

**Criterios ESG y Economía Circular en la Gestión de Proyectos: Un Marco de
Referencia para la Industria 4.0**

Leidy Viviana Castaño Duque

Asesor

Edwin Eliecer Casanova Ortiz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Ingeniería Industrial

2025

Dedicatoria

A mi madre, por ser mi guía, mi ejemplo de fortaleza y la fuente inagotable de inspiración que me ha enseñado a perseverar con valentía y esperanza.

A mi hermana Cindy, quien, aun en la distancia, siempre me ha regalado su abrazo y sus palabras de aliento, recordándome en cada momento que sí puedo con todo y que nunca estoy sola.

Este logro también les pertenece, porque han sido mi sostén y mi mayor motivación para seguir adelante.

Agradecimientos

A mis hermanas Clara y Mary, por estar siempre presentes y ofrecerme su apoyo en todo lo posible, con gestos que han hecho más llevadera esta etapa de mi vida.

A mi esposo Alfonso, por caminar a mi lado con paciencia y alegría, por animarme en los momentos de duda y celebrar conmigo cada pequeño avance. Su compañía ha sido un motor constante para alcanzar esta meta.

A la familia Calderón Argelich, quienes me recibieron con afecto y calidez, brindándome un hogar lleno de apoyo y confianza.

Finalmente, a mis profesores de la UNAD, especialmente a Carlos Andrés Mendieta Romero y a Mercedes Ilse Terán León, por su vocación, compromiso y excelencia académica. Sus enseñanzas han dejado una huella profunda en mi formación y se convirtieron en uno de los aportes más valiosos de este proceso.

Resumen

La incorporación de criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) y de principios de economía circular en la gestión de proyectos industriales se ha vuelto indispensable frente a los desafíos actuales de sostenibilidad. Sin embargo, a pesar de las regulaciones vigentes y los compromisos internacionales, particularmente en Europa, muchas organizaciones industriales todavía no logran implementar estos enfoques de manera sistemática en sus procesos, especialmente en contextos relacionados con la transformación digital propia de la Industria 4.0. Esta realidad pone de manifiesto una brecha metodológica que dificulta la adopción efectiva de prácticas sostenibles en los proyectos.

El presente estudio resulta relevante porque busca aportar una propuesta metodológica que facilite la incorporación real de la sostenibilidad en la gestión de proyectos, alineando aspectos técnicos, ambientales y sociales. Su objetivo principal es diseñar un marco metodológico que permita integrar los criterios ESG y la economía circular en proyectos industriales, adaptado a contextos tecnológicos actuales.

La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo, mediante revisión bibliográfica y análisis comparativo de metodologías internacionales consolidadas. Como valor agregado, se incluye una discusión orientada al contexto colombiano, que permite contrastar los referentes globales con la realidad nacional, marcada por políticas recientes en economía circular, sostenibilidad y reindustrialización, así como por los desafíos de adopción en las pequeñas y medianas empresas. De este modo, el trabajo ofrece un modelo aplicable y replicable que puede fortalecer la gestión de proyectos industriales y aportar a la transición hacia una economía más competitiva y sostenible.

Palabras clave: ESG, economía circular, gestión de proyectos, Industria 4.0, sostenibilidad, Colombia

Abstract

The incorporation of Environmental, Social, and Governance (ESG) criteria together with circular economy principles into industrial project management has become essential in addressing current sustainability challenges. However, despite existing regulations and international commitments, particularly in Europe, many industrial organizations still face difficulties in systematically implementing these approaches, especially in contexts related to the digital transformation driven by Industry 4.0. This situation highlights a methodological gap that limits the effective adoption of sustainable practices in projects.

This study is relevant because it proposes a methodological framework that facilitates the integration of ESG criteria and circular economy principles into industrial projects, aligning technical, environmental, social, and governance dimensions with the opportunities offered by enabling technologies from Industry 4.0. The main objective is to design a five-phase model that expands the traditional triple constraint of projects to include quality, sustainability, and social responsibility, thereby contributing to more responsible and strategic decision-making. The research follows a qualitative approach, based on a bibliographic review and a comparative analysis of consolidated international methodologies. As an added value, the document incorporates a discussion focused on the Colombian context, allowing a contrast between global references and the national reality, characterized by recent policies in circular economy, sustainability, and reindustrialization, as well as the challenges faced by small and medium-sized enterprises in adopting these approaches. In this way, the proposed model becomes an applicable and replicable tool that can strengthen industrial project management and support the transition toward a more competitive and sustainable economy.

Keywords: ESG, circular economy, project management, Industry 4.0, sustainability, Colombia

Tabla de Contenido

Introducción	11
Planteamiento del Problema.....	13
Pregunta Problema	16
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
Justificación.....	18
Marco Referencial	20
Marco Teórico y Conceptual	20
Criterios ESG en Proyectos.....	20
Economía Circular: Evolución, Fundamentos y Aplicación en la Gestión de Proyectos	24
Industria 4.0.....	29
Modelos de Gestión de Proyectos	35
Triple Restricción Extendida.....	41
Normativas y Estándares Internacionales	45
Modelos Previos de Gestión de Proyectos Sostenibles.....	48
Comparación de Modelos de Gestión con Enfoque en Sostenibilidad	50
Metodología	53
Fase de Recopilación y Selección de Información.....	53
Estrategia de Búsqueda Documental.....	54
Criterios de Inclusión y Exclusión	54
Registro y Sistematización de la Información.....	55
Fase de Análisis y Síntesis	55
Análisis Temático y Codificación	56
Análisis Comparativo entre Enfoques.....	56
Identificación de Patrones, Buenas Prácticas y Vacíos	57
Fase de Construcción del Modelo Propuesto	57
Estructura General del Modelo	58
Justificación de los Componentes	59
Fase de Presentación, Discusión y Conclusiones.....	59
Desarrollo del Marco de Referencia	61
Pilares del Modelo.....	61

Fases y Funcionamiento del Modelo.....	62
Fase 1: Formulación Sostenible del Proyecto	63
Fase 2: Planificación con Enfoque ESG y Circular	63
Fase 3: Implementación Operativa.....	63
Fase 4: Seguimiento y Evaluación	64
Fase 5: Cierre y Mejora Continua	64
Herramientas e Indicadores	65
Indicadores ESG: Medición del Desempeño Sostenible.....	65
Herramientas por Fase del Modelo	66
Guía Práctica de Implementación	67
Evaluación Conceptual del Modelo Propuesto	70
Análisis Comparativo con Marcos Existentes.....	70
Viabilidad y Aplicabilidad.....	71
Propuesta de Mejora y Validación Futura	72
Discusión en el Contexto Colombiano: Integración de Criterios ESG, Economía Circular e Industria 4.0.....	74
Conclusiones y Recomendaciones	78
Conclusiones	78
Recomendaciones.....	79
Líneas Futuras de Investigación.....	80
Referencias.....	82

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Tecnologías de la Industria 4.0 y sostenibilidad</i>	33
Tabla 2 <i>Evaluación de metodologías de gestión de proyectos sostenibles</i>	40
Tabla 3 <i>Integración de ESG, economía circular e Industria 4.0 en modelos de gestión</i>	51
Tabla 4 <i>Criterios de inclusión y exclusión aplicados en la selección documental</i>	54
Tabla 5 <i>Indicadores ESG sugeridos para proyectos industriales</i>	66
Tabla 6 <i>Herramientas sugeridas por fase del modelo metodológico</i>	66
Tabla 7 <i>Niveles de madurez organizacional y estrategias de implementación del modelo</i>	68
Tabla 8 <i>Evaluación conceptual del modelo propuesto</i>	71

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Fases de la metodología</i>	53
Figura 2 <i>Etapas del análisis documental para la construcción del modelo</i>	57
Figura 3 <i>Estructura general del modelo metodológico propuesto</i>	58
Figura 4 <i>Niveles de construcción conceptual del modelo metodológico propuesto</i>	62
Figura 5 <i>Fases del modelo metodológico propuesto</i>	65

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Modelo de ficha bibliográfica para el registro de fuentes documentales</i>	91
Apéndice B <i>Matriz de análisis comparativo de marcos metodológicos y normativos.....</i>	92

Introducción

En el contexto actual de transformación industrial, la sostenibilidad se ha consolidado como un eje central en la gestión de proyectos. Frente a desafíos ambientales cada vez más urgentes y a una creciente presión normativa y social, los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza), junto con los principios de economía circular, ofrecen un marco clave para repensar los procesos productivos. Estos enfoques permiten orientar los proyectos hacia modelos más responsables, resilientes y alineados con los objetivos del desarrollo sostenible.

Sin embargo, su incorporación efectiva en la gestión de proyectos industriales sigue siendo limitada. A pesar de los avances tecnológicos asociados a la Industria 4.0, muchas organizaciones aún aplican estos desarrollos desde una mirada estrictamente técnica o productiva, sin integrarlos de forma transversal con estrategias de sostenibilidad. Esta desconexión evidencia una brecha metodológica que dificulta la alineación entre los objetivos operativos y los compromisos ambientales y sociales.

Además, las metodologías más utilizadas en la gestión de proyectos, como PMBOK, PRINCE2 o los enfoques ágiles, no fueron concebidas originalmente para abordar la sostenibilidad ni la circularidad. Aunque algunos marcos han evolucionado, todavía existe la necesidad de contar con propuestas estructuradas que permitan integrar estos criterios de manera práctica y replicable en entornos industriales reales.

Ante este escenario, la presente monografía tiene como objetivo diseñar un marco metodológico que facilite la incorporación de los criterios ESG y los principios de economía circular en la gestión de proyectos industriales. Para ello, se realiza una revisión académica y normativa que permite identificar buenas prácticas, analizar enfoques existentes y proponer una estructura metodológica adaptable a diferentes contextos organizacionales. De manera complementaria, se incluye un capítulo de discusión sobre el contexto colombiano, con el

propósito de contrastar la propuesta frente a la realidad nacional y aportar una visión aplicable a las necesidades del país.

Este trabajo busca aportar una mirada integradora que combine sostenibilidad, innovación y eficiencia, contribuyendo así a una gestión de proyectos más estratégica, alineada con los desafíos contemporáneos y coherente con las oportunidades que ofrece la transformación digital.

Planteamiento del Problema

En los últimos años, la transición hacia una economía más sostenible ha adquirido una mayor relevancia en las agendas institucionales y empresariales, impulsada por marcos como el Pacto Verde Europeo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Como consecuencia, las organizaciones enfrentan una creciente presión para integrar criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) y principios de economía circular tanto en sus procesos estratégicos como operativos (Comisión Europea, 2019; Organización de las Naciones Unidas, 2015). No obstante, esta transformación aún no se refleja plenamente en la gestión de proyectos industriales, donde la adopción de prácticas circulares y sostenibles continúa siendo incipiente y poco estructurada.

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (2024), la tasa de circularidad de los materiales en Europa fue del 11,8 % en 2023, lo que indica una mejora marginal respecto a años anteriores, pero evidencia una adopción aún limitada de modelos circulares. A pesar de contar con un sólido marco político y herramientas de financiación, el modelo económico lineal basado en extraer, producir y desechar continúa siendo dominante. Además, se estima que cada europeo consume alrededor de 14 toneladas de materiales al año y genera cerca de 5 toneladas de residuos, niveles que siguen entre los más altos del mundo. Esto refuerza la urgencia de implementar marcos metodológicos que traduzcan los compromisos sostenibles en prácticas concretas dentro de los proyectos.

En el caso español, sectores como el automotriz, agroalimentario, manufacturero y cerámico han avanzado en digitalización e innovación productiva. Particularmente, la Industria 4.0, impulsada por tecnologías como el Internet de las Cosas, el big data, la inteligencia artificial y la automatización, ofrece nuevas oportunidades para optimizar procesos y reducir impactos (Meindl & Mendonça, 2021; Blanco et al., 2017). Por otra parte, estas tecnologías suelen aplicarse desde una perspectiva técnica o productiva, sin integrarse de

manera transversal con criterios ESG o de circularidad. Incluso en industrias con alto impacto ambiental, como la cerámica, se observan innovaciones técnicas aisladas, como el horno eléctrico de bajas emisiones en Onda (Radio Castellón, 2024). Sin embargo, este avance, aunque valioso, carece de una planificación alineada con marcos metodológicos ESG y de economía circular, lo cual refuerza la brecha identificada en la literatura sobre la falta de integración transversal de la sostenibilidad en proyectos industriales.

A este escenario se suma una limitación estructural: las metodologías más difundidas en la gestión de proyectos como PMBOK, PRINCE2 y los enfoques ágiles no fueron concebidas originalmente para incorporar sostenibilidad ni economía circular (Project Management Institute, 2021; Axelos, 2023). Esta brecha metodológica dificulta la alineación de los objetivos técnicos con los compromisos ambientales y sociales del entorno actual. Asimismo, muchas empresas siguen percibiendo la sostenibilidad como un imperativo normativo o una estrategia reputacional, más que como un eje de innovación y eficiencia operativa (Andersen Iberia, 2024).

Según el Tribunal de Cuentas Europeo (2023), una de las principales barreras para avanzar hacia la economía circular en los Estados miembros, es precisamente la escasez de herramientas metodológicas adaptadas a contextos industriales reales. Esta carencia limita la capacidad de las empresas para alcanzar sus objetivos ambientales, fortalecer su competitividad y crear valor de forma sostenible.

En este punto, resulta pertinente considerar la situación de países como Colombia, que enfrentan retos semejantes en la adopción de la economía circular y los criterios ESG. En los últimos años se han implementado políticas que buscan alinear sostenibilidad y reindustrialización, entre ellas la Estrategia Nacional de Economía Circular, la Política de Crecimiento Verde y el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019; Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2023). En

coherencia con estas iniciativas, se han fortalecido los sistemas de información estadística, como el seguimiento a la circularidad del DANE (2024). A pesar de estos avances, la literatura muestra que la aplicación práctica sigue siendo incipiente y enfrenta barreras vinculadas con financiamiento, capacidades técnicas y desigualdades territoriales (Muñoz-Pinzón et al., 2024; Vera-Acevedo & Raufflet, 2022).

Frente a este panorama, se plantea la necesidad de desarrollar un marco metodológico que permita integrar de forma práctica y replicable los criterios ESG y la economía circular en la gestión de proyectos industriales, considerando las oportunidades y desafíos que plantea la Industria 4.0. La investigación se delimita al contexto europeo, con un capítulo de discusión sobre el caso colombiano, durante el periodo 2020–2025, etapa en la que se ha intensificado tanto la digitalización como la presión regulatoria en materia de sostenibilidad. No obstante, con el fin de aportar una perspectiva histórica, también se han considerado referencias clave de años anteriores que permiten comprender la evolución teórica, normativa y metodológica de estos enfoques. En consecuencia, la propuesta está pensada para ser proyectable y adaptable a futuros escenarios industriales.

Pregunta Problema

¿Cómo puede estructurarse un modelo metodológico que integre los criterios ESG y la economía circular en la gestión de proyectos industriales en el marco de la Industria 4.0?

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un modelo metodológico que permita integrar los criterios ESG y la economía circular en la gestión de proyectos industriales en el contexto de la Industria 4.0.

Objetivos Específicos

Analizar el contexto actual de la sostenibilidad en proyectos industriales, con énfasis en la aplicación de los criterios ESG y los principios de economía circular.

Examinar metodologías existentes de gestión de proyectos (como PMBOK, PRINCE2 y enfoques ágiles) para identificar su compatibilidad con los enfoques ESG y circulares.

Diseñar una estructura metodológica que combine fases, herramientas e indicadores orientados a la sostenibilidad en el marco de la Industria 4.0.

Elaborar una guía práctica para aplicar el modelo en diferentes tipos de proyectos industriales.

Justificación

La sostenibilidad se ha convertido en un eje fundamental en el desarrollo industrial, especialmente ante los desafíos ambientales y sociales que enfrentan las organizaciones actualmente. Cada vez más, se espera que las empresas integren criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) y principios de economía circular no solo como una exigencia regulatoria, sino como parte de su estrategia de crecimiento y responsabilidad. Sin embargo, en la práctica, muchas aún no cuentan con herramientas claras que les permitan aplicar estos enfoques en la gestión de sus proyectos, lo que limita su capacidad de adaptación y competitividad (Andersen Iberia, 2024; Guillén, 2022).

Este trabajo busca responder a esa necesidad, proponiendo un marco metodológico que ayude a incorporar de forma estructurada los criterios ESG y la economía circular en la gestión de proyectos industriales. A diferencia de lo que ocurre con metodologías como PMBOK o PRINCE2, que si bien son ampliamente utilizadas, no integran estos elementos de manera transversal (Project Management Institute, 2021; Axelos, 2023), la propuesta que aquí se desarrolla apunta a llenar ese vacío desde una perspectiva metodológica y práctica. Además, tiene en cuenta el contexto de la Industria 4.0, donde la digitalización, la automatización y el uso de tecnologías avanzadas pueden ser aliados para lograr una gestión más sostenible (Meindl & Mendonça, 2021).

Desde el punto de vista institucional y regional, este estudio es especialmente relevante para sectores clave de la economía europea. España, por ejemplo, cuenta con industrias como la automotriz, la agroalimentaria y la manufacturera, que tienen un alto impacto productivo y ambiental y que se están viendo directamente impulsadas por los objetivos del Pacto Verde Europeo y los compromisos internacionales de sostenibilidad (Comisión Europea, 2019; CaixaBank Research, 2024). Tal como advierte CaixaBank Research (2024), este proceso requiere no solo inversiones y voluntad política, sino también

herramientas operativas que permitan traducir dichos compromisos en acciones concretas. Contar con una guía metodológica concreta podría facilitar esa transición y brindar soporte técnico a las decisiones estratégicas de sostenibilidad.

