020). En términos operativos, su seguimiento continuo facilita la implementación de estrategias logísticas, control de inventarios y mejora en procesos constructivos.

Complementariamente, el índice de generación de RCD, expresado en Kg/m2 o como porcentaje de residuos valorizados, representa un indicador para evaluar la eficiencia ambiental en el sitio de obra. La evidencia sugiere que la correcta gestión de los residuos disminuye significativamente los costos de disposición final y reduce impactos ambientales a la disposición inadecuada (Aghimien et al., 2021). Siendo así, su integración dentro del control de obra permite no solo medir desempeño, sino también implementar acciones correctivas y preventivas a los procesos constructivos.

En términos de eficiencia energética, el consumo energético en obra (kWh/m2) representa un indicador relevante, particularmente en proyectos que incorporan maquinaria o procesos de construcción mecanizados. Este indicador facilita relacionar las ineficiencias operativas, evaluar el desempeño de los equipos y establecer estrategias de reducción de consumo, alineándose con los objetivos de disminución de emisión de gases de efecto invernadero. De acuerdo con el informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el sector de la construcción es responsable de aproximadamente el 36% del consumo energético global, lo que resalta principalmente la importancia del control de la fase de ejecución (UNEP, 2023).

Igualmente, el consumo de agua en obra (m3/m2) constituye un indicador fundamental en contextos urbanos como lo es la ciudad de Bogotá, Colombia, donde la presión sobre el recurso hídrico esta en aumento. Su medición permite desvelar practicas ineficientes, fugas o sobreutilización en procesos constructivos como es habitual, promoviendo la implementación de tecnologías de ahorro y reutilización. Desde la gestión de proyectos, este indicador contribuye a la optimización de costos operativos y al cumplimiento de normatividad ambiental en la ejecución de las obras.

Por otro lado, es fundamental incorporar indicadores que permitan evaluar la trazabilidad de criterios sostenibles definidos de manera previa en la fase de diseño, tales como el cumplimiento de especificaciones técnicas sostenibles en la obra. Este indicador, permite verificar si los materiales, procesos y soluciones constructivas llevadas a cabo son efectivas a lo definido en etapas anteriores, abordando directamente una de las principales brechas identificadas anteriormente, la desconexión entre diseño y ejecución. En términos de control del proyecto, su seguimiento facilita la gestión de cambios, la validación de proveedores y la supervisión técnica especializada.

Para finalizar, es propuesto el uso de un índice de desempeño ambiental del proyecto (IDAP) como indicador, construido a partir de la ponderación de variables claves como consumo de recursos, generación de residuos y cumplimiento de normativa y criterios sostenibles. Este indicador permitirá consolidar la información en un único valor de referencia medible y cuantificable, facilitando la toma de decisiones en campo por parte de la gerencia. La literatura sugiere que la utilización de indicadores compuestos mejora la capacidad de los equipos del proyecto para evaluar desempeño total de las obras y así mismo proponer las acciones correctivas y preventivas (Fnais et al., 2022).

En síntesis, la implementación de estos indicadores permite estructurar un sistema de monitoreo y control ambiental alineado con los principios de gerencia de proyectos, en el cual la sostenibilidad deja de ser un criterio conceptual para convertirse en un componente operativo del control de obra. Esto no solo contribuye a la reducción de impactos ambientales, sino que también mejora la eficiencia en la gestión de recursos, fortaleciendo la toma de decisiones y aumentando la competitividad de los proyectos de edificación.

Discusión y Conclusiones

De acuerdo con la literatura revisada y los resultados obtenidos en las encuestas (N.° 1 y N.° 2), se evidencia una clara concordancia en la identificación de las fases del ciclo de vida de los proyectos de edificación, las cuales se estructuran en cinco etapas principales: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre. Este hallazgo coincide con los planteamientos teóricos analizados, lo que confirma su aplicabilidad dentro del ámbito de la edificación sostenible.

En este sentido, tanto la evidencia empírica como la literatura consultada permiten establecer que las fases de planificación y diseño constituyen las etapas más determinantes del proyecto, dado que en ellas se definen los lineamientos fundamentales que orientan la ejecución. Así, cuando estas bases son sólidas, se favorece el desarrollo adecuado del proyecto; mientras que, en caso contrario, los errores tienden a trasladarse a las fases posteriores, generando dificultades durante la ejecución (Orozco, 2024).

Por otra parte, se observa que el impacto ambiental es considerado, tanto en la literatura como en los resultados obtenidos, como uno de los aspectos más relevantes en el desarrollo de proyectos sostenibles. Esto pone de manifiesto la necesidad de fortalecer estrategias orientadas a mitigar los efectos negativos de la construcción sobre el entorno (Alegría, 2025).