De forma complementaria, la investigación también resulta pertinente en el caso colombiano, donde se han impulsado marcos como la Estrategia Nacional de Economía Circular y el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026. Aunque se han dado pasos normativos e institucionales, persisten brechas significativas en las PYMES para integrar la sostenibilidad en sus proyectos, lo que hace especialmente valioso un modelo que traduzca las políticas en herramientas prácticas y replicables (DNP, 2023; Muñoz-Pinzón et al., 2024).

La utilidad de esta propuesta radica en que no se queda en el plano conceptual, sino que ofrece una estructura con fases, herramientas e indicadores aplicables a distintos tipos de proyectos. Puede ser utilizada tanto por organizaciones industriales como por profesionales del área de sostenibilidad o gestión de proyectos. Además, puede servir como base para futuras investigaciones que busquen adaptar o validar el modelo en otros contextos.

Finalmente, este trabajo aporta un enfoque original al integrar tres dimensiones que usualmente se abordan por separado: la sostenibilidad a través de los criterios ESG, la circularidad de los recursos, y la transformación digital propia de la Industria 4.0. Esta combinación aporta valor académico, metodológico y práctico, y responde a una necesidad concreta del entorno industrial actual.

Marco Referencial

Marco Teórico y Conceptual

Este capítulo presenta los principales fundamentos conceptuales y teóricos que sustentan el desarrollo del modelo metodológico propuesto. Se abordan los criterios ESG, los principios de economía circular, el contexto de la Industria 4.0, y los modelos actuales de gestión de proyectos, así como las normativas internacionales y experiencias previas que integran la sostenibilidad como eje central.

Criterios ESG en Proyectos

Definición y Evolución del Enfoque ESG.

El enfoque ESG (Environmental, Social and Governance, por sus siglas en inglés) hace referencia a un conjunto de criterios empleados para evaluar el desempeño sostenible de las organizaciones en dimensiones ambientales, sociales y de gobernanza. Este marco tomó fuerza a partir del informe *Who Cares Wins*, elaborado en 2004 por el Pacto Mundial de las Naciones Unidas junto con la Corporación Financiera Internacional (IFC). Dicho informe recomendaba incluir estos factores en las decisiones financieras, con el propósito de impulsar un desarrollo global más ético y responsable (United Nations Global Compact, 2004).

El enfoque ESG surgió inicialmente en el ámbito de la inversión responsable como una evolución de los principios de la responsabilidad social empresarial (RSE). No obstante, con el tiempo y debido al incremento de los desafíos ambientales, sociales y reputacionales que enfrentan las organizaciones, este marco se ha consolidado como una herramienta transversal que trasciende el ámbito financiero. Actualmente, ESG se aplica también en la planificación estratégica, la gestión operativa y la evaluación de riesgos en diversos sectores económicos (Vázquez García & Marroquín García, 2024; Tesei, 2024).

Hoy en día, los criterios ESG son considerados una base fundamental para las organizaciones que buscan generar valor sostenible a largo plazo, y su aplicación se ha

extendido también a la gestión de proyectos industriales. Esto responde a la creciente presión por parte de reguladores, inversionistas y consumidores de que las empresas asuman un rol más proactivo frente a su impacto en el entorno (Useche, 2023).

Dimensiones del Enfoque ESG.

Dimensión Ambiental.

La dimensión ambiental del enfoque ESG abarca la manera en que una organización o proyecto industrial interactúa con el entorno natural y gestiona responsablemente sus recursos. Esto incluye aspectos como el consumo energético, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la gestión adecuada de residuos, el uso eficiente de materias primas y agua, la conservación de la biodiversidad, la prevención de la contaminación y las medidas de adaptación frente al cambio climático (Guillén, 2022; European Environment Agency, 2024).

En la gestión de proyectos, esta dimensión implica la incorporación de prácticas como el ecodiseño, la evaluación del ciclo de vida (LCA), la cuantificación de la huella de carbono, la utilización de materiales reciclables o reutilizables, y la implementación de tecnologías limpias impulsadas por la Industria 4.0 (por ejemplo, sensores para monitoreo ambiental en tiempo real) (Andersen Iberia, 2024; CTCN, 2021). Además, requiere la definición de indicadores clave de desempeño ambiental (KPI) que permitan monitorear y reportar avances concretos, tales como la intensidad energética, los residuos evitados o la reducción de emisiones.

La integración efectiva de este criterio no solo minimiza riesgos regulatorios o reputacionales, sino que puede generar ventajas competitivas al reducir costos operativos, atraer inversión verde y alinear los proyectos con iniciativas globales como los ODS o el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019).

Dimensión Social.

Esta dimensión se centra en cómo las actividades de una organización o proyecto impactan, de manera directa e indirecta, a las personas y comunidades involucradas. Incluye aspectos como el respeto a los derechos humanos, la equidad de género, la inclusión social, condiciones laborales dignas, salud y seguridad ocupacional, formación y capacitación, bienestar de los empleados y aportes positivos a la comunidad (ISO, 2011; Useche, 2023).

En el ámbito de la gestión de proyectos industriales, esto supone garantizar procesos de contratación equitativos, condiciones laborales seguras, protocolos eficaces de prevención de riesgos, inclusión laboral de grupos vulnerables, transparencia en la cadena de suministro y el establecimiento de mecanismos efectivos para la participación ciudadana, especialmente en proyectos que generen impactos sobre el territorio (Díaz-Cruces et al., 2025).

Asimismo, los proyectos pueden incluir planes de valor compartido con las comunidades, programas de responsabilidad social y medición de impacto social, utilizando indicadores como índice de satisfacción de empleados, tasa de retención, capacitación anual por empleado o número de beneficiarios de acciones comunitarias. En muchos sectores industriales, el éxito de un proyecto depende tanto de su aceptación social como de su eficiencia técnica.

Dimensión de Gobernanza.

La dimensión de gobernanza hace referencia al sistema mediante el cual se dirige, supervisa y controla el comportamiento de una organización. Abarca elementos clave como la ética empresarial, la composición y diversidad del consejo directivo, la rendición de cuentas, la auditoría interna, el cumplimiento normativo (compliance), la gestión efectiva de riesgos y la transparencia en los procesos de toma de decisiones (Rubio, 2020; Guillén, 2022).

En la gestión de proyectos industriales, este criterio implica adoptar estructuras de gobernanza que aseguren integridad, trazabilidad y responsabilidad en todo el ciclo del

proyecto. Esto puede incluir establecer políticas anticorrupción, criterios de compras responsables, procesos de toma de decisiones documentados y canales de denuncia anónimos.

En contextos relacionados con la Industria 4.0, la gobernanza también incluye aspectos como el uso ético de los datos, la ciberseguridad y la protección adecuada de la información sensible. Una gobernanza robusta ayuda a fortalecer la reputación organizacional, genera confianza entre los stakeholders, facilita el acceso a fuentes de financiamiento y asegura que los proyectos se encuentren alineados con los valores y objetivos estratégicos de la organización (Pacto Mundial, 2023).

ESG como Herramienta Estratégica en la Gestión de Proyectos.

Lejos de ser un conjunto de obligaciones externas o exigencias regulatorias, el enfoque ESG se ha consolidado como una herramienta estratégica que permite fortalecer la planificación, ejecución y evaluación de proyectos industriales desde una perspectiva de sostenibilidad integral. Aplicar los criterios ambientales, sociales y de gobernanza de forma estructurada y transversal en el ciclo de vida del proyecto aporta valor a largo plazo, minimiza riesgos operativos y reputacionales, y mejora la relación con los grupos de interés (Guillén, 2022).

La integración estratégica del enfoque ESG comienza desde la fase de formulación del proyecto, incorporando análisis de impacto ambiental, estudios de impacto social y estructuras de gobernanza ética. Durante la planificación, permite establecer objetivos sostenibles, definir indicadores clave y alinear los recursos con compromisos institucionales como los ODS o normativas como la ISO 26000. En la ejecución, facilita el monitoreo de condiciones laborales, cumplimiento ambiental, trazabilidad de proveedores y mecanismos de participación. Finalmente, en el cierre, contribuye a la evaluación de resultados sostenibles y la generación de reportes con criterios GRI u otras herramientas de transparencia (Guillén, 2022).

El enfoque ESG también se alinea con los intereses de los inversionistas y financiadores, que cada vez más exigen garantías de sostenibilidad para respaldar proyectos. Instituciones como el Banco Mundial, el Banco Europeo de Inversiones o fondos de inversión verde han incorporado criterios ESG como parte de sus evaluaciones de viabilidad (United Nations Global Compact, 2004; Díaz-Cruces et al., 2025).

En el caso colombiano, algunas empresas de sectores como el financiero e industrial han comenzado a implementar reportes integrados y de sostenibilidad bajo lineamientos internacionales como los GRI Standards. No obstante, la adopción en las PYMES sigue siendo limitada, con desafíos en materia de transparencia y comparabilidad, lo que refleja una brecha respecto a las prácticas observadas en Europa (Correa-García et al., 2017; Wilches-Segovia et al., 2020).

Además, en contextos de Industria 4.0, donde la digitalización permite obtener datos en tiempo real y gestionar operaciones con precisión, el enfoque ESG se convierte en una guía para orientar decisiones tecnológicas hacia un impacto positivo. Por ejemplo, mediante la automatización de procesos sostenibles, el uso de sensores para monitorear emisiones o sistemas de inteligencia artificial que optimicen el consumo energético (Meindl & Mendonça, 2021; Andersen Iberia, 2024).

Desde esta perspectiva, incorporar ESG no solo es una práctica responsable, sino también una ventaja competitiva y un componente central para lograr proyectos más resilientes, transparentes y alineados con las expectativas sociales y económicas del siglo XXI.

Economía Circular: Evolución, Fundamentos y Aplicación en la Gestión de Proyectos

Origen y Evolución del Enfoque Circular.

La economía circular (EC) se ha consolidado como una alternativa sistémica frente a las limitaciones del modelo económico lineal tradicional, basado en la secuencia "extraer,

producir, consumir, desechar". Dicho modelo lineal, dominante desde la Revolución Industrial, ha provocado la disminución de los recursos naturales, la generación excesiva de residuos y una presión cada vez mayor sobre los ecosistemas (Martínez & Porcelli, 2018).

Sus raíces teóricas se encuentran en las ideas de la economía ecológica y la termodinámica económica, desarrolladas por autores como Georgescu-Roegen, Pearce y Turner, quienes advirtieron sobre los límites físicos del crecimiento y la necesidad de cerrar los flujos de materiales y energía (Pearce & Turner, 1990). Durante la década de los 2000, el concepto fue sistematizado e impulsado por instituciones como la Fundación Ellen MacArthur, y más tarde adoptado por políticas públicas como el Plan de Acción de Economía Circular de la Comisión Europea (2020), integrándose como pilar del Pacto Verde Europeo.

La economía circular plantea un cambio profundo en el modelo de producción, con el objetivo de conservar los recursos y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio ambiente, la economía y la sociedad. Esta perspectiva propone dejar atrás el enfoque tradicional de extracción y consumo lineal, para adoptar uno más regenerativo, restaurador y eficiente, lo cual influye directamente en la forma en que se conciben, operan y analizan los proyectos industriales actuales.

En Colombia, la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), lanzada en 2019, representa un avance clave al identificar flujos prioritarios como biomasa, plásticos, agua, energía y materiales de construcción. Aun así, diversos estudios señalan que la aplicación de estos lineamientos en los sectores productivos continúa siendo incipiente y enfrenta obstáculos relacionados con el financiamiento, las capacidades técnicas y la desigualdad territorial (DNP, 2018; Vera-Acevedo & Raufflet, 2022).

Principios Fundamentales: Cerrar el Ciclo, Regenerar y Optimizar Recursos.

Los principios de la economía circular no son meramente operativos; constituyen una propuesta filosófica, técnica y estratégica que redefine el sistema económico. Según la Fundación Ellen MacArthur (2021), estos principios son:

1. Cierre de ciclos de materiales y energía

Busca que los residuos no existan como tales, sino que todo subproducto sea diseñado para reinsertarse en la cadena de valor. Se implementan estrategias como reciclaje técnico, logística inversa, remanufactura, y economía de la funcionalidad. Este principio requiere rediseñar productos, procesos y cadenas de suministro para extender su vida útil y reducir el consumo de materias primas vírgenes.

2. Regeneración de sistemas naturales

Más allá de reducir impactos negativos, se promueve que los procesos productivos contribuyan a restaurar los ecosistemas. Esto se logra mediante la aplicación de materiales biodegradables, compostaje de residuos orgánicos, uso de energías renovables y prácticas agrícolas o industriales regenerativas. Es un principio clave para integrar los proyectos con los ciclos biológicos del entorno.

3. Optimización del uso de recursos

Implica maximizar el valor de los productos durante el mayor tiempo posible. Se promueven modelos de negocio como producto como servicio (PaaS), economía colaborativa, mantenimiento predictivo, y diseño modular. También incluye el uso de tecnologías digitales para monitorear la eficiencia operativa y evitar pérdidas innecesarias a lo largo del ciclo de vida.

Por ellos, estos fundamentos requieren un replanteamiento radical en el diseño de proyectos, que trascienda la eficiencia operativa y apunte a la resiliencia y sostenibilidad del sistema en su conjunto.

Aplicación de la Economía Circular en la Gestión de Proyectos Industriales.

Integrar la economía circular en la gestión de proyectos industriales implica repensar todas las fases del ciclo de vida del proyecto: desde la identificación del problema hasta la implementación, cierre y fase de uso y disposición final del producto o infraestructura. A diferencia de los enfoques tradicionales que suelen tratar la sostenibilidad como un componente adicional, la circularidad debe ser considerada como un eje transversal que guía decisiones desde la concepción del proyecto (Moreno-Monsalve et al., 2020).

Durante la formulación, se analiza si el proyecto puede diseñarse para cerrar ciclos, minimizar residuos o utilizar materiales secundarios. En la planificación, se incorporan criterios de circularidad en la definición de entregables, matrices de riesgo, presupuestos y cronogramas. En la ejecución, se aplican tecnologías de trazabilidad, sensores IoT para medir flujos de materiales, y mecanismos de feedback continuo para mejorar la eficiencia.

Por ejemplo, en la industria manufacturera, proyectos circulares pueden incluir diseño modular de productos para facilitar el desmontaje y la recuperación de piezas, implementación de plataformas digitales de uso compartido de maquinaria, o integración de cadenas de suministro locales basadas en residuos valorizables. En construcción, pueden incluir edificios desmontables, recuperación de materiales, o sistemas constructivos reversibles (Andersen Iberia, 2024).

En consecuencia, la economía circular transforma la lógica de los proyectos: ya no se trata de alcanzar un objetivo puntual, sino de contribuir al equilibrio sistémico entre producción, consumo y regeneración.

Indicadores Clave para Evaluar la Circularidad.

Medir la circularidad es esencial para evitar el “circularwashing” y garantizar que las acciones tengan un impacto real. No obstante, existen desafíos importantes debido a la diversidad de sectores, marcos normativos y niveles de madurez circular. Aun así, diversos

autores e instituciones han identificado un conjunto de indicadores ampliamente utilizados en el seguimiento de estrategias circulares. Entre los más relevantes destacan:

Análisis del Ciclo de Vida (LCA): Es un estudio que mide los efectos que un producto, un procedimiento o un servicio tienen sobre el medio ambiente durante todas las etapas de su existencia, desde que se obtienen los materiales para fabricarlo hasta que se desecha. Su aplicación está regulada por normas como la ISO 14040 y ha sido promovida ampliamente por organismos como el CTCN (2021).

Circular Material Use Rate (CMUR): Indicador propuesto por Eurostat que mide el porcentaje de materiales secundarios reinsertados en el sistema respecto al total utilizado. Este índice forma parte de los informes oficiales sobre economía circular en Europa (European Environment Agency, 2024).

Tasa de reciclaje, reutilización o valorización: Es una medida directa de la eficiencia de recuperación de materiales. Se utiliza en marcos internacionales como los propuestos por la Fundación Ellen MacArthur y por programas como el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019; Parlamento Europeo, 2023).

Porcentaje de insumos renovables o biodegradables utilizados: Este indicador ha sido incluido en guías prácticas como la del PNUMA, PNUD & Secretaría de la CMNUCC (2023), y también en matrices de evaluación como las del CTCN (2021), con el fin de promover insumos compatibles con los ciclos biológicos.

Índice de circularidad (Circularity Indicators – Ellen MacArthur Foundation): Propone una evaluación integral que considera el flujo de materiales, el diseño de los productos, el modelo de negocio y el desempeño circular de la organización (Fundación Ellen MacArthur 2021).

Ahorros por valorización de residuos o por extensión del ciclo de vida del producto: Aunque no existe un marco estandarizado único, este tipo de indicadores se

utilizan frecuentemente en estudios de retorno de inversión circular (ROIc) y en análisis de impacto económico de proyectos circulares (Martínez & Porcelli, 2018).

La implementación de estos indicadores en proyectos industriales permite no solo monitorear el desempeño ambiental y la circularidad operativa, sino también tomar decisiones estratégicas basadas en datos, acceder a financiamiento verde y comunicar avances de manera transparente a los stakeholders.

En definitiva, la economía circular se posiciona como una alternativa viable, estratégica y necesaria para transformar los modelos productivos actuales. Su aplicación en la gestión de proyectos industriales representa una oportunidad para innovar, reducir costos, mejorar la reputación organizacional y responder a los desafíos ambientales y sociales contemporáneos. En sinergia con las tecnologías emergentes de la Industria 4.0, la circularidad permite construir proyectos más resilientes, regenerativos y alineados con una visión de desarrollo sostenible a largo plazo.

Industria 4.0

Origen, Concepto y Evolución.

La Industria 4.0 nació como una estrategia promovida por el gobierno de Alemania en el año 2011, en el marco del proyecto High-Tech Strategy 2020, con el objetivo de modernizar su sector industrial frente a los desafíos de la globalización, la transformación tecnológica y los cambios demográficos (Peralta-Abarca et al., 2021). El concepto se dio a conocer por primera vez durante la Feria de Hannover, uno de los eventos industriales más importantes del mundo. En esa edición de 2011 se introdujo la visión de una nueva era productiva basada en la digitalización avanzada, y en 2013, un grupo de expertos liderado por ACATECH (Academia Alemana de Ciencia e Ingeniería) presentó un informe detallado que delineaba sus fundamentos técnicos, aplicaciones y retos (Joyanes, 2020).

En este contexto, la Industria 4.0 puede definirse como un modelo de transformación industrial basado en la digitalización y automatización inteligente de procesos, mediante la interconexión de personas, máquinas y sistemas a través del Internet de las Cosas, el big data, la inteligencia artificial y la robótica avanzada, con el fin de construir entornos de producción más flexibles, personalizados y sostenibles (Joyanes, 2020).

Para entender su significado y dimensión, es importante ubicarla en el contexto histórico de las revoluciones industriales. La Primera Revolución Industrial se caracterizó por la mecanización gracias al uso de la máquina de vapor; la Segunda trajo consigo la producción en masa, posibilitada por la electricidad; la Tercera introdujo la automatización mediante tecnologías electrónicas e informáticas; y la Cuarta, que es la actual, se distingue por la integración inteligente de tecnologías digitales, físicas y biológicas, y por la interconexión en tiempo real de sistemas productivos complejos (Meindl & Mendonça, 2021).

Mientras se desarrollaba en Europa, el concepto también fue promovido a nivel internacional por Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial. En la edición de 2016 del Foro de Davos, Schwab acuñó el término Cuarta Revolución Industrial para describir el impacto amplio y profundo que estas tecnologías están generando en todos los ámbitos de la vida humana. Según su visión, esta nueva revolución no solo modifica la industria, sino que transforma radicalmente nuestra manera de vivir, trabajar y relacionarnos, al integrar múltiples tecnologías emergentes con un ritmo de avance acelerado (Schwab, 2016).

En la actualidad, el concepto de Industria 4.0 se ha consolidado como un nuevo paradigma de gestión industrial, donde los sistemas ciberfísicos, el aprendizaje automático y la conectividad digital permiten crear entornos productivos altamente adaptativos, eficientes y personalizados. Según Blanco et al. (2017), esta transformación no solo impacta en la manera

de producir, sino también en la estructura organizacional, la cultura interna, las competencias laborales y las decisiones estratégicas.

Además, organismos internacionales como la Unión Europea han reconocido su papel clave en la transición hacia una economía más verde y digital. En este sentido, el Pacto Verde Europeo destaca la importancia de la Industria 4.0 como facilitadora de eficiencia energética, economía circular y reducción de emisiones en sectores intensivos en recursos (Comisión Europea, 2019), reforzando su valor estratégico para la sostenibilidad y la competitividad industrial.

Tecnologías Habilitadoras: Aplicaciones y Vínculo con la Sostenibilidad.

La transición hacia la Industria 4.0 se basa en un grupo de tecnologías digitales clave que hacen posible la recolección, el análisis y el uso de datos en tiempo real, con el fin de mejorar la eficiencia de los procesos industriales. Estas tecnologías no operan de forma aislada, sino que interactúan entre sí, dando lugar a entornos productivos inteligentes, adaptativos y orientados tanto a la eficiencia como a la sostenibilidad.

Diversos autores como Joyanes (2020), Meindl y Mendonça (2021), Blanco et al., (2017) y la European Environment Agency (2024) coinciden en que las principales tecnologías que conforman el núcleo de la Industria 4.0 son:

Internet de las Cosas (IoT): Conecta máquinas, sensores y dispositivos, permitiendo una monitorización continua de variables clave en el proceso productivo. Esto posibilita una gestión predictiva del mantenimiento, la optimización del consumo energético y la trazabilidad de insumos y residuos.

Big Data y analítica avanzada: Permiten procesar grandes volúmenes de datos para identificar patrones, tomar decisiones más informadas y reducir incertidumbre. Esta tecnología es clave para anticipar fallos, optimizar el uso de recursos y reducir desperdicios.

Inteligencia Artificial (IA): A través de algoritmos de aprendizaje automático, los sistemas pueden adaptarse, mejorar su desempeño y tomar decisiones autónomas en función de objetivos como eficiencia energética, calidad del producto o reducción de emisiones.

Robótica colaborativa y automatización avanzada: Promueven operaciones más precisas, seguras y eficientes, y se integran fácilmente con sistemas digitales para responder a cambios en tiempo real.

Impresión 3D (fabricación aditiva): Reduce el uso de materiales, elimina etapas intermedias en la cadena de producción y facilita la fabricación bajo demanda, disminuyendo el inventario y el transporte.

Computación en la nube y edge computing: Permiten gestionar y procesar información desde cualquier punto del sistema, lo que favorece una coordinación más ágil entre distintas etapas del proceso productivo y mejora la capacidad de respuesta.

Blockchain y sistemas de trazabilidad digital: Refuerzan la transparencia en las cadenas de suministro, permitiendo verificar el origen, impacto ambiental y social de cada componente, lo cual es clave para reportes ESG y cumplimiento normativo.

Estas tecnologías no solo impulsan la eficiencia operativa, sino que también permiten aplicar estrategias sostenibles como la simbiosis industrial, la logística inversa, el ecodiseño digital y la trazabilidad ambiental. De este modo, la Industria 4.0 se consolida como un habilitador clave de la economía circular y una aliada estratégica para la transición hacia modelos productivos sostenibles, resilientes y responsables (European Environment Agency, 2024; Andersen Iberia, 2024; Pacto Mundial, 2023).

Por su parte, en Colombia se han establecido lineamientos como el CONPES 3975 de 2019 sobre transformación digital e inteligencia artificial, así como programas como Fábricas de Productividad y Sostenibilidad liderados por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Estas iniciativas buscan acercar tecnologías como IoT, analítica avanzada y

automatización a las empresas nacionales, aunque la adopción en las PYMES todavía enfrenta limitaciones en infraestructura tecnológica y acceso a recursos (DNP, 2019; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023; Muñoz-Pinzón et al., 2024).

Tabla 1

Tecnologías de la Industria 4.0 y sostenibilidad

Tecnología	Aplicaciones clave	Contribución a ESG / EC
IoT (Internet de las Cosas)	Conectividad y monitorización en tiempo real de procesos y activos.	Permite trazabilidad, mantenimiento predictivo, eficiencia energética y reducción de fallos.
Big Data y analítica avanzada	Análisis masivo de datos para optimizar la toma de decisiones.	Identificación de ineficiencias, reducción de residuos, mejora continua basada en datos.
Inteligencia Artificial (IA)	Automatización inteligente y aprendizaje adaptativo.	Optimiza recursos, mejora calidad, reduce emisiones y anticipa problemas operativos.
Robótica colaborativa y automatización avanzada	Ejecución eficiente, precisa y segura de tareas repetitivas.	Reduce errores, mejora condiciones laborales, minimiza desperdicios y aumenta productividad.
Impresión 3D (fabricación aditiva)	Producción descentralizada y bajo demanda.	Disminuye transporte, reduce uso de materiales, fomenta la personalización sostenible.
Computación en la nube / edge computing	Gestión y procesamiento de datos desde múltiples ubicaciones.	Favorece la eficiencia en la toma de decisiones y reduce la infraestructura física necesaria.
Blockchain y trazabilidad digital	Registro seguro y verificable de la información en la cadena de suministro.	Transparencia en criterios ESG, reducción del riesgo reputacional, cumplimiento normativo.

Nota. Tecnologías clave de la Industria 4.0 aplicadas a proyectos sostenibles. Elaboración propia con base en Joyanes (2020); Meindl & Mendonça (2021); European Environment Agency (2024); Blanco et al. (2017); Andersen Iberia (2024).

Transformación Digital y Gestión del Cambio en la Industria 4.0.

La transformación digital asociada a la Industria 4.0 va mucho más allá de la incorporación de tecnologías emergentes. Supone un cambio estructural profundo en la manera en que las organizaciones industriales operan, aprenden, se comunican y toman decisiones. Este cambio implica una transición desde modelos tradicionales de producción

hacia sistemas inteligentes, adaptativos y sostenibles, donde la cultura organizacional y la gestión del cambio juegan un rol tan importante como la infraestructura tecnológica.

En este contexto, las organizaciones deben adoptar una visión sistémica del cambio, que contemple no solo la digitalización de procesos, sino también la adaptación de sus estructuras, estilos de liderazgo, competencias digitales y dinámicas internas. La transformación digital exitosa requiere fomentar capacidades organizacionales como la agilidad, la resiliencia, la transparencia y la colaboración entre equipos multidisciplinarios (Díaz-Cruces et al., 2025; Blanco et al., 2017).

En el ámbito de los proyectos industriales, esto supone una transformación completa en la manera de diseñarlos, planificarlos, llevarlos a cabo y evaluarlos. La incorporación de tecnologías como el Internet de las Cosas o el análisis predictivo no solo exige una inversión tecnológica, sino también la adaptación de los sistemas de información, una nueva gestión del conocimiento y una capacidad de decisión en tiempo real. Asimismo, resulta fundamental promover políticas de formación continua, fomentar una cultura orientada a la innovación y afrontar las resistencias internas al cambio (Joyanes, 2020; Pretil, 2019).

Desde la perspectiva de la sostenibilidad y los criterios ESG, esta transformación también contribuye a fortalecer la gobernanza organizacional, al permitir mayor trazabilidad de los procesos, rendición de cuentas, medición de indicadores clave y acceso a mecanismos de mejora continua. De hecho, uno de los mayores aportes de la Industria 4.0 a la sostenibilidad radica en su capacidad de facilitar una gestión transparente, basada en datos y alineada con marcos normativos como la ISO 26000, los ODS o la taxonomía verde europea (Andersen Iberia, 2024; ISO, 2011; Organización de las Naciones Unidas, 2015).

En definitiva, la transformación digital no puede entenderse únicamente como una actualización tecnológica. Es, sobre todo, un proceso estratégico de adaptación organizacional, que habilita nuevas formas de trabajar, colaborar y generar valor. En entornos

industriales donde la sostenibilidad es cada vez más exigida por el mercado, los reguladores y los consumidores, este cambio representa una oportunidad clave para consolidar una producción más eficiente, ética y resiliente.

Modelos de Gestión de Proyectos

En la actualidad, la gestión de proyectos industriales se enfrenta a entornos cada vez más complejos, regulados y dinámicos, donde las exigencias no se limitan a cumplir con plazos y presupuestos, sino que incluyen también el impacto ambiental, social y ético de los resultados. En este contexto, los modelos de gestión tradicionales están siendo reevaluados y adaptados para incorporar criterios ESG, principios de economía circular y enfoques más holísticos.

A continuación, se examinan los enfoques más relevantes en la gestión de proyectos aplicados en el ámbito industrial: PMBOK, PRINCE2, metodologías ágiles y modelos híbridos. Se analizarán sus estructuras, su contribución a la sostenibilidad y su nivel de adaptabilidad dentro del marco de la Industria 4.0.

Análisis de Modelos de Gestión de Proyectos: PMBOK, PRINCE2, Metodologías Ágiles e Híbridas.

Modelo PMBOK.

El Project Management Body of Knowledge (PMBOK), elaborado por el Project Management Institute (PMI), es uno de los marcos de referencia más conocidos y aplicados en todo el mundo. Desde sus primeras ediciones, el modelo ha estado basado en procesos y áreas de conocimiento, girando en torno a la planificación, ejecución, monitoreo y control, con énfasis en las restricciones de tiempo, costo y alcance.

No obstante, esta visión fue objeto de múltiples críticas por su enfoque rígido y técnico, con limitada capacidad de adaptación a entornos inciertos y escasa consideración de impactos sociales o ambientales (Silvius & Schipper, 2014). Estas observaciones impulsaron

una transformación profunda que se consolidó en la séptima edición del PMBOK, publicada en 2021.

La nueva versión abandona el enfoque centrado en procesos y adopta una estructura basada en 12 principios universales y 8 dominios de desempeño, promoviendo la entrega de valor, la adaptación contextual y la participación de los stakeholders (Project Management Institute, 2021). Aunque no integra explícitamente los criterios ESG, su flexibilidad permite incorporar prácticas sostenibles como el análisis del ciclo de vida (LCA), la trazabilidad ambiental o la gestión de riesgos sociales, según el enfoque del proyecto.

Modelo PRINCE2.

PRINCE2 (Projects IN Controlled Environments) es una metodología creada en el Reino Unido que cuenta con amplia aceptación en organizaciones públicas y privadas de Europa. Se caracteriza por un enfoque estructurado que incluye siete principios, siete temas y siete procesos, lo que le otorga modularidad, escalabilidad y una fuerte orientación al control y la gobernanza.

En sus versiones anteriores, PRINCE2 se centraba en el cumplimiento de procesos y entregables, sin una referencia directa a la sostenibilidad. Esta limitación fue superada con la llegada de PRINCE2 7, que incorpora nuevos elementos relacionados con los beneficios sostenibles, la ética y el propósito social del proyecto, adaptándose así a los estándares contemporáneos (Axelos, 2023).

Además, la estructura por temas como el caso de negocio, la organización, la calidad o el riesgo facilita la incorporación de métricas ESG. Esto permite a los equipos de proyecto alinear los objetivos técnicos con indicadores de impacto ambiental, social y de gobernanza desde el inicio del proyecto hasta su cierre (Guillén, 2022).

Metodologías Ágiles.

Las metodologías ágiles, como Scrum y Kanban, nacieron en el entorno del desarrollo de software, pero con el tiempo han sido incorporadas por industrias que necesitan responder con mayor agilidad y adaptarse rápidamente a los cambios. Estas metodologías promueven ciclos cortos de entrega (sprints), retroalimentación constante, y trabajo colaborativo, lo cual las hace altamente funcionales en contextos dinámicos (PMI & Agile Alliance, 2017).

Aunque los marcos ágiles no incluyen explícitamente criterios de sostenibilidad, su estructura iterativa permite que estos sean integrados como parte de los entregables o criterios de aceptación. Por ejemplo, se pueden priorizar funcionalidades que reduzcan el consumo de recursos, aumenten la eficiencia energética o favorezcan la economía circular. Como señalan Piwowar-Sulej y Sołtysik (2024), las metodologías ágiles tienen un gran potencial para operacionalizar objetivos ESG, siempre que exista una cultura organizacional que los incorpore en su backlog estratégico.

Enfoques Híbridos.

Los modelos híbridos combinan elementos de metodologías tradicionales (como PMBOK o PRINCE2) con principios ágiles, lo que permite una gestión más flexible y contextualizada. Estos enfoques se adaptan especialmente bien a proyectos que necesitan tanto estructura y trazabilidad como agilidad para responder a cambios del entorno (Leong et al., 2023).

La combinación de planificación estructurada con iteraciones rápidas hace que los modelos híbridos sean adecuados para sectores como la manufactura avanzada, la construcción digitalizada, o proyectos de transición energética, donde los objetivos sostenibles deben convivir con cronogramas estrictos. Además, permiten integrar criterios ESG o principios de economía circular desde etapas tempranas del diseño del proyecto, favoreciendo la innovación y la resiliencia operativa.

Sostenibilidad en los Modelos de Gestión de Proyectos.

Durante décadas, la gestión de proyectos se centró en el cumplimiento de la denominada triple restricción: entregar los proyectos dentro del tiempo, el costo y el alcance establecidos. Sin embargo, este enfoque ha sido progresivamente superado por una visión más holística, que reconoce que los proyectos también generan impactos sociales, ambientales y éticos que deben gestionarse de forma consciente y estratégica. Esta transición ha dado origen al concepto de gestión de proyectos sostenibles, que implica ampliar los criterios de éxito más allá del rendimiento técnico para incluir la generación de valor a largo plazo para todos los stakeholders (Silvius & Schipper, 2014).

Por ellos, la sostenibilidad en los proyectos no puede tratarse como un “complemento”, sino como un eje transversal que afecta desde la formulación inicial hasta la fase de cierre y posterior seguimiento. Según el Project Management Institute (2021), esta nueva perspectiva se refleja en la incorporación del concepto de valor organizacional, el cual incluye la contribución del proyecto a los objetivos estratégicos, los ODS, y los principios ESG. En este marco, la gestión del proyecto ya no se limita a entregar un producto o servicio, sino a maximizar beneficios sostenibles, minimizar impactos negativos y promover la resiliencia organizacional.

El modelo PRINCE2 7 también ha avanzado en este sentido, al integrar explícitamente la gestión de beneficios sostenibles y el análisis de impacto ético dentro de su estructura metodológica. La inclusión de principios como “adaptabilidad al contexto” y “responsabilidad social” permite que el marco se aplique a proyectos que busquen alinearse con la economía circular, la neutralidad climática o la regeneración de recursos naturales (Axelos, 2023). Esto lo convierte en una opción metodológica particularmente pertinente para industrias con alta presión regulatoria o exposición a los mercados internacionales de sostenibilidad.