Asi que, para el cumplimiento de los objetivos se desarrollaron actividades de encuestas y de investigación para llegar a los resultados esperados.

En consecuencia, el primer objetivo tuvo como propósito analizar las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos de edificación desde la perspectiva de la gestión de proyectos. Para ello, se diseñó y aplicó un cuestionario integral orientado a identificar cuáles son las etapas más importantes e indispensables para el desarrollo de un proyecto de edificación sostenible.

Los resultados obtenidos permitieron concluir que, si bien existe claridad conceptual respecto a las fases del ciclo de vida y a la relevancia de la sostenibilidad, aún persisten desafíos en su implementación efectiva, especialmente en las etapas operativas del proyecto. En este sentido, se evidencia una oportunidad para proponer estrategias que fortalezcan la articulación entre las fases de planificación y ejecución dentro del sector de la construcción. (Barboza, 2025)

En relación con el análisis de las fases del ciclo de vida del proyecto, se concluye que la integración de criterios de sostenibilidad no se distribuye de manera homogénea a lo largo de dichas etapas, concentrándose principalmente en la fase de planificación, tal como lo plantea la literatura especializada (Ding, 2008; Kibert, 2016). Los resultados evidencian que, aunque esta fase es ampliamente reconocida como determinante en el desempeño ambiental del proyecto, su incidencia no se traduce de forma efectiva en las etapas posteriores, especialmente durante la ejecución, donde se presentan mayores dificultades de control y seguimiento. En este sentido, se identifica una ruptura en la continuidad del enfoque sostenible a lo largo del ciclo de vida, lo cual limita la materialización de los objetivos ambientales inicialmente planteados. Por tanto, se concluye que la sostenibilidad en proyectos de edificación requiere ser gestionada como un proceso transversal e integrado, y no como un atributo aislado de la fase de diseño o planificación.

No obstante, el tercer objetivo tuvo como propósito desarrollar estrategias, herramientas y lineamientos que permitan incorporar criterios de sostenibilidad en cada fase del proyecto. Para ello, se revisó la literatura en busca de casos de éxito y herramientas innovadoras, enfocándose especialmente en las fases que presentaron mayores brechas según los resultados de las encuestas realizadas. De esta manera, se identificó que las fases de planificación, diseño y ejecución son las que presentan mayores desafíos en la integración de criterios sostenibles.

En este sentido, la implementación de herramientas como el modelado colaborativo BIM, los entornos comunes de datos (CDE) y las especificaciones técnicas sostenibles integradas contribuyen significativamente a mejorar la gestión, integración y control de la información a lo largo del proyecto (Buben, 2025).

Asimismo, se concluye la importancia de establecer mecanismos que faciliten la transferencia adecuada del diseño hacia la fase constructiva, evitando la pérdida de la intención sostenible. Estrategias como los planes de transferencia de diseño, los talleres de alineación y las matrices de trazabilidad de requisitos ambientales permiten fortalecer la comunicación entre los actores involucrados y asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales planteados (Muñoz, 2023). De este modo, se promueve una ejecución más coherente, eficiente y alineada con los principios de la edificación sostenible.

Respecto al objetivo cuatro, la formulación de indicadores de desempeño ambiental y de sostenibilidad, se concluye que su incorporación constituye un elemento fundamental para la operacionalización de la sostenibilidad dentro de la fase de ejecución del proyecto, en concordancia con los enfoques de gestión ambiental basados en medición y control (ISO, 2015; UNEP, 2020). Los resultados del estudio evidencian una carencia significativa de herramientas estructuradas que permitan monitorear variables ambientales en tiempo real, lo que dificulta la toma de decisiones informadas durante la obra. En este contexto, la propuesta de indicadores desarrollada no solo permite cuantificar el desempeño en aspectos críticos como consumo de recursos, generación de residuos y cumplimiento de especificaciones técnicas, sino que también facilita la integración de la sostenibilidad dentro de los sistemas tradicionales de control de proyectos. En consecuencia, se concluye que la implementación de estos indicadores es un paso

necesario para transformar la sostenibilidad de un enfoque declarativo a uno operativo, medible y verificable en el contexto de la construcción.

Para finalizar se extiende una invitación a la academia, a los programas de formación en ingeniería y gestión de proyectos, así como a los profesionales del sector construcción, a profundizar en la investigación aplicada en sostenibilidad, dada su relevancia frente a los desafíos ambientales actuales y su potencial para transformar los modelos tradicionales de gestión hacia enfoques más eficientes, responsables y competitivos.