En el caso de las metodologías ágiles, la sostenibilidad no aparece como un principio explícito, pero sí puede integrarse mediante valores como la simplicidad, la mejora continua y la colaboración cercana con el cliente. Según Piwowar-Sulej y Sołtysik (2024), las iteraciones ágiles permiten ajustar los entregables para minimizar desperdicios, rediseñar soluciones con menor impacto ambiental, y generar valor incremental que puede evaluarse en función de criterios ESG. No obstante, estos beneficios dependen en gran medida del compromiso de la organización, ya que la agilidad por sí sola no garantiza sostenibilidad si no existe una cultura orientada al impacto.

En este escenario, los enfoques híbridos se posicionan como una alternativa viable para integrar sostenibilidad de forma más robusta. Combinan la trazabilidad documental y la planificación rigurosa de los modelos tradicionales con la adaptabilidad y velocidad de respuesta de los métodos ágiles. Esto permite que los proyectos incorporen herramientas específicas como matrices de impacto ambiental, análisis de ciclo de vida (LCA), mapas de stakeholders o indicadores de circularidad desde las primeras fases del proyecto (Orieno et al., 2024; Leong et al., 2023). Además, los enfoques híbridos facilitan el diálogo entre equipos técnicos y áreas de sostenibilidad, algo clave en proyectos industriales complejos donde se requiere articular distintas disciplinas y objetivos.

Por tanto, la integración de la sostenibilidad en la gestión de proyectos no es solo una necesidad ética o reputacional, sino una estrategia inteligente que puede traducirse en mayor acceso a financiamiento verde, cumplimiento normativo, innovación responsable y ventajas competitivas duraderas. La clave está en seleccionar el enfoque más adecuado y adaptarlo a la realidad organizacional, sin perder de vista que un proyecto exitoso no es solo el que se termina bien, sino el que deja un impacto positivo real en su entorno.

Tabla 2*Evaluación de metodologías de gestión de proyectos sostenibles*

Criterio de análisis	PMBOK (7ª ed.)	PRINCE2 (7)	Ágil (Scrum, Kanban)	Híbrido
¿Integra sostenibilidad explícitamente?	Parcial. Reconoce el valor organizacional, pero no aborda sostenibilidad de forma directa.	Sí. Incorpora principios éticos, sostenibilidad y justificación de beneficios sostenibles.	No de forma explícita, pero puede adaptarse si se prioriza en el backlog o entregables.	Sí. Puede integrarse desde la planificación hasta la ejecución con herramientas concretas.
¿Permite evaluar impactos ESG?	Sí, si se incorporan marcos externos como GRI, ODS, LCA, etc.	Sí. Contempla herramientas y principios que permiten medir impacto ESG.	Parcial. Depende del liderazgo y enfoque del equipo.	Sí. Articula lo mejor de ambos enfoques, permitiendo trazabilidad y adaptación a indicadores ESG.
¿Admite indicadores ambientales/sociales?	Sí, si se definen en la planificación.	Sí, y se integran naturalmente en los procesos de control de producto.	Sí, si se diseñan como parte de los entregables por sprint o iteración.	Sí. Permite definir métricas desde fases tempranas y ajustar en el camino.
¿Favorece la gestión de valor sostenible?	Sí, si se alinea con los objetivos estratégicos de la organización.	Sí. Considera el valor sostenible como parte del ciclo de vida del proyecto.	Parcial. El valor es definido por el cliente, lo que puede incluir sostenibilidad si se prioriza.	Sí. Ideal para proyectos verdes, circulares o con múltiples objetivos sostenibles.
Observaciones clave	Su efectividad depende del contexto organizacional y del uso complementario de herramientas ESG.	Es uno de los modelos más estructurados para integrar sostenibilidad en todo el ciclo del proyecto.	Alta flexibilidad, pero requiere intencionalidad y cultura organizacional orientada al impacto positivo.	Es el enfoque más versátil para integrar sostenibilidad de manera estratégica, adaptativa y operativa.

Nota. Comparación de metodologías de gestión según su capacidad para integrar la sostenibilidad. Elaboración propia con base en Project Management Institute (2021); Axelos (2023); Silvius & Schipper (2014); Leong et al. (2023); Piwowar-Sulej & Sołtysik (2024); Andersen Iberia (2024).

Aunque cada modelo de gestión ofrece distintas herramientas y niveles de integración, la sostenibilidad puede incorporarse de manera efectiva siempre que exista un enfoque consciente, estratégico y adaptado al contexto del proyecto. Esta comparación evidencia la necesidad de metodologías más integradoras, capaces de responder simultáneamente a los desafíos técnicos, ambientales y sociales de la Industria 4.0.

Triple Restricción Extendida

Enfoque Tradicional: Tiempo, Costo y Alcance.

La triple restricción ha sido históricamente uno de los pilares conceptuales más reconocidos en la gestión de proyectos. Este modelo, también conocido como el “triángulo de hierro”, establece que los resultados de un proyecto están determinados por el equilibrio entre tres dimensiones fundamentales: tiempo, costo y alcance (Project Management Institute, 2017).

En este marco, el tiempo hace referencia a la duración total del proyecto y sus etapas clave, incluyendo la planificación, ejecución, control y cierre. El costo, por su parte, se relaciona con los recursos financieros asignados al proyecto, abarcando desde el presupuesto inicial hasta los gastos operativos y de control. Finalmente, el alcance define el conjunto de entregables, objetivos y resultados que el proyecto debe alcanzar para considerarse exitoso. Según el enfoque tradicional, cualquier cambio en una de estas variables impacta directamente en las otras dos, lo que obliga al gestor del proyecto a mantener un equilibrio constante entre ellas (Project Management Institute, 2017).

Durante décadas, esta estructura ha servido como guía para la planificación, ejecución y control, y ha demostrado ser útil en entornos donde los resultados eran altamente predecibles y los objetivos estaban claramente definidos. No obstante, su orientación estrictamente cuantitativa ha sido cuestionada ante la creciente complejidad de los entornos

industriales, especialmente en contextos donde intervienen factores como la sostenibilidad, el cambio climático o la innovación tecnológica (Moreno Monsalve et al.).

En la era de la Industria 4.0, donde los proyectos se enfrentan a transformaciones digitales aceleradas, nuevas normativas ambientales y exigencias sociales, la visión tradicional del éxito resulta insuficiente para responder a los desafíos actuales (Moreno Monsalve et al., 2020). De ahí que surja la necesidad de ampliar este modelo hacia una visión extendida, más alineada con los principios del desarrollo sostenible.

Hacia una Visión Ampliada: Sostenibilidad, Calidad y Responsabilidad Social.

Ante los nuevos desafíos globales y los compromisos asumidos en materia de desarrollo sostenible, distintos autores han propuesto una ampliación del modelo de triple restricción, incorporando nuevas dimensiones que reflejen la complejidad y el impacto real de los proyectos. Esta evolución del modelo no busca sustituir las variables tradicionales de tiempo, costo y alcance, sino complementarlas con criterios como la sostenibilidad, la calidad integral y la responsabilidad social, alineados con las expectativas de una industria más ética, circular y digital (Silvius & Schipper, 2014; Moreno Monsalve et al.).

La sostenibilidad se integra como un principio transversal que permea todas las fases del proyecto, desde su diseño inicial hasta su finalización. Este enfoque conlleva la evaluación de los impactos ambientales, sociales y económicos a largo plazo, fomentando la eficiencia energética, la utilización responsable de recursos, la reducción de emisiones y la minimización de residuos. Además, se alinea con marcos internacionales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la norma ISO 14001 o la taxonomía verde europea (ISO, 2011; Comisión Europea, 2020; Andersen Iberia, 2024).

Por su parte, la calidad adopta una perspectiva más amplia que en el enfoque tradicional. Ya no se limita al cumplimiento de requisitos técnicos o funcionales, sino que abarca valores como la trazabilidad, la transparencia, la ética y la coherencia entre los

resultados del proyecto y los principios institucionales. Como señala Moreno Monsalve et al. (2020), la calidad extendida implica garantizar que los proyectos no solo “funcionen bien”, sino que también contribuyan al bienestar colectivo y generen confianza social.

La responsabilidad social, en este contexto, se posiciona como una dimensión crítica de éxito. No se limita a intervenciones filantrópicas o cumplimiento normativo, sino que exige que los proyectos consideren de forma proactiva sus impactos sobre las comunidades, las condiciones laborales y el bienestar colectivo. En esta línea, integrar criterios ESG en la evaluación de los proyectos permite abordar estos aspectos de forma medible, transparente y alineada con los marcos internacionales de sostenibilidad (Guillén, 2022; Pacto Mundial, 2023).

En conjunto, esta visión extendida de la triple restricción permite abordar la gestión de proyectos desde una lógica más sistémica, donde el éxito no se define únicamente por cumplir plazos o presupuestos, sino por el impacto positivo que los proyectos generan en su entorno económico, social y ambiental. Esta perspectiva no solo responde a los desafíos de la Industria 4.0, sino que también fortalece la legitimidad, la resiliencia y la sostenibilidad organizacional en el largo plazo.

Aplicación del Modelo de Triple Restricción Extendida en la Industria 4.0.

La implementación del modelo de triple restricción extendida cobra especial importancia en el marco de la Industria 4.0, en la cual la digitalización, la automatización inteligente y los principios de sostenibilidad están redefiniendo los criterios que determinan el éxito de los proyectos industriales. En estos entornos, las decisiones ya no se limitan a equilibrar tiempo, costo y alcance, sino que también deben considerar aspectos como el impacto ambiental, la creación de valor social y la ética en la innovación tecnológica (Schwab, 2016; Joyanes, 2020).

Como señala Moreno Monsalve et al. (2020), ampliar las restricciones del proyecto permite diseñar iniciativas más resilientes, responsables y alineadas con las exigencias actuales de los sectores industriales, particularmente en Europa, donde el marco regulatorio impulsa la adopción de estándares ESG, prácticas de economía circular y modelos de negocio basados en eficiencia y regeneración.

Por ejemplo, en un proyecto de digitalización en una planta industrial, la gestión tradicional pondría énfasis en cumplir el cronograma, ajustar el presupuesto y entregar una solución funcional. Sin embargo, bajo un enfoque extendido, se incorporarían criterios adicionales como la reducción del consumo energético, la trazabilidad digital de los residuos, o el impacto del cambio en los puestos de trabajo, lo cual promueve una gestión más ética y sostenible (PNUMA, PNUD & Secretaría de la CMNUCC, 2023; Andersen Iberia, 2024).

Del mismo modo, la incorporación de tecnologías habilitadoras como el Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial, big data y blockchain genera nuevas oportunidades para realizar un seguimiento en tiempo real de indicadores de sostenibilidad. Esto permite gestionar con mayor facilidad variables extendidas tales como la huella de carbono, el uso eficiente de recursos o la diversidad en los equipos de trabajo (Meindl & Mendonça, 2021; European Environment Agency, 2024).

Este enfoque también mejora el acceso a financiamiento verde, incentivos fiscales y oportunidades de colaboración internacional, al alinearse con los criterios establecidos por la taxonomía verde de la Unión Europea, los ODS y las normativas ESG (Comisión Europea, 2020; Guillén, 2022). En este sentido, integrar la visión extendida desde el diseño del proyecto permite anticipar riesgos no financieros, mejorar la toma de decisiones y fortalecer la legitimidad de las organizaciones en un entorno altamente regulado y competitivo.

En definitiva, la triple restricción extendida en la era de la Industria 4.0 no solo representa una evolución teórica, sino una necesidad práctica para gestionar proyectos que

sean viables económicamente, responsables socialmente y sostenibles ambientalmente. Su incorporación contribuye a una gestión más holística, coherente con los desafíos actuales y alineada con la transformación digital y sostenible de los sectores industriales.

Normativas y Estándares Internacionales

Marco Regulatorio y su Impacto en la Sostenibilidad de Proyectos.

El avance hacia una gestión de proyectos más sostenible y alineada con los principios ESG no puede entenderse sin considerar el papel clave que desempeñan las normativas y estándares internacionales. Estos marcos proporcionan directrices técnicas y éticas que ayudan a las organizaciones a traducir compromisos globales en acciones concretas, fomentando una cultura de responsabilidad ambiental, social y de gobernanza en sus operaciones, incluidos los proyectos industriales.

Uno de los referentes más relevantes es el de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), definidos por las Naciones Unidas como parte de la Agenda 2030. Estos objetivos representan una guía estratégica que orienta a gobiernos, empresas y organizaciones hacia un desarrollo inclusivo, justo y respetuoso del medio ambiente. En particular, el ODS 9 promueve la innovación, la infraestructura resiliente y la industrialización sostenible, aspectos directamente vinculados con la ejecución de proyectos industriales en el marco de la transformación digital y la economía circular (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Por otro lado, los estándares ISO se han consolidado globalmente como referencias técnicas clave para implementar sistemas de gestión sostenibles. En concreto, la norma ISO 14001 define los requisitos para desarrollar un sistema de gestión ambiental enfocado en la mejora continua del desempeño ecológico. Su aplicación facilita la identificación y mitigación de los impactos negativos en los proyectos, además de optimizar la eficiencia en el uso de recursos y fortalecer la prevención de la contaminación (ISO,2015; Díaz-Cruces et al., 2025).

En el plano social y ético, la ISO 26000 proporciona lineamientos para incorporar la responsabilidad social en la gestión organizacional. Aunque no es una norma certificable, ofrece principios clave como la transparencia, la equidad, la participación de los stakeholders y el respeto a los derechos humanos, todos aplicables a decisiones en el ciclo de vida del proyecto (ISO, 2011).

También destacan iniciativas del sector privado y organismos multilaterales. Según Andersen Iberia (2024), las empresas que integran criterios ESG, economía circular y normativas internacionales en su modelo de gestión de proyectos no solo mejoran su reputación y acceso a financiamiento, sino que también responden eficazmente a las demandas de un mercado cada vez más exigente en sostenibilidad.

En este sentido, los marcos regulatorios no deben ser vistos únicamente como obligaciones, sino como herramientas estratégicas para fortalecer la resiliencia, la competitividad y el valor a largo plazo de los proyectos industriales.

GRI y Reportes de Sostenibilidad.

La medición, seguimiento y comunicación del desempeño sostenible requiere marcos específicos que garanticen trazabilidad y rendición de cuentas. En este contexto, los estándares del Global Reporting Initiative (GRI) se han consolidado como la principal referencia para estructurar informes de sostenibilidad de forma transparente y comparable a nivel internacional.

El GRI permite a las organizaciones reportar sus impactos ambientales, sociales y económicos mediante indicadores claros y verificables. Su aplicación en proyectos industriales facilita la alineación con criterios ESG, el cumplimiento normativo y la comunicación efectiva con inversionistas, autoridades y comunidades afectadas (Pacto Mundial, 2023).

Además, los reportes de sostenibilidad se han convertido en una herramienta clave para acceder a fondos de inversión responsables, mejorar la imagen institucional y consolidar la confianza con los stakeholders. Su uso ya no es una opción reputacional, sino una exigencia creciente del entorno empresarial y financiero global.

Taxonomía Verde y Regulación Financiera.

Otro avance significativo es la creación de la taxonomía verde, una iniciativa impulsada por la Unión Europea que establece criterios claros para determinar qué actividades económicas puede considerarse ambientalmente sostenibles. Este marco técnico busca orientar las inversiones hacia sectores que contribuyen a la mitigación y adaptación al cambio climático, al uso eficiente de recursos y al impulso de la economía circular (Comisión Europea, 2020).

La taxonomía verde establece criterios claros y medibles para evaluar si un proyecto contribuye de manera sustancial a uno o más objetivos ambientales sin perjudicar a los demás. Esto la convierte en una guía técnica y financiera especialmente útil para proyectos industriales que buscan alinearse con los compromisos del Pacto Verde Europeo o acceder a financiamiento verde.

Su implementación, aunque aún en proceso de consolidación en muchos países, ya actúa como referencia para bancos, inversores y organismos públicos, promoviendo una mayor integración entre los objetivos ambientales y las decisiones de inversión (Andersen Iberia, 2024).

De manera paralela, Colombia ha desarrollado su propia Taxonomía Verde, publicada en 2022, con el propósito de orientar la financiación hacia actividades económicas sostenibles y alineadas con los compromisos climáticos del país. Este instrumento, similar al modelo europeo, constituye un avance relevante para movilizar recursos hacia proyectos industriales

que incorporen criterios ESG y principios de economía circular en el contexto nacional (Gobierno de Colombia, 2022).

En conjunto, estos marcos normativos, estándares internacionales y herramientas de reporte no solo estandarizan buenas prácticas, sino que facilitan la integración efectiva de los principios ESG y de economía circular en la gestión de proyectos. Su adopción fortalece la transparencia, la trazabilidad, el acceso a mercados responsables y la alineación de los proyectos industriales con los compromisos globales de sostenibilidad. En este sentido, actúan como catalizadores clave para una transformación organizacional orientada al valor compartido y al desarrollo sostenible de largo plazo.

Modelos Previos de Gestión de Proyectos Sostenibles

Estudios Relevantes y Evolución del Enfoque Sostenible.

La búsqueda por incorporar la sostenibilidad en la gestión de proyectos ha impulsado, en las últimas dos décadas, el surgimiento de diversos modelos y enfoques metodológicos. Estas propuestas responden a la necesidad de trascender la visión tradicional centrada en la triple restricción, considerando también los impactos a largo plazo que los proyectos generan sobre el entorno ambiental, social y organizacional. A continuación, se destacan algunos de los aportes más importantes en el ámbito académico y profesional.

Uno de los primeros enfoques fue planteado por Silvius y Schipper (2014), quienes propusieron un modelo de gestión sostenible de proyectos fundamentado en seis principios: orientación hacia el largo plazo, evaluación de impactos sociales y ambientales, involucramiento de las partes interesadas, transparencia, adaptación al contexto específico y equilibrio entre objetivos económicos y éticos. Este enfoque impulsó una visión integral del proyecto, en la cual el éxito no se limita únicamente al cumplimiento técnico, sino también a la creación de valor sostenible y socialmente responsable.

Más adelante, autores como Carvalho y Rabechini (2017) señalaron que los factores críticos de éxito en los proyectos debían ampliarse para considerar aspectos como la innovación organizacional, la madurez en sostenibilidad y la capacidad para alinear los objetivos específicos del proyecto con las metas estratégicas de la organización. Estos factores deben integrarse desde la fase inicial del análisis de viabilidad, facilitando así el diseño de proyectos capaces de maximizar beneficios y reducir al mínimo las externalidades negativas.

En línea con estas propuestas, el Project Management Institute (2021), en su séptima edición del PMBOK, introdujo el concepto de “valor organizacional” como eje central del nuevo enfoque. Este valor puede manifestarse en forma de retorno económico, impacto social positivo o contribución al cumplimiento de los ODS. Asimismo, el nuevo modelo destaca la necesidad de adaptar las prácticas de gestión según el contexto y los resultados esperados, lo cual abre espacio para integrar prácticas circulares, éticas y regenerativas en diferentes tipos de proyectos.

Otros estudios, como el de Orieno et al. (2024), han realizado una revisión comparativa entre los principales estándares de gestión de proyectos (PMBOK, PRINCE2, IPMA, entre otros) y sus posibilidades de integración con criterios de sostenibilidad. Aunque se han logrado avances, los autores advierten que aún existen brechas importantes, especialmente en relación con la economía circular, la gestión ética de los stakeholders y el seguimiento de impactos a largo plazo.

En este escenario, han comenzado a surgir modelos híbridos que combinan enfoques estructurados con metodologías ágiles. Por ejemplo, Leong et al. (2023) proponen una gestión híbrida adaptativa que prioriza tanto la entrega incremental de valor como la evaluación continua de impacto ambiental y social. Este tipo de modelos resulta especialmente pertinente para sectores como la manufactura avanzada, la logística o la construcción industrializada, donde la capacidad de adaptación y trazabilidad es clave.

Buenas Prácticas y Experiencias Aplicadas.

Existen también experiencias documentadas que han logrado incorporar con éxito criterios sostenibles en la gestión de proyectos, principalmente en industrias que enfrentan alta presión regulatoria o fuerte escrutinio social. Estas experiencias incluyen la implementación de herramientas como matrices de impacto ambiental, mapas de actores clave, protocolos de participación comunitaria y sistemas de indicadores ESG (Piwowar-Sulej & Sołtysik, 2024).

En entornos donde se aplican metodologías ágiles, la sostenibilidad se gestiona mediante iteraciones cortas que permiten ajustes progresivos, lo cual es ventajoso para incorporar cambios sociales o ambientales de forma más dinámica. Sin embargo, como advierten Kalenda et al. (2018), esta flexibilidad no garantiza por sí sola la integración de principios ESG si no hay una estrategia explícita ni compromiso organizacional.

En esa línea, los enfoques híbridos permiten combinar la trazabilidad documental y la planificación rigurosa de los modelos tradicionales con la adaptabilidad y velocidad de respuesta de los métodos ágiles. Esto facilita que los proyectos incorporen desde el diseño herramientas como el análisis de ciclo de vida (LCA), indicadores de circularidad o matrices de riesgos ESG, garantizando una gestión más integral y coherente con los principios de sostenibilidad (Leong et al., 2023).

Estas prácticas demuestran que es posible avanzar hacia modelos metodológicos sostenibles en contextos industriales, siempre que exista una estructura clara, herramientas operativas y un enfoque estratégico que considere la economía circular, los ODS y los criterios ESG como ejes fundamentales del proyecto.

Comparación de Modelos de Gestión con Enfoque en Sostenibilidad

Este apartado presenta una síntesis comparativa de los principales modelos de gestión de proyectos analizados en el marco teórico, evaluando su capacidad de integración con los

critérios ESG, los principios de economía circular y su aplicabilidad en contextos industriales de la Industria 4.0. La tabla permite visualizar de forma estructurada las diferencias clave entre enfoques tradicionales, ágiles e híbridos, así como sus respectivos niveles de adaptabilidad, trazabilidad y sostenibilidad.

Tabla 3

Integración de ESG, economía circular e Industria 4.0 en modelos de gestión

Criterio/Dimensión	PMBOK (PMI, 2017; 2021)	PRINCE2 (Axelos, 2023)	Metodologías Ágiles	Modelos Híbridos
Enfoque central	Triple restricción (tiempo, costo, alcance); orientación a valor organizacional en versión 7	Gestión por principios, control por etapas, enfoque en producto y beneficios sostenibles	Iteración, adaptación continua, trabajo colaborativo	Combinación de estructura formal y agilidad operativa
Sostenibilidad	Mencionada como parte del valor organizacional; aún poco estructurada	Integrada explícitamente desde PRINCE2 7; gestión de beneficios sostenibles y principios éticos	No forma parte de los principios base, pero puede incorporarse según cultura organizacional	Integra herramientas ESG y de economía circular desde fases iniciales
Integración de ESG	Alineación con objetivos estratégicos sostenibles en versión 7	Incorporación de principios como responsabilidad social y contexto del proyecto	Flexible, depende del enfoque del equipo	Permite incluir matrices ESG, indicadores, análisis LCA
Adaptabilidad	Media, mejora en versión 7	Alta, con foco en personalización del enfoque	Alta, nativa del enfoque ágil	Muy alta, adaptable a cada tipo de proyecto e industria
Vinculación con economía circular	Posible si se adapta el enfoque desde la formulación	Posibilidad de integración según objetivos del proyecto	Puede incorporarse a través de rediseño iterativo	Alta integración en diseño, ejecución y evaluación

Uso de indicadores de impacto	Requiere complementos externos (GRI, ISO, etc.)	Compatible con GRI y herramientas de evaluación ESG	Uso de métricas flexibles, no estandarizadas	Facilita el uso combinado de KPI, LCA, mapas de actores, etc.
Aplicabilidad en Industria 4.0	Compatible con enfoque digital si se adapta	Alta compatibilidad, adaptable a entornos tecnológicos	Muy útil en proyectos tecnológicos e iterativos	Especialmente eficaz para proyectos industriales complejos y circulares

Nota. Comparación de modelos de gestión en función de su integración con ESG, economía circular e Industria 4.0. Elaboración propia con base en Project Management Institute (2017, 2021); Axelos (2023); Piwowar-Sulej & Sołtysik (2024); Leong et al. (2023); Oriexa et al. (2024); González (2020).

Esta comparación evidencia que, si bien los modelos tradicionales y emergentes han comenzado a incorporar aspectos vinculados a la sostenibilidad, su grado de integración aún varía significativamente. Los enfoques híbridos se posicionan como una alternativa robusta para combinar trazabilidad, adaptabilidad y herramientas de sostenibilidad en proyectos complejos. En este marco, el desarrollo de una metodología que integre explícitamente los criterios ESG y los principios de economía circular en la gestión de proyectos industriales representa no solo una necesidad, sino una contribución estratégica al avance de la industria hacia modelos más responsables, regenerativos y competitivos.

Ahora bien, en el caso colombiano, si bien existen avances normativos e institucionales en materia de sostenibilidad y economía circular, la literatura evidencia que todavía se requieren marcos metodológicos adaptados a la realidad productiva nacional. En particular, las PYMES enfrentan obstáculos relacionados con la financiación, la adopción tecnológica y la gestión de capacidades, lo que hace necesario contar con propuestas que, además de alinearse con referentes globales, respondan a las necesidades locales (Ramírez Duque et al., 2024; Muñoz-Pinzón et al., 2024).

Metodología

Este trabajo se enmarca dentro de una monografía de diseño metodológico, cuyo objetivo principal es construir una propuesta estructurada para integrar los criterios ESG y los principios de economía circular en la gestión de proyectos industriales. Para eso, se plantea un enfoque cualitativo, basado principalmente en el análisis de bibliografía técnica, normativa y académica. A diferencia de una investigación con trabajo de campo, acá el foco está puesto en el diseño de un modelo conceptual que pueda ser aplicable en distintos contextos organizacionales.

Aunque el análisis se centra especialmente en el periodo 2020–2025, se incluyeron también fuentes anteriores principalmente desde 2010, que resultan fundamentales para entender cómo fueron evolucionando estos enfoques en el ámbito académico, regulatorio e industrial. La metodología se organizó en cuatro fases, que permitieron avanzar de forma ordenada desde la revisión documental hasta la construcción final del modelo propuesto. (ver Figura 1).

Figura 1

Fases de la metodología



Fuente. Autoría Propia

Fase de Recopilación y Selección de Información

En esta primera etapa se realizó una búsqueda sistemática de información, con el objetivo de reunir material relevante que sirviera de base para el análisis posterior. El proceso incluyó la definición de una estrategia de búsqueda, la aplicación de criterios de selección y la organización de la información mediante fichas y matrices.

Estrategia de Búsqueda Documental

La búsqueda se llevó a cabo en distintas bases de datos académicas y repositorios institucionales, como Scopus, Web of Science, Google Scholar, Redalyc y Dialnet. También se consultaron documentos técnicos y normativos de organismos como la Comisión Europea, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Project Management Institute y la Fundación Ellen MacArthur y fuentes gubernamentales colombianas.

Para encontrar documentos relevantes, se utilizaron combinaciones de palabras clave en español e inglés, junto con operadores booleanos. Algunos ejemplos fueron:

- ESG AND project management
- gestión sostenible de proyectos AND economía circular
- circular economy tools AND Industry 4.0
- metodologías híbridas AND sostenibilidad

Aunque el foco principal de la revisión se ubicó entre 2020 y 2025, también se incluyeron fuentes anteriores (desde 2010), cuando su aporte era relevante para comprender la evolución teórica o metodológica de los temas tratados.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Para asegurar que el material fuera pertinente y de calidad, se definieron criterios específicos de selección. Estos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4

Criterios de inclusión y exclusión aplicados en la selección documental

Criterio	Inclusión	Exclusión
Tipo de documento	Artículos científicos, tesis, libros, informes normativos o técnicos	Blogs, noticias, documentos sin referencias ni revisión académica
Enfoque temático	ESG, sostenibilidad, economía circular, gestión de proyectos, Industria 4.0	Documentos que no aborden metodologías ni tengan aplicación práctica

Idioma	Español e inglés	Otros idiomas sin traducción disponible
Accesibilidad	Acceso completo, respaldo institucional o académico	Acceso parcial, sin metadatos verificables
Periodo de publicación	2010–2025, con foco entre 2020–2025	Publicaciones anteriores sin relevancia metodológica o teórica actual

Nota. Elaboración propia. Se establecieron estos criterios para asegurar la pertinencia, actualidad y aplicabilidad de las fuentes en el diseño metodológico propuesto.

Registro y Sistematización de la Información

Una vez seleccionadas las fuentes, se organizaron mediante fichas bibliográficas estructuradas (ver ejemplo en el Apéndice A), donde se anotaron datos clave como autoría, tipo de documento, objetivos, enfoque metodológico y hallazgos principales. Esto permitió tener una visión clara y ordenada de cada texto revisado.

Además, se diseñó una matriz comparativa (ver Apéndice B) para clasificar los documentos según ciertos criterios, como el nivel de integración de sostenibilidad, la presencia de economía circular, la aplicación en entornos industriales y el grado de compatibilidad con tecnologías de la Industria 4.0.

Esta sistematización permitió reducir el universo inicial de más de 100 fuentes a una muestra crítica de aproximadamente 40 documentos clave, seleccionados por su relevancia metodológica y valor práctico.

Fase de Análisis y Síntesis

Una vez organizada y filtrada la información, se avanzó con el análisis del contenido de las fuentes seleccionadas. El objetivo de esta etapa fue identificar patrones, enfoques comunes, buenas prácticas y vacíos metodológicos que sirvieran de base para construir el modelo propuesto. Este análisis se llevó a cabo a través de tres procesos complementarios: codificación temática, comparación entre metodologías y síntesis crítica.

Análisis Temático y Codificación

Se aplicó una lectura en profundidad de las fichas bibliográficas (ver Apéndice A), lo que permitió identificar categorías clave como sostenibilidad en proyectos, integración de criterios ESG, economía circular aplicada, tecnologías habilitadoras, normativa internacional, indicadores de impacto y compromiso organizacional.

La codificación fue de tipo inductivo, lo que significa que las categorías no estaban predefinidas, sino que fueron surgiendo de manera progresiva a medida que se analizaban los documentos. Este proceso se realizó en paralelo con la lectura, lo que permitió detectar tanto conceptos recurrentes como enfoques emergentes. El análisis se realizó en varias rondas de revisión, reorganizando y refinando las categorías hasta lograr una estructura clara.

Análisis Comparativo entre Enfoques

A partir de las categorías identificadas, se elaboró una matriz de análisis comparativo (ver Apéndice B) que permitió evaluar las similitudes y diferencias entre distintos marcos metodológicos. Se trabajó con documentos como PMBOK 7, PRINCE2 7, metodologías ágiles e híbridas, guías normativas como ISO 14001, GRI Standards, y marcos regulatorios como la taxonomía verde europea.

Los criterios de comparación considerados fueron:

- Nivel de integración de criterios ESG
- Inclusión de principios de economía circular
- Aplicabilidad a proyectos industriales
- Compatibilidad con tecnologías de la Industria 4.0
- Estructura metodológica y herramientas propuestas

Este cruce permitió identificar qué marcos estaban más avanzados en términos de sostenibilidad, cuáles tenían un enfoque más técnico o rígido, y dónde había oportunidades de mejora al momento de integrar ambas dimensiones: lo ambiental-social y lo digital-industrial.

Identificación de Patrones, Buenas Prácticas y Vacíos

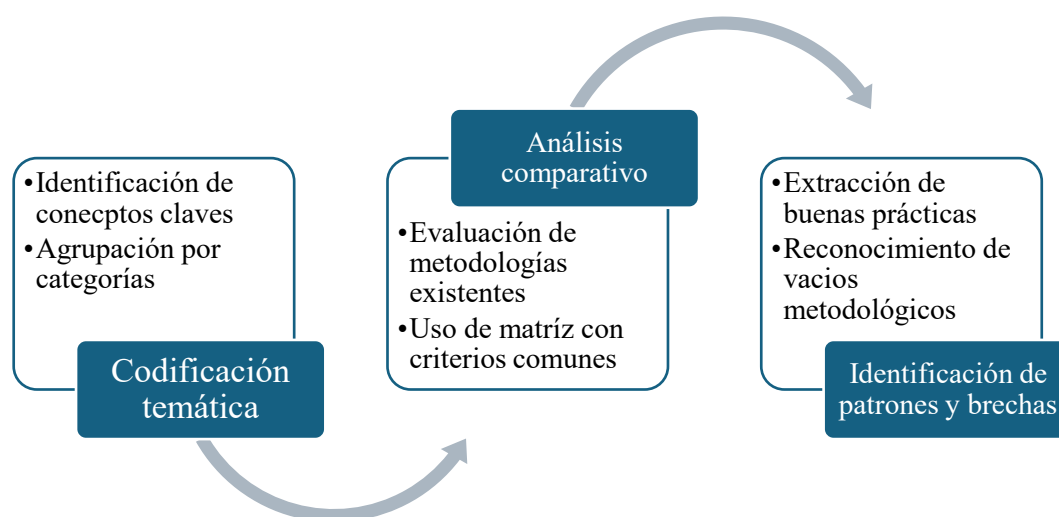
De todo el análisis anterior se desprendieron varios hallazgos relevantes. Por un lado, se identificaron buenas prácticas comunes, como la necesidad de incluir criterios de sostenibilidad desde la planificación, la importancia de indicadores ESG para evaluar resultados, y el valor de herramientas circulares como el análisis de ciclo de vida.

También se detectaron brechas metodológicas, principalmente en la falta de marcos que integren de forma transversal la sostenibilidad con la digitalización. Muchas metodologías existentes no articulan bien los principios de economía circular con herramientas de gestión de proyectos, ni aprovechan el potencial de las tecnologías 4.0 para trazar y evaluar impactos sostenibles.

Todos estos hallazgos fueron fundamentales para diseñar una propuesta metodológica que intentara cubrir esos vacíos y combinar las fortalezas identificadas en modelos previos.

Figura 2

Etapas del análisis documental para la construcción del modelo



Fuente. Autoría Propia

Fase de Construcción del Modelo Propuesto

Después del análisis temático y comparativo realizado en la fase anterior, se procedió al diseño del modelo metodológico central de esta monografía. El objetivo fue crear una

propuesta práctica, estructurada y flexible que integrara los criterios ESG y los principios de economía circular de forma transversal en todo el ciclo de vida de un proyecto industrial.

Estructura General del Modelo

El modelo se organiza en cinco fases secuenciales, que permiten guiar un proyecto desde su formulación hasta su evaluación final. En cada fase se incorporan herramientas, criterios e indicadores que permiten abordar la sostenibilidad no como un añadido, sino como parte central del proceso.