Finalmente, se recomienda al sector construcción incorporar de manera sistemática indicadores de desempeño ambiental dentro de los sistemas de control de obra, así como fortalecer las capacidades técnicas en gestión sostenible, con el fin de cerrar las brechas identificadas y consolidar una implementación efectiva de la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Referencias

Aghimien, D., Aigbavboa, C., Oke, A., & Musenga, C. (2021). Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature [Sostenibilidad en la industria de la construcción: Una revisión sistemática de la literatura]. *Journal of Cleaner Production*.

Alegría-Lenis, H. F., & Giraldo-Castañeda, W. (2025). Sostenibilidad y rentabilidad en vivienda social: evaluación de una envolvente bioclimática para climas tropicales cálidos. *AUS*, *38*, 45–53. https://doi.org/10.4206/aus.2025.n38-05

Barboza Zelada, P. A., Llerena Cajigas, B. Z., Ramos Mendoza, I., Torres Martínez, E. M., & Barboza Vidarte, J. A. (2025). Desarrollo sostenible, proyectos de inversión pública y desarrollo económico. CID-Centro de Investigación y Desarrollo. https://doi.org/10.37811/cli_w1200

Buben, E. (2025). *SFS-EN ISO 19650-1:2019 työnkulkuprosessin toteutus Infrakit Office -alustalla* [Tesis de grado, Universidad].

Cabeza, L. F., Chàfer, M., & Mata, É. (2020). Life cycle assessment of the building industry: An overview of two decades of research (1995–2018) [Evaluación del ciclo de vida de la industria de la construcción: Una visión general de dos décadas de investigación (1995–2018)]. *Energy and Buildings*.

Departamento Nacional de Planeación. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida*. Imprenta Nacional de Colombia.

Fnais, A., Rezgui, Y., Petri, I., Beach, T., Yeung, J., Ghoroghi, A., & Kubicki, S. (2022). The application of life cycle assessment in buildings: Challenges and directions for future research [La aplicación de la evaluación del ciclo de vida en edificios: Desafíos y direcciones para futuras investigaciones]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.

Fomchenko Pasternak, A. (2025, julio 10). *¿Sostenible o bioconstruido? Criterios para clasificar edificaciones de bajo impacto ambiental* [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Catalunya]. https://upcommons.upc.edu/entities/publication/b53a7265-3f24-4236-bb41-07579bbfcf6f

Gil, S. A. (2023, 19 de mayo). *¿Qué es la arquitectura sostenible y cómo impacta en el diseño de un futuro mejor?* Alcaldía de Medellín. https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/que-es-la-arquitectura-sostenible-y-como-impacta-en-el-diseno-de-un-futuro-mejor/

González, A. C. (2021). *Evaluación de los procesos de manejo, almacenamiento y disposición final de los residuos generados dentro de las obras de la empresa construcciones civiles IJJ SAS mediante la Guía para la separación en la fuente (GTC 24)* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios].

Herrán, C. (2012). *El camino hacia una economía verde*. Friedrich Ebert Stiftung.

Llomparte Frenzel, M. P., & Casares, M. (2023). Infraestructura verde y espacios verdes públicos. Reflexiones desde el paisaje en el sistema metropolitano de Tucumán, Argentina. *Ciudades*, *26*, 99–122. https://doi.org/10.24197/ciudades.26.2023.99-122

Matasci, C. (2006). *Life cycle assessment of 21 buildings: Analysis of the different life phases and highlighting of the main causes of their impact on the environment* [Tesis de maestría, ETH Zürich].

Moreno Moreno, E., Alonso Otálora, P. A., & Gómez Velásquez, C. (2025). *Impacto de los sistemas de información en la gestión de recursos y en el mantenimiento de edificios sostenibles* [Trabajo de grado, Universidad EAN]. https://repository.universidadean.edu.co/entities/publication/266948f2-fc80-40a5-a493-61869cced6d4

Muñoz Rodríguez, J., & Velázquez Ramírez, J. M. (2023). Diseño de matriz como herramienta para la evaluación de requerimientos de calidad, medio ambiente y seguridad. *Project Design and Management*, *5*(1). https://doi.org/10.35992/pdm.5vi1.1129

Orozco, G. U. (2024). Importancia de la definición del alcance para el éxito de la gerencia de los proyectos de inversión pública en Colombia. *Revista Investigación en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos*, *7*(1), 74–88. https://doi.org/10.46659/26191830.v1.n1.2024.225

United Nations Environment Programme. (2023). *2023 Global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. United Nations.

U.S. Green Building Council. (2023). *LEED v4.1 for Building Design and Construction*. USGBC.

Zhang, X., Li, Y., Wang, H., & Chen, Z. (2026). Barriers and drivers of sustainable building adoption and influencing factor dynamics: A systematic review and meta-analysis [Barreras e impulsores de la adopción de construcción sostenible y dinámicas de factores influyentes: Una revisión sistemática y meta-análisis]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.