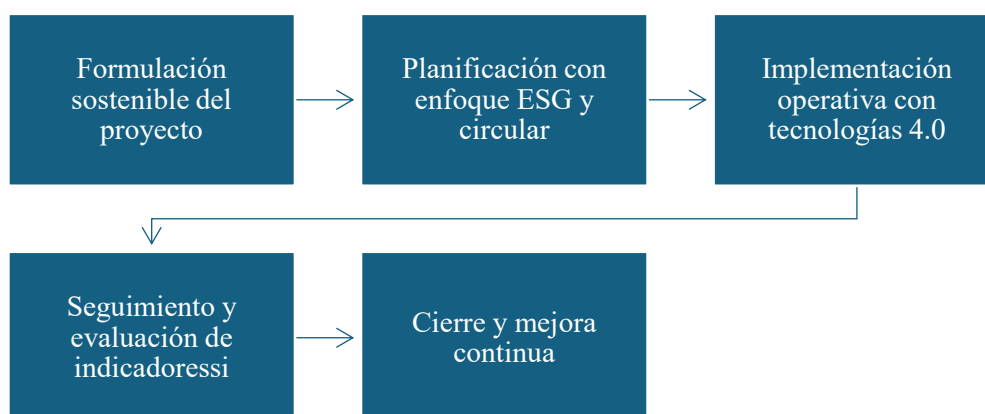
Además de las fases, el modelo incluye elementos transversales como:

- Análisis de materialidad
- Indicadores ESG
- Herramientas circulares (como el análisis de ciclo de vida o los mapas de flujos)
- Mecanismos de retroalimentación
- Trazabilidad de impactos a través de tecnologías habilitadoras

Estas herramientas fueron seleccionadas por su relevancia y aplicabilidad práctica, pero también por su capacidad de adaptarse a diferentes sectores industriales.

Figura 3

Estructura general del modelo metodológico propuesto



Fuente. Autoría Propia

Justificación de los Componentes

Cada fase fue definida teniendo en cuenta cuatro criterios principales:

1. **Aplicabilidad práctica:** que se pueda usar en proyectos reales, sin importar el tamaño de la organización.
2. **Adaptabilidad:** que sea flexible para ajustarse a distintos sectores industriales.
3. **Compatibilidad con normas internacionales:** para facilitar su integración en empresas que ya utilizan estándares reconocidos.
4. **Foco en la sostenibilidad como eje transversal:** no como un objetivo separado, sino como parte del núcleo del proyecto.

Además, se priorizó que el modelo permitiera una gestión más estratégica, basada en datos y con herramientas que faciliten la toma de decisiones en tiempo real. También se buscó que fuera útil tanto en grandes industrias como en pymes que estén en proceso de transición hacia modelos más sostenibles.

Estos principios no solo estructuran el modelo, sino que refuerzan su aplicabilidad en escenarios industriales reales.

Fase de Presentación, Discusión y Conclusiones

La última fase de este proceso metodológico consistió en organizar el contenido del trabajo y presentar de manera clara y coherente el modelo desarrollado. En este sentido, la estructura del documento fue pensada para facilitar la comprensión del lector, guiándolo desde la justificación del problema hasta la propuesta final, mostrando en cada etapa el camino metodológico seguido.

De manera complementaria, el modelo propuesto se presenta en el cuerpo principal del documento, acompañado de figuras, descripciones y ejemplos que ayudan a visualizar sus fases, herramientas e indicadores clave. Además, se incluyen referencias cruzadas a anexos

donde se muestran los instrumentos utilizados para analizar la información (como fichas bibliográficas y matrices comparativas).

Asimismo, como parte de esta fase se incorporó un capítulo de discusión específico sobre el contexto colombiano, que permite contrastar los referentes europeos con la realidad nacional y aporta una visión complementaria para evaluar la aplicabilidad del modelo en entornos productivos distintos.

Por otra parte, aunque este trabajo no contempla una validación empírica del modelo, sí se reconoce la importancia de una futura validación conceptual, que podría realizarse mediante juicio de expertos o pruebas piloto en organizaciones interesadas en implementar metodologías sostenibles. Esta validación permitiría evaluar la aplicabilidad, identificar mejoras y ajustar la propuesta a distintos contextos industriales.

Finalmente, las conclusiones del estudio buscan dar respuesta a la pregunta de investigación, mientras que las recomendaciones se orientan a organizaciones y profesionales que estén interesados en incorporar criterios ESG y principios de economía circular en la gestión de sus proyectos. También se proponen posibles líneas de investigación futura, tanto para validar como para adaptar el modelo en nuevos entornos o sectores específicos.

Desarrollo del Marco de Referencia

Este capítulo presenta en detalle el marco metodológico propuesto, diseñado a partir del análisis documental realizado y construido según los criterios definidos en la metodología. El modelo busca ser una herramienta útil, adaptable y replicable para la gestión de proyectos industriales, integrando criterios ESG, principios de economía circular y tecnologías habilitadoras propias de la Industria 4.0.

El desarrollo se organiza en cuatro apartados: los pilares conceptuales del modelo, la estructura de sus fases, las herramientas e indicadores sugeridos, y una guía práctica para su implementación en proyectos del ámbito industrial.

Pilares del Modelo

El modelo metodológico se apoya en cuatro pilares clave que orientan su diseño y aplicación:

1. Criterios ESG (Environmental, Social, Governance)

Aportan un marco normativo y estratégico para abordar la sostenibilidad desde una perspectiva integral. Estos criterios permiten identificar y gestionar impactos ambientales, sociales y de gobernanza en todas las etapas del proyecto, facilitando el cumplimiento normativo, la transparencia y la alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (Guillén, 2022).

2. Principios de Economía Circular

Permiten estructurar procesos más eficientes, regenerativos y orientados a la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Su incorporación favorece la innovación en el diseño, el aprovechamiento de recursos y la minimización de residuos, transformando el enfoque tradicional lineal en uno circular (Fundación Ellen MacArthur, 2021).

3. Tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0

Incluyen herramientas digitales como sensores, inteligencia artificial, plataformas IoT, análisis de datos y sistemas de trazabilidad. Estas tecnologías permiten optimizar operaciones, mejorar la toma de decisiones y monitorear el desempeño en tiempo real, lo cual es clave en entornos industriales complejos y dinámicos (Blanco et al., 2017).

4. Sistemas de medición y trazabilidad del impacto

Facilitan la evaluación concreta del desempeño sostenible de los proyectos industriales. La incorporación de indicadores ESG, métricas circulares y tableros de control permite un seguimiento continuo, la generación de evidencias y la mejora progresiva del proceso (CTCN, 2021).

Estos pilares se integran progresivamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto, tal como se representa en la Figura 4.

Figura 4

Niveles de construcción conceptual del modelo metodológico propuesto



Fuente. Autoría Propia. Representa la jerarquía lógica entre los componentes del modelo.

Fases y Funcionamiento del Modelo

El modelo metodológico se articula en cinco fases secuenciales, que corresponden al ciclo de vida típico de un proyecto, pero con la incorporación transversal de sostenibilidad, circularidad y tecnología desde el inicio. Esta estructura retoma elementos de metodologías consolidadas como PMBOK 7 (Project Management Institute, 2021) y PRINCE2 7 (Axelos, 2023), adaptadas al enfoque sostenible y al contexto industrial.

Fase 1: Formulación Sostenible del Proyecto

En esta fase se identifican los impactos potenciales del proyecto y se realiza un análisis del contexto, actores clave y condiciones operativas. Esta etapa permite anticipar riesgos, alinear los objetivos del proyecto con criterios de sostenibilidad y establecer una base sólida para su planificación.

- Mapeo de partes interesadas
- Revisión de regulaciones y estándares aplicables
- Identificación de oportunidades de circularidad
- Diagnóstico preliminar de riesgos ESG

Fase 2: Planificación con Enfoque ESG y Circular

Aquí se estructura el proyecto considerando los objetivos de sostenibilidad, los impactos priorizados y las capacidades tecnológicas disponibles. Se definen indicadores clave, se seleccionan herramientas de evaluación y se integran principios de economía circular en los procesos previstos.

- Matriz de materialidad ESG
- Análisis de ciclo de vida (ACV) preliminar
- Selección de tecnologías habilitadoras 4.0
- Definición de metas e indicadores sostenibles

Fase 3: Implementación Operativa

En esta fase se ejecuta el proyecto con base en la planificación, utilizando herramientas digitales para el control de procesos, la trazabilidad y la recolección de datos. Se busca garantizar la eficiencia operativa, la reducción de impactos y el cumplimiento de objetivos ESG.

- Aplicación de tecnologías 4.0 (sensores, IoT, plataformas digitales)
- Monitoreo de procesos en tiempo real

- Registro de indicadores y desviaciones
- Acompañamiento del equipo de trabajo

Fase 4: Seguimiento y Evaluación

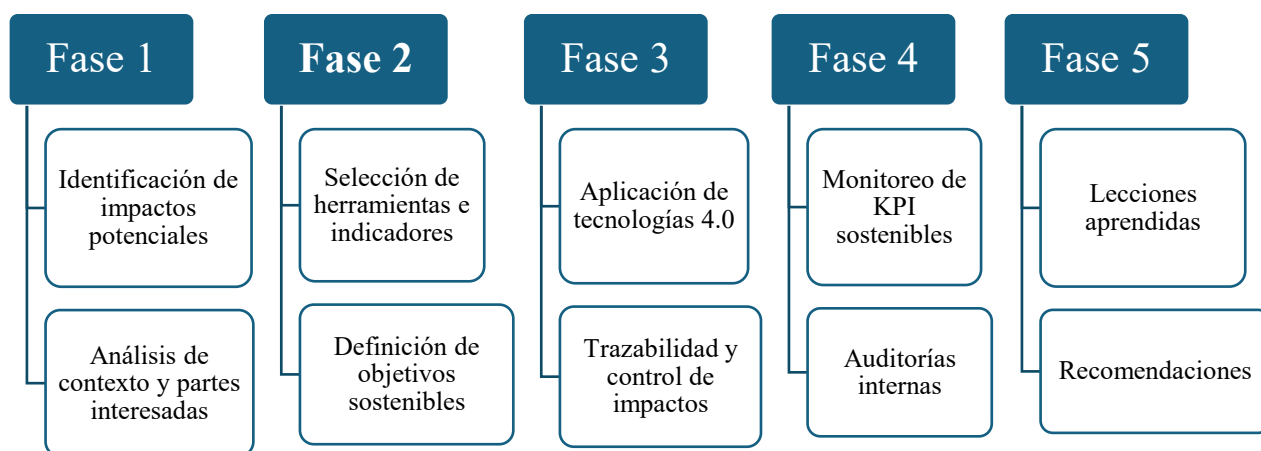
Durante esta etapa se monitorea el avance del proyecto, se evalúa su desempeño y se generan espacios de retroalimentación. La información recopilada permite tomar decisiones correctivas y garantizar la alineación continua con los objetivos sostenibles.

- Revisión periódica de KPIs ESG
- Auditorías internas o validaciones externas
- Análisis de resultados frente a metas
- Retroalimentación operativa y estratégica

Fase 5: Cierre y Mejora Continua

Al finalizar el proyecto, se documentan los resultados obtenidos, se identifican aprendizajes clave y se formulan recomendaciones para iniciativas futuras. Esta fase busca consolidar la sostenibilidad como parte estructural del modelo de gestión.

- Informe de desempeño sostenible
- Sistematización de buenas prácticas
- Lecciones aprendidas y recomendaciones
- Evaluación de replicabilidad y escalabilidad del modelo

Figura 5*Fases del modelo metodológico propuesto**Fuente. Autoría Propia***Herramientas e Indicadores**

El modelo propuesto incluye un conjunto de herramientas e indicadores que permiten operacionalizar sus pilares conceptuales y acompañar su aplicación práctica a lo largo de las cinco fases. Estos instrumentos fueron seleccionados por su utilidad para monitorear el desempeño sostenible del proyecto, tomar decisiones basadas en evidencia y generar trazabilidad en cada etapa del ciclo de vida.

Se proponen a continuación dos grupos principales: indicadores ESG, utilizados para medir impactos y resultados; y herramientas de gestión, diseñadas para guiar el proceso, anticipar riesgos y fomentar la mejora continua.

Indicadores ESG: Medición del Desempeño Sostenible

Los indicadores propuestos permiten evaluar los impactos del proyecto en tres dimensiones clave: ambiental, social y de gobernanza. Fueron seleccionados con base a estándares como GRI, SASB y marcos sectoriales aplicados en entornos industriales (Guillén, 2022).

Tabla 5*Indicadores ESG sugeridos para proyectos industriales*

Dimensión	Indicador sugerido	Ejemplo de aplicación
Ambiental (E)	Consumo energético por unidad producida	Eficiencia en líneas de producción
Ambiental (E)	Porcentaje de materiales reciclados	Selección de insumos con menor huella
Social (S)	Grado de participación de stakeholders	Registro de consultas y decisiones compartidas
Social (S)	Horas de formación en sostenibilidad	Capacitación durante ejecución del proyecto
Gobernanza (G)	Existencia de comité ESG del proyecto	Supervisión transversal durante todas las fases
Gobernanza (G)	Periodicidad de reportes internos	Seguimiento de desempeño sostenible

Nota. Los indicadores presentados pueden adaptarse según el tipo de proyecto, el sector industrial y el nivel de madurez organizacional, siguiendo criterios de relevancia, medición y trazabilidad.

Herramientas por Fase del Modelo

A continuación se presentan las herramientas sugeridas, organizadas según la fase del modelo en la que resultan más útiles. Esta lógica busca facilitar su implementación secuencial y fortalecer la integración entre sostenibilidad, circularidad y gestión operativa (ISO 14040, 2006).

Tabla 6*Herramientas sugeridas por fase del modelo metodológico*

Fase del modelo	Herramienta sugerida	Propósito principal
Fase 1: Formulación sostenible	- Checklist de cumplimiento normativo ESG - Mapa de partes interesadas	- Verificar alineación con normativas y requisitos legales - Identificar actores clave y estrategias de involucramiento

Fase 2: Planificación ESG + circular	- Matriz de materialidad	- Priorizar impactos relevantes según su importancia
	- ACV preliminar	- Evaluar impactos ambientales desde la etapa de diseño
	- Plan de sostenibilidad	- Definir metas, indicadores y mecanismos de seguimiento
Fase 3: Implementación operativa	- Dashboard de seguimiento	- Monitorear KPIs y avances del proyecto
	- Sistema de trazabilidad con tecnología 4.0	- Registrar datos operativos en tiempo real
Fase 4: Seguimiento y evaluación	- Semáforo de riesgos sostenibles	- Clasificar riesgos ESG y facilitar su gestión
	- Auditoría interna de sostenibilidad	- Evaluar cumplimiento e identificar oportunidades de mejora
Fase 5: Cierre y mejora continua	- Informe de desempeño sostenible	- Documentar resultados e impactos alcanzados
	- Matriz de oportunidades de mejora	- Sistematizar aprendizajes y recomendaciones

Nota. La selección de herramientas está alineada con los pilares conceptuales y las fases de aplicación del modelo metodológico propuesto para proyectos industriales.

Estas herramientas pueden ser utilizadas de forma individual o integrada, según la complejidad del proyecto y el nivel de madurez organizacional. Además, permiten asegurar que la sostenibilidad no sea un objetivo abstracto, sino una dimensión medible y gestionable dentro del proceso completo de ejecución.

Guía Práctica de Implementación

La implementación del modelo metodológico propuesto puede adaptarse a distintos tipos de proyectos industriales, considerando el nivel de madurez organizacional, el tipo de industria y los recursos disponibles. Esta sección presenta una guía orientativa para su

aplicación gradual, flexible y alineada con los objetivos de sostenibilidad y transformación digital.

Adaptación Progresiva Según Nivel de Madurez Organizacional.

No todas las organizaciones cuentan con la misma capacidad para integrar criterios ESG, principios circulares o tecnologías 4.0 en la gestión de sus proyectos. Por eso, el modelo contempla tres escenarios posibles, con estrategias específicas para cada uno:

Tabla 7

Niveles de madurez organizacional y estrategias de implementación del modelo

Nivel de madurez	Características generales	Estrategia de implementación recomendada
Inicial	Bajo conocimiento o experiencia en sostenibilidad. Sin indicadores ESG ni herramientas digitales aplicadas a proyectos.	Aplicar fases básicas (formulación y planificación). Usar herramientas simples: checklists, mapeo de actores y diagnóstico preliminar. Capacitar al equipo.
Intermedio	Prácticas sostenibles en desarrollo. Indicadores ESG iniciales. Procesos parcialmente digitalizados.	Implementar todas las fases del modelo. Adaptar herramientas. Monitorear indicadores mediante dashboards y realizar auditorías internas.
Avanzado	Alta integración de sostenibilidad. Cultura digital consolidada. Proyectos con trazabilidad y visión estratégica.	Integrar completamente el modelo. Automatizar indicadores. Incorporar validación externa. Enlazar con la estrategia global y la mejora continua.

Nota. La tabla propone estrategias diferenciadas para aplicar el modelo metodológico propuesto según el nivel de madurez organizacional, permitiendo su escalabilidad en contextos industriales diversos.

Consideraciones Según el Tipo de Proyecto Industrial.

El modelo puede aplicarse a diferentes tipos de proyectos dentro del sector industrial. A continuación se ofrecen recomendaciones específicas:

- **Proyectos de producción o manufactura:** Enfocar en indicadores operativos, eficiencia energética, circularidad de insumos y trazabilidad de materiales.
- **Proyectos de infraestructura industrial (construcción, energía, transporte):** Priorizar herramientas de evaluación de impacto ambiental y social, análisis de ciclo de vida y participación de stakeholders.
- **Proyectos de innovación o desarrollo tecnológico:** Usar tableros de control dinámicos, metodologías ágiles y diseño iterativo con enfoque sostenible desde el inicio.

Estas adaptaciones aseguran que el modelo no sea rígido ni genérico, sino que responda a las particularidades de cada iniciativa.

Factores Clave para una Implementación Efectiva.

Para que el modelo logre su propósito, se recomienda tener en cuenta algunos elementos transversales durante todo el proceso:

- Alinear el modelo con la estrategia del proyecto y la empresa.
- Formar al equipo de trabajo en los conceptos clave del modelo.
- Empezar con herramientas accesibles y escalar progresivamente.
- Priorizar indicadores claros, útiles y fácilmente medibles.
- Documentar cada fase y evaluar periódicamente el proceso.

Esta guía de implementación refuerza el valor práctico del modelo, facilitando su adopción en contextos reales. Así mismo, al ofrecer rutas adaptativas según el nivel de madurez y tipo de proyecto, se potencia su aplicabilidad y contribución efectiva a la gestión sostenible en entornos industriales.

Además, se promueve una lógica de mejora continua, donde los aprendizajes obtenidos en cada proyecto alimentan nuevas iteraciones del modelo. Esta retroalimentación

permite ajustar herramientas, indicadores y estrategias de implementación según el contexto, fortaleciendo su utilidad en el tiempo.

Evaluación Conceptual del Modelo Propuesto

Una vez formulado y estructurado el modelo metodológico, resulta necesario reflexionar sobre su alcance, su aplicabilidad en contextos reales y sus posibles caminos de mejora. Aunque este trabajo no contempla una validación empírica directa, sí se plantea una evaluación conceptual que permite analizar su solidez técnica y su relevancia frente a otros marcos existentes. Además, se proponen estrategias para su futura verificación y adaptación.

Análisis Comparativo con Marcos Existentes

El modelo propuesto toma como referencia varias metodologías ampliamente utilizadas en la gestión de proyectos, entre ellas PMBOK (Project Management Institute, 2021), PRINCE2 (Axelos, 2023) y los enfoques ágiles promovidos por el PMI y la Agile Alliance. Si bien todas estas metodologías ofrecen estructuras sólidas y adaptables, comparten una limitación importante: la sostenibilidad no suele abordarse como un componente central, sino más bien como un aspecto complementario o externo al ciclo de vida del proyecto.

Por ejemplo, PMBOK proporciona una base versátil para organizar y controlar proyectos en distintos entornos, pero no incluye herramientas específicas para incorporar criterios ESG o principios de economía circular de forma transversal. Algo similar ocurre con PRINCE2, que se destaca por su enfoque basado en procesos y roles definidos, aunque deja a discreción de cada organización la integración de la sostenibilidad en sus proyectos. Por otro lado, los enfoques ágiles ponen el foco en la flexibilidad, la entrega continua de valor y la adaptación al cambio, lo cual resulta muy útil en contextos dinámicos; sin embargo, tienden a priorizar la rapidez y la eficiencia operativa por encima de la evaluación de impactos sociales, ambientales o éticos.

Frente a estas limitaciones, el modelo metodológico desarrollado en esta monografía no pretende reemplazar los marcos existentes, sino complementarlos. Su valor diferencial radica en integrar, desde la formulación inicial hasta el cierre, criterios ESG, economía circular y tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 como pilares estructurales. Esto permite que la sostenibilidad no sea tratada como un añadido, sino como un eje que guía las decisiones estratégicas del proyecto desde el inicio.

Además, el modelo mantiene la flexibilidad necesaria para adaptarse a distintos contextos organizacionales, lo que lo vuelve compatible con prácticas ágiles e incluso con enfoques híbridos. En lugar de imponer una estructura rígida, ofrece un marco de referencia adaptable, con herramientas y fases que pueden escalarse según la madurez, los recursos o las necesidades de cada proyecto. Esta capacidad de adaptación, combinada con una perspectiva de sostenibilidad integrada, permite posicionar al modelo como una propuesta superadora en escenarios industriales que demandan eficiencia, responsabilidad y visión estratégica.

Viabilidad y Aplicabilidad

Más allá de su base conceptual, el modelo también fue diseñado pensando en su aplicación real. Las herramientas propuestas, la estructura por fases y la flexibilidad en función del nivel de madurez organizacional lo convierten en una guía viable para distintos tipos de proyectos industriales. A continuación, se resumen sus principales fortalezas y posibles limitaciones:

Tabla 8

Evaluación conceptual del modelo propuesto

Fortalezas	Debilidades
Enfoque integral (ESG + circularidad + tecnología 4.0)	Requiere formación previa del equipo
Adaptabilidad según nivel de madurez organizacional	Algunas herramientas pueden no estar disponibles en pymes

Herramientas prácticas y escalables	No cuenta aún con validación empírica
Coherencia con marcos internacionales y regulaciones clave	—

Nota. Evaluación estructurada del modelo propuesto en términos de aplicabilidad potencial

Estas características permiten que el modelo pueda implementarse tanto de forma parcial como completa, adaptándose a distintos entornos y recursos. Eso sí, su aplicación efectiva depende de varios factores. Por ejemplo, será clave contar con un equipo sensibilizado en sostenibilidad, disponer de sistemas que faciliten la trazabilidad de datos y contar con apoyo organizacional para incorporar nuevas herramientas en los procesos.

También es necesario considerar algunas barreras comunes, como la resistencia al cambio, la falta de presupuesto para digitalización o la ausencia de información clara sobre impactos sociales y ambientales. Aun así, estas barreras no invalidan el modelo, sino que refuerzan la importancia de contar con una guía estructurada y progresiva como la que se propone.

Cabe destacar que el diseño del modelo se alineó desde el inicio con el marco europeo, particularmente con las exigencias regulatorias y los objetivos de sostenibilidad promovidos en países como España. En este contexto, donde la transformación digital y las políticas ambientales avanzan de forma acelerada, el modelo ofrece una guía práctica y adaptable para dar cumplimiento tanto a requisitos legales como a expectativas sociales y corporativas en materia ESG.

Propuesta de Mejora y Validación Futura

Aunque el modelo ha sido construido con base en literatura actualizada y herramientas reconocidas, su validación formal aún está pendiente. Por eso, se sugieren a continuación tres estrategias complementarias que permitirían evaluar su funcionalidad y enriquecerlo con evidencia aplicada:

- 1. Juicio de expertos:** Reunir especialistas en sostenibilidad, proyectos industriales y tecnologías habilitadoras para revisar el modelo y emitir observaciones sobre su estructura, herramientas e indicadores. Este tipo de retroalimentación permite ajustar aspectos técnicos y validar su lógica interna.
- 2. Aplicación piloto en un caso real o simulado:** Implementar el modelo en un proyecto concreto o simulado, permitiría observar cómo se comporta en cada fase, qué herramientas resultan más útiles y qué ajustes podrían hacerse para mejorar su aplicabilidad en diferentes sectores industriales.
- 3. Benchmarking con marcos similares:** Continuar la comparación con otros modelos emergentes, tanto a nivel nacional como internacional, permitirá detectar buenas prácticas, evitar duplicaciones y seguir ajustando el enfoque según las necesidades del entorno industrial.

Además, se recomienda considerar un enfoque iterativo: con cada aplicación o análisis, el modelo puede refinarse, ajustarse a nuevos contextos y fortalecerse como una herramienta práctica, escalable y alineada con los desafíos de sostenibilidad de la industria actual.

Este ejercicio de evaluación conceptual demuestra que el modelo no solo responde a vacíos presentes en las metodologías tradicionales, sino que también cuenta con los elementos necesarios para convertirse en una guía útil y adaptable para proyectos industriales sostenibles. Aunque aún requiere ser validado en escenarios reales, su diseño estructurado y su enfoque práctico lo convierten en una base sólida para futuras investigaciones, pruebas piloto o implementaciones reales en el sector productivo.

Discusión en el Contexto Colombiano: Integración de Criterios ESG, Economía Circular e Industria 4.0

La integración de los criterios ESG y los principios de economía circular en la gestión de proyectos industriales ha cobrado creciente relevancia en Colombia durante la última década, en gran medida impulsada por la adopción de marcos normativos y estratégicos que buscan alinear la productividad con la sostenibilidad. A partir de la promulgación de la Ley 99 de 1993, que dio origen al Ministerio de Ambiente y al Sistema Nacional Ambiental (SINA), el país inició un camino hacia la institucionalización de la política ambiental, sentando las bases para la incorporación de criterios de sostenibilidad en la planificación de proyectos (Congreso de la República de Colombia, 1993). Posteriormente, instrumentos como el CONPES 3934 de 2018 (Política de Crecimiento Verde) y el más reciente CONPES 4129 de 2023 (Política de Reindustrialización 2024–2034) han reforzado la necesidad de transformar el aparato productivo mediante enfoques que integren competitividad, innovación y sostenibilidad (DNP, 2018; CONPES, 2023).

En materia de economía circular, la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), lanzada en 2019, constituye un hito al identificar flujos prioritarios como biomasa, materiales, plásticos, agua, energía y construcción, y establecer mecanismos como responsabilidad extendida del productor, parques ecoeficientes y modelos de negocio basados en reutilización y remanufactura (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019; Vera-Acevedo & Raufflet, 2022). Asimismo, la Ley 1964 de 2019, que incentiva la movilidad eléctrica en flotas públicas y privadas, y la Ley 2232 de 2022, que regula la reducción gradual de plásticos de un solo uso, muestran la convergencia entre la agenda normativa y los principios de circularidad (Congreso de la República de Colombia, 2019; Congreso de la República de Colombia, 2022).

En el ámbito de la Industria 4.0, Colombia ha avanzado en la definición de lineamientos estratégicos a través del CONPES 3975 de 2019 sobre transformación digital e inteligencia artificial, y con iniciativas como el programa Fábricas de Productividad y Sostenibilidad liderado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y Colombia Productiva, que busca acercar tecnologías como IoT, analítica avanzada y automatización a empresas nacionales (DNP, 2019; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023). Sin embargo, estudios recientes señalan que la adopción real en PYMES es aún limitada, debido a restricciones en infraestructura tecnológica, acceso a financiamiento y capacidades técnicas (Muñoz-Pinzón et al., 2024). Esta brecha coincide con los hallazgos de Jiménez-Vega et al. (2020), quienes evidencian que, aunque las PYMES exportadoras reconocen el valor de la economía circular y plantean fases como el diagnóstico de ciclo de vida y el ecodiseño, enfrentan barreras financieras y de gestión que dificultan la materialización de estos enfoques.

Desde la perspectiva de la gobernanza y el reporte de sostenibilidad, algunas grandes empresas colombianas han logrado avances significativos. Organizaciones incluidas en el Índice de Sostenibilidad Dow Jones han implementado reportes integrados, lo que contribuye a la transparencia y a la creación de valor en el largo plazo (Correa-García et al., 2017). Asimismo, se ha evidenciado que la diversidad y robustez en la estructura de las juntas directivas favorecen la divulgación de información de responsabilidad social corporativa (Wilches-Segovia et al., 2020). No obstante, la realidad nacional presenta contrastes marcados: mientras grandes empresas adoptan estándares como GRI, una amplia mayoría de PYMES aún carece de capacidades técnicas y de incentivos para implementar reportes sostenibles de manera sistemática (Téllez & Piñeros, 2019).

La comparación con Europa resulta esclarecedora. En la Unión Europea, la Taxonomía Verde (Reglamento UE 2020/852) y la Directiva de Reporte de Sostenibilidad Corporativa (CSRD) han elevado la sostenibilidad a un marco obligatorio, incorporando principios de

doble materialidad y sistemas de verificación estandarizados (European Union, 2020; European Union, 2022). Adicionalmente, la tasa de uso circular de materiales (CMUR) medida por Eurostat permite monitorear con precisión el avance hacia la circularidad (European Environment Agency, 2025; Eurostat, 2024). En contraste, Colombia apenas empieza a consolidar su Sistema de Información de Economía Circular (SIEC), como lo refleja el Noveno Reporte de Economía Circular del DANE (2024), donde si bien se observa un avance en la recopilación de datos, aún persisten desafíos en la cobertura, periodicidad y comparabilidad internacional.

Estos contrastes muestran que el contexto colombiano requiere un enfoque más pragmático y adaptado a su realidad. Si bien existe un marco normativo robusto y un creciente interés empresarial por los criterios ESG, como lo reflejan informes de sostenibilidad corporativa en entidades financieras y grupos empresariales (Corficolombiana, 2024; Baratta et al., 2023), la brecha entre discurso y práctica se mantiene. La ausencia de mecanismos de aseguramiento obligatorio, la dependencia de esquemas voluntarios y las dificultades de acceso a financiación verde limitan el escalamiento de las iniciativas.

En este panorama, la metodología propuesta en este trabajo ofrece un valor diferencial al contexto colombiano. En primer lugar, incorpora un diagnóstico normativo sectorial y territorial desde la fase de formulación, permitiendo alinear los proyectos industriales con las regulaciones nacionales (Congreso de la República de Colombia, 2022; DNP, 2023). En segundo lugar, plantea la evaluación económica de la circularidad, integrando el análisis de ciclo de vida y herramientas financieras como TIR y VAN, fundamentales para la toma de decisiones en PYMES con restricciones presupuestales (Jiménez-Vega et al., 2020). En tercer lugar, propone indicadores ESG adaptados a la realidad colombiana, incluyendo variables críticas como la inclusión de proveedores locales, las condiciones de seguridad y salud en el trabajo y la trazabilidad digital de residuos (Muñoz-Pinzón et al., 2024).

Asimismo, el modelo metodológico sugiere la implementación de pilotos sectoriales y territoriales en cadenas estratégicas para el país, como agroindustria, construcción y plásticos, donde ya existen experiencias documentadas de circularidad y uso de tecnologías 4.0 (Ramírez Duque et al., 2024; Maury-Ramírez et al., 2022). Estos casos pueden servir como referentes para la replicabilidad del modelo, generando evidencia local que fortalezca la confianza de inversionistas y actores públicos. Finalmente, el marco propuesto también conecta la gestión de proyectos con la financiación sostenible, alineándose con la Taxonomía Verde de Colombia y con los criterios internacionales, lo que incrementa la bancabilidad y competitividad de los proyectos en mercados globales (Gobierno de Colombia, 2022).

En conclusión, Colombia cuenta con una base normativa y estratégica que habilita la transición hacia modelos industriales sostenibles y digitalizados, pero enfrenta el reto de convertir dichas directrices en acciones tangibles y medibles. La propuesta metodológica planteada en esta monografía se constituye en una herramienta clave para cerrar la brecha entre los compromisos regulatorios y la práctica empresarial, aportando claridad operativa, indicadores contextualizados y mecanismos de verificación apoyados en la Industria 4.0. Con ello, se contribuye a consolidar una visión de desarrollo industrial sostenible que no solo responda a las demandas internacionales, sino que también fortalezca la competitividad, la resiliencia y el valor compartido en el contexto colombiano

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

En primer lugar, esta monografía permitió identificar una necesidad concreta en la gestión de proyectos industriales: la ausencia de un modelo que integre de forma estructurada y práctica criterios de sostenibilidad, economía circular y tecnologías emergentes. Aunque existen metodologías reconocidas como PMBOK, PRINCE2 o enfoques ágiles promovidos por el PMI y la Agile Alliance, ninguna aborda estos elementos de manera transversal. Precisamente por esa brecha se desarrolló el modelo propuesto, pensado para ser aplicado, flexible y alineado con los desafíos actuales del entorno industrial.

En segundo lugar, a lo largo del desarrollo del trabajo, el modelo fue estructurado en cinco fases, que abarcan desde la formulación hasta el cierre del proyecto. En cada una de estas etapas se integraron principios ESG, herramientas circulares y tecnologías habilitadoras propias de la Industria 4.0. Esta estructura no solo organiza el ciclo de vida del proyecto, sino que también propone herramientas e indicadores concretos que permiten llevar la sostenibilidad a la práctica. Además, su diseño contempla distintos niveles de madurez organizacional, lo que amplía su aplicabilidad y favorece una adopción progresiva.

De igual forma, en comparación con los marcos tradicionales o metodologías ágiles centradas en la velocidad y la adaptación, el modelo propuesto incorpora la sostenibilidad como un eje estructural, sin perder flexibilidad ni capacidad de adaptación a distintos contextos industriales.

Asimismo, este enfoque resulta especialmente pertinente en el contexto europeo, y en particular en España, donde la transformación industrial está fuertemente influenciada por políticas como el Pacto Verde Europeo, la taxonomía de finanzas sostenibles y los programas de digitalización. En este sentido, el modelo responde a esa realidad: ofrece una guía para alinear los proyectos con exigencias normativas, pero también con compromisos sociales y

ambientales cada vez más exigentes. De esta forma, el diseño metodológico presentado aquí puede facilitar que las organizaciones pasen del discurso a la acción en términos de sostenibilidad.

Por otra parte, al considerar el caso colombiano, la investigación incluyó un capítulo de discusión específico sobre este contexto. Este contraste permitió evidenciar que, aunque existen avances normativos y estratégicos en el país, persisten brechas significativas en las PYMES relacionadas con financiamiento, capacidades técnicas y adopción tecnológica. En consecuencia, el modelo propuesto cobra valor adicional al ofrecer lineamientos que, partiendo de referentes globales, pueden adaptarse a las particularidades nacionales y contribuir a la consolidación de un desarrollo industrial más sostenible en Colombia.

Finalmente, cabe destacar que más allá de su diseño técnico, el modelo también aporta desde lo académico. Integra marcos teóricos de distintas disciplinas como la gestión de proyectos, la sostenibilidad, la economía circular y la transformación digital, en una propuesta coherente y replicable. Por ello, puede servir como base para procesos de formación, investigación aplicada o programas de desarrollo profesional. A nivel práctico, también representa una herramienta concreta para planificar, monitorear y mejorar proyectos industriales con una mirada más estratégica y responsable.

Recomendaciones

En primer lugar, para avanzar en su implementación, se recomienda adoptar el modelo de forma gradual. Empezar por las fases iniciales y con herramientas accesibles puede facilitar la aceptación interna, especialmente en organizaciones que aún no cuentan con procesos avanzados de sostenibilidad. De igual manera, resulta clave capacitar a los equipos en conceptos como ESG, economía circular e Industria 4.0, ya que la comprensión técnica de estos temas es fundamental para una aplicación efectiva. Asimismo, es importante adaptar el

modelo a las condiciones específicas de cada organización, considerando su sector, recursos y objetivos estratégicos.

Por otro lado, se sugiere acompañar la implementación con procesos de retroalimentación continua. En este proceso, evaluar lo que funciona y lo que no permite afinar las herramientas, mejorar los indicadores y ajustar la metodología según los aprendizajes obtenidos. Esta práctica de revisión constante no solo refuerza la calidad del modelo, sino que también asegura que evolucione con cada implementación y se mantenga actualizado frente a nuevos desafíos, tecnologías o regulaciones. En este sentido, vincular el modelo con marcos internacionales como ISO 14001, los GRI Standards o los ODS amplía su legitimidad y facilita la articulación con políticas nacionales, lo cual resulta especialmente relevante para países como Colombia, donde los marcos regulatorios en sostenibilidad y economía circular están en proceso de consolidación.

Líneas Futuras de Investigación

De cara al futuro, el modelo tiene potencial para ser validado y enriquecido a través de nuevas investigaciones. Una de las líneas más inmediatas podría ser su aplicación en proyectos reales o simulados, lo cual permitiría evaluar su efectividad y realizar ajustes con base en resultados concretos.

Del mismo modo, se plantea la posibilidad de trabajar en su adaptación a sectores específicos, como energía, construcción o agroindustria, donde los desafíos y oportunidades en sostenibilidad son distintos. En particular, en el caso colombiano, la validación en PYMES y en cadenas productivas estratégicas podría generar evidencia valiosa sobre su aplicabilidad en entornos con diferentes niveles de madurez tecnológica y normativa.

Finalmente, incorporar herramientas tecnológicas como inteligencia artificial, simulaciones o análisis multicriterio abriría nuevas posibilidades para optimizar la toma de decisiones en proyectos industriales. Estas líneas de investigación futura contribuirían a

fortalecer el modelo, consolidarlo como referente en la integración de la sostenibilidad en la gestión de proyectos y ampliar su impacto en contextos internacionales y locales.

Referencias

- Andersen Iberia. (2024). *Economía circular, sostenibilidad y ESG*.
<https://es.andersen.com/recursos/doc/portal/2024/01/26/boletin-septiembre-economia-circular-sostenibilidad-esg-andersen.pdf>
- Axelos. (2023). *PRINCE2 7*. <https://www.axelos.com/certifications/propath/prince2-project-management/prince2-7/>
- Baratta, A., Cimino, A., Longo, F., Solina, V., & Verteramo, S. (2023). The impact of ESG practices in industry with a focus on carbon emissions: Insights and future perspectives. *Sustainability*, 15(8), 6685. <https://doi.org/10.3390/su15086685>
- Blanco, R., Fontrodona, J., & Poveda, C. (2017). La industria 4.0: El estado de la cuestión. *Economía Industrial*, (406), 151–164.
<https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/406/BLANCO,%20FONTRODONA%20Y%20POVEDA.pdf>
- CaixaBank Research. (2024). *Observatorio sectorial 2024: Segundo semestre*.
<https://www.caixabankresearch.com/sites/default/files/content/file/2024/11/22/91184/observatorio-sectorial-2024-2s.pdf>
- Carvalho, M. M., & Rabechini, R. (2017). Can project sustainability management impact project success? An empirical study applying a contingent approach. *International Journal of Project Management*, 35(6), 1120–1132.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.02.018>
- Centro y Red de Tecnología del Clima [CTCN]. (2021). *Matriz de indicadores para medir los avances de economía circular*. <https://www.ctc-n.org/content/34-matriz-de-indicadores-para-medir-los-avances-de-econom-circular>

- Comisión Europea. (2019). *El Pacto Verde Europeo*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640>
- Comisión Europea. (2020). *Plan de acción para la economía circular: por una Europa más limpia y competitiva*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098>
- Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- Congreso de la República de Colombia. (2022, 7 de julio). *Ley 2232 de 2022: Por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso...* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/ley-2232-de-2022/>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2023). *Política Nacional de Reindustrialización de Colombia 2024–2034 (Documento CONPES 4129)*. Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4129.pdf>
- Corficolombiana. (2024). *Informe de gestión y sostenibilidad Corfi 2023* [Informe]. <https://www.corfi.com/documents/20123/1458853/informe-de-gestion-y-sostenibilidad-corfi-2023.pdf>
- Correa-García, J. A., Hernández-Espinal, M. C., Vásquez-Arango, L., & Soto-Restrepo, Y. M. (2017). Reportes integrados y generación de valor en empresas colombianas incluidas en el Índice de Sostenibilidad Dow Jones. *Cuadernos De Contabilidad*, 17(43). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc17-43.rigv>

- Da Costa Pimenta, C. C. (2022). El nuevo paradigma de la economía circular: el caso de Colombia. *Cooperativismo & Desarrollo*, 30(124), 1–19.
<https://doi.org/10.16925/2382-4220.2022.03.06>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2024). *Noveno reporte de economía circular*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/economia-circular/reportes-de-economia-circular>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2018). *CONPES 3934: Política de Crecimiento Verde*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/econ%C3%B3micos/3934.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2019). *Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial (Documento CONPES 3975)*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026: Colombia, potencia mundial de la vida*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ]. (2024). *Economía circular en Colombia: Circularidad y reutilización en Colombia*.
<https://www.giz.de/de/downloads/giz2024-es-colombia-circular-economy.pdf>
- Díaz-Cruces, E., Méndez-Rocasolano, M., & Miró-Colmenárez, P. J. (2025). La sostenibilidad corporativa: Un pilar estratégico para el desarrollo sostenible y la competitividad empresarial. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1–18.
<https://doi.org/10.31637/epsir-2025-795>
- European Environment Agency. (2024). *Europe's circular economy in facts and figures*.
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-circular-economy-in-facts>

- European Environment Agency. (2025, 6 de enero). *Circular material use rate in Europe* [Indicator assessment]. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/circular-material-use-rate-in-europe>
- European Union. (2020). *Regulation (EU) 2020/852 ... on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment (EU Taxonomy)*. *Official Journal of the European Union*, L 198, 13–43. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?from=EN&uri=CELEX%3A32020R0852>
- Fundación Ellen MacArthur. (2021). *What is the circular economy?* <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- Guillén, C. (2022). ESG: Estado de la cuestión. *Revista de Contabilidad y Dirección*, (33), 13–28. https://accid.org/wp-content/uploads/2022/08/ESG.-Estado-de-la-cuestion_watermark.pdf
- Jiménez-Vega, R., Hernández Villamizar, J., & López Rodríguez, S. (2020). Economía circular, aproximación a un modelo para Pymes exportadoras. *Revista Colombiana de Ciencias Administrativas*, 2(1), 62–77. <https://doi.org/10.52948/rcca.v2i1.163>
- Joyanes, L. (2020). *Industria 4.0: La cuarta revolución industrial*. Alfaomega.
- Kalenda, M., Hyna, P., & Rossi, B. (2018). Scaling agile in organizations: A case study. *Journal of Systems and Software*, 146, 11–29. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.09.001>
- Leong, J., May Yee, K., Baitsegi, O., Palanisamy, L., & Ramasamy, R. K. (2023). Hybrid Project Management between Traditional Software Development Lifecycle and Agile Based Product Development for Future Sustainability. *Sustainability*, 15(2), 1121. <https://doi.org/10.3390/su15021121>

- Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2018). Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economía tradicional (primera parte). *Lex: Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Alas Peruanas*, 16(22), 301–334. <https://doi.org/10.21503/lex.v16i22.1659>
- Maurý-Ramírez, A., Solís-Guzmán, J., & Rodríguez-Peces, M. (2022). Circular economy in the construction sector: Case Santiago de Cali, Colombia. *Sustainability*, 14(3), 1923. <https://doi.org/10.3390/su14031923>
- Meindl, B., & Mendonça, J. (2021). Mapping Industry 4.0 Technologies: From Cyber-Physical Systems to Artificial Intelligence. *arXiv preprint arXiv:2111.14168*. <https://arxiv.org/abs/2111.14168>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023, 20 de junio). *Fábricas de Productividad y Sostenibilidad llega a más empresas* [Comunicado]. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/industria/fabricas-de-productividad-y-sostenibilidad-2023>
- Moreno Monsalve, N. A., Sánchez Ayala, L. M., & Velosa García, J. D. (2018). *Introducción a la gerencia de proyectos: conceptos y aplicación*. Ediciones EAN. Recuperado de <https://editorial.universidadean.edu.co/gpd-introduccion-a-la-gerencia-de-proyectos-conceptos-y-aplicacion-9789587564495-64b5509fc367e.html>
- Moreno-Monsalve, N. A., Ariza-Aguilera, D. A., Delgado-Ortiz, S. M., Diez-Silva, H. M., Macgregor-Quintero, I. P., Rivera-Forero, J., Sánchez-Ayala, L. M., Vargas-Walteros, C., & Zuluaga-Muñoz, W. (2020). *La gestión de proyectos: un análisis desde el marco de la sostenibilidad*. Universidad EAN. <https://editorial.universidadean.edu.co/media/pdf-ean/un-analisis-marco-sostenibilidad.pdf>

- Muñoz-Pinzón, D. S., Flórez-Prada, M. A., & Gutiérrez-Luna, E. (2024). Estado actual de la adopción de la Industria 4.0 en PYMES colombianas: Desafíos y oportunidades. *Politécnica*, 20(39), 31–47.
<https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/2227/2291>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*.
<https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- Organización Internacional de Normalización. (2006). *ISO 14040:2006: Gestión ambiental – Análisis del ciclo de vida – Principios y marco de referencia*.
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Organización Internacional de Normalización. (2011). *ISO 26000:2010. Guía sobre responsabilidad social*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:es>
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *ISO 14001:2015 – Sistemas de gestión ambiental: Requisitos con orientación para su uso (3.ª ed.)*.
<https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>
- Orieno, O. H., Ndubuisi, N. L., Eyo-Udo, N. L., Ilojiana, V. I., & Biu, P. W. (2024). Sustainability in project management: A comprehensive review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 656–677.
<https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0060>
- Pacto Mundial. (2023). *Criterios ESG y su relación con los ODS*.
<https://www.pactomundial.org/noticia/criterios-esg-y-su-relacion-con-los-ods/>
- Parlamento Europeo. (2023). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*.
<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press.
- Peralta-Abarca, J. del C., Martínez-Bahena, B., & Enríquez-Urbano, J. (2021). Industria 4.0. *Inventio: La génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 16(39), 1–7.
<https://doi.org/10.30973/inventio/2020.16.39/4>
- Piwowar-Sulej, K., & Sołtysik, M. (2024). *Sustainability and agile project management: Methodologies for sustainable development* (1.^a ed.). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781003356059>
- PNUMA, PNUD, & Secretaría de la CMNUCC. (2023). *Incorporación de la circularidad a las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (CDN): Kit de herramientas prácticas. Guía para el usuario*. Nairobi.
<https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43594>
- Project Management Institute, & Agile Alliance. (2017). *Guía de práctica ágil*.
https://www.agilealliance.org/wp-content/uploads/2018/07/AgilePG_SPA.pdf
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) (6.^a ed.)*. Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK Guide) – Séptima edición*.
- Radio Castellón. (2024, septiembre 12). *Una empresa de Onda pone en marcha el primer horno eléctrico de producción de la industria cerámica de España*. Cadena SER.
<https://cadenaser.com/comunitat-valenciana/2024/09/12/una-empresa-de-onda-pone-en-marcha-el-primer-horno-electrico-de-produccion-de-la-industria-ceramica-de-espana-radio-castellon/>
- Ramírez Duque, A. F., Angulo Rodríguez, A. M., López Sepúlveda, C. A., & Amézquita Camacho, M. I. (2024). La economía circular como eje del proceso productivo de tres

- empresas de café en el Quindío. *Revista Teinnova*, 8(1), 60–67.
<https://doi.org/10.23850/25007211.6011>
- Rubio, S. (2020). Criterios ESG, no hay vuelta atrás. *Actuarios: Revista del Instituto de Actuarios Españoles*, (47), 14–16. https://www.actuarios.org/wp-content/uploads/2020/11/Actuarios-47-web_.pdf
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Debate.
- Silvius, A. J. G., & Schipper, R. P. J. (2014). *Sustainability in project management: A literature review and impact analysis*. *Social Business*, 4(1), 63–96.
<https://doi.org/10.1362/204440814X13948909253866>
- Téllez, J. P. A., & Piñeros, R. A. (2019). Evolución del reporte en sostenibilidad en Latinoamérica bajo los lineamientos del GRI (Global Reporting Initiative). *SIGNOS- Investigación en Sistemas de Gestión*, 11(2), 63–82.
<https://www.redalyc.org/journal/5604/560460636003/html/>
- Tesei, M. M. (2024). *Evolución histórica de las políticas ESG*. Universidad Abierta Interamericana (UAI). <https://repositorio.uai.edu.ar/items/b5dde933-5101-45ea-acda-3470ee1c62e4>
- Tribunal de Cuentas Europeo. (2023). *Acción por el clima y uso de los fondos de cohesión: Los Estados miembros no se centraron lo suficiente en los resultados* (Informe Especial N.º 17, 2023). https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-17/SR-2023-17_ES.pdf
- United Nations Global Compact. (2004). *Who cares wins: Connecting financial markets to a changing world*.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/280911488968799581/pdf/113237-WP-WhoCaresWins-2004.pdf>

- Useche, A. J. (2023). *Inversión socialmente responsable: selección y administración de portafolios con criterios medioambientales, sociales y de gobierno corporativo (ASG)*. Autorregulador del Mercado de Valores de Colombia. Universidad del Rosario.
https://amvcolombia.org.co/wp-content/uploads/2023/08/Inversion-socialmente-responsable_1-V.pdf
- Vázquez García, M., & Marroquín García, I. (2024). Desarrollo sostenible, innovación y territorio. *Economía Industrial*, (434), 39–51.
https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/434/06VAZQUEZ_EI434_web.pdf
- Vera-Acevedo, L. D., & Raufflet, E. (2022). Análisis de la Estrategia Nacional de Economía Circular de Colombia a partir de dos modelos. *Estudios Políticos*, (64), 27–52.
<https://doi.org/10.17533/udea.espo.n64a02>
- Wilches-Segovia, A., Orozco Castro, L. A., & Beltrán Torres, C. Y. (2020). Estructura de las juntas directivas y divulgación de la responsabilidad social corporativa: El caso de las empresas más reputadas en Colombia. *Cuadernos de Administración*, 33.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao33.ejdd>

Apéndice A

Modelo de ficha bibliográfica para el registro de fuentes documentales

ID	Tipo de publicación	Autores	Año de publicación	Título de la publicación	Objetivo del documento	Enfoque metodológico	Hallazgos principales / Descripción	Fuente o enlace	Observaciones	Palabras clave
1	Artículo académico	Carvalho, M. M.; Rabechini, R.	2017	Can project sustainability management impact project success? An empirical study applying a contingent approach	Analizar el impacto de la gestión de la sostenibilidad en el éxito de los proyectos, aplicando un enfoque contingente.	Estudio empírico con análisis estadístico	Evidencia que la integración de la sostenibilidad en la gestión de proyectos puede contribuir significativamente a su éxito, especialmente cuando se adapta a las características del entorno y del proyecto.	https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.02.018	Aporta soporte empírico para justificar la inclusión de criterios ESG en la metodología propuesta, destacando la importancia de la adaptación contextual.	gestión de proyectos; sostenibilidad; éxito de proyectos; enfoque contingente

Nota. Esta matriz constituye un ejemplo de la estructura utilizada para organizar la información de las fuentes consultadas durante la investigación. Se incluyen datos de identificación, contenido y observaciones relevantes, de acuerdo con lo descrito en el apartado de “Registro y sistematización de la información” de la metodología.

Apéndice B

Matriz de análisis comparativo de marcos metodológicos y normativos

Marco / Norma	Nivel de integración de criterios ESG	Inclusión de principios de economía circular	Aplicabilidad a proyectos industriales	Compatibilidad con tecnologías de la Industria 4.0	Estructura metodológica y herramientas propuestas	Observaciones / Relevancia para la investigación
PMBOK 7	Medio	Bajo	Alto	Medio	Basado en principios y dominios de desempeño; adaptable a distintos contextos	Ofrece una base sólida para la gestión integral de proyectos, pero carece de herramientas específicas para ESG y economía circular. Su flexibilidad lo hace compatible con la integración de sostenibilidad y tecnologías emergentes.
PRINCE2 7	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Enfoque basado en procesos y roles; alto control documental	Aporta claridad en la asignación de responsabilidades y control, pero requiere complementarse con marcos ESG y de economía circular para lograr un enfoque sostenible.
Metodologías ágiles						

Nota. Esta matriz constituye un ejemplo del modelo aplicado en el análisis comparativo realizado entre diferentes metodologías y marcos normativos utilizados en la gestión de proyectos. Se evaluaron aspectos clave como la integración de criterios ESG, la economía circular, la aplicabilidad a proyectos industriales, la compatibilidad con tecnologías de la Industria 4.0 y la estructura metodológica, de acuerdo con lo descrito en la metodología.