

01-013 – Integrated methodology proposal based on PM², lean construction and leed certification for the management of sustainable housing construction projects – Metodología integrada basada en PM², lean construction y certificación leed para la gestión de proyectos de construcción habitacional sostenible

Mendez Ortiz, Abraham¹; Pajares, Javier²; Martín-Cruz, Natalia²; Acebes, Fernando²

(1) APEX Desarrolladora, (2) Universidad de Valladolid

 Spanish  Spanish

This research presents an integrated methodology for managing sustainable residential construction projects, synthesizing PM², Lean Construction, and LEED certification. The study analyzes these methodologies and their applicability in the sustainable construction sector, identifying synergies and complementarities among them. A methodological proposal is developed, integrating phases, processes, roles, and responsibilities tailored to the potential needs of sustainable housing projects. The methodology incorporates artifacts and templates to facilitate its practical implementation. This approach aims to optimize efficiency, sustainability, and quality in construction projects, addressing the sector's challenges. The proposal seeks to provide a robust and flexible framework that enables project teams to balance the demands of efficiency, quality, and sustainability, thus contributing to the advancement of sustainable construction project management

Keywords: *Sustainable construction; PM²; Lean construction; Leed certification; Integrated methodology*

Este trabajo presenta una metodología integrada para la gestión de proyectos de construcción habitacional sostenible, combinando PM², *Lean Construction* y la certificación LEED. La investigación analiza estas metodologías y su aplicabilidad en el sector de la construcción sostenible, identificando sinergias y complementariedades entre ellas. Se desarrolla una propuesta metodológica que integra fases, procesos, roles y responsabilidades adaptados a las necesidades posibles de proyectos habitacionales sostenibles. La metodología incluye artefactos y plantillas para facilitar su implementación práctica. El enfoque busca optimizar la eficiencia, sostenibilidad y calidad en los proyectos de construcción, abordando los desafíos del sector. La propuesta pretende proporcionar un marco de trabajo robusto y flexible que permita a los equipos de proyecto equilibrar las demandas de eficiencia, calidad y sostenibilidad, contribuyendo al avance de la gestión de proyectos de construcción sostenible

Palabras claves: *Construcción sostenible; PM²; Lean construction; Certificación leed; Metodología integrada*

Acknowledgments:

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Junta de Castilla y León (España), en el marco del Programa de Apoyo a los Grupos de Investigación Reconocidos de Castilla y León, con la ayuda VA042G24.



©2025 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El sector de la construcción, motor clave de la economía mundial, se enfrenta en el siglo XXI a una encrucijada marcada por la creciente demanda de infraestructuras y edificios y la imperiosa necesidad de adoptar prácticas más sostenibles. Tradicionalmente vinculado a un elevado consumo de recursos, a la generación de residuos y a importantes emisiones de gases de efecto invernadero (Glavinich, 2008), el sector está sometido a una presión cada vez mayor para mitigar su impacto medioambiental y social. En este contexto, la construcción de viviendas sostenibles surge no solo como una tendencia, sino como una necesidad para garantizar un futuro resiliente y equitativo (Kibert, 2016).

La gestión de proyectos de construcción sostenible es inherentemente compleja, derivada de la interacción de múltiples factores: desde la selección de materiales de baja huella de carbono hasta la implementación de tecnologías energéticamente eficientes, la optimización de los procesos constructivos para minimizar los residuos y la consideración de todo el ciclo de vida del edificio (Asif et al., 2010). La consecución de estos objetivos requiere un enfoque holístico que trascienda las prácticas convencionales centradas únicamente en el tiempo y el presupuesto, e integre de forma exhaustiva los aspectos relacionados con la sostenibilidad.

En este sentido, la adopción de metodologías sólidas y flexibles es un factor crítico de éxito. En las últimas décadas han surgido varios enfoques en la gestión de proyectos. Entre ellos, la metodología PM² de la Comisión Europea se ha ganado el reconocimiento por su enfoque pragmático y adaptable, que proporciona un marco estructurado para planificar, ejecutar, supervisar y cerrar iniciativas (Comisión Europea, 2018).

Paralelamente, la filosofía *Lean Construction*, inspirada en los principios de producción ajustada, ha demostrado transformar la industria de la construcción eliminando residuos, mejorando la eficiencia y optimizando el flujo de trabajo en todas las fases del proyecto (Koskela, 2000). Su aplicación en la construcción sostenible puede reducir costes, acortar plazos y repercutir positivamente en el medio ambiente, mejorando la calidad y la satisfacción del cliente.

Además, la creciente concienciación sobre la sostenibilidad ha impulsado sistemas de certificación de edificios, como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental), que goza de un amplio reconocimiento internacional (USGBC, 2021). LEED proporciona un marco para evaluar y reconocer el comportamiento medioambiental de los edificios, fomentando prácticas de construcción sostenibles y garantizando edificios de alto rendimiento.

A pesar de la existencia de estas metodologías y sistemas de certificación individuales, la integración efectiva de sus principios en un marco coherente para la gestión de proyectos de construcción sostenible presenta retos significativos. La ausencia de una metodología integrada que combine el marco PM², los principios de eficiencia de *Lean Construction* y los criterios de sostenibilidad de LEED puede limitar la capacidad de los equipos para abordar de forma exhaustiva la complejidad de estas iniciativas.

Una vez planteado el problema que enfrenta el sector de la construcción, la investigación se organiza de la siguiente manera. En el Capítulo 2 enunciamos el objetivo principal de la investigación, así como las preguntas que tratamos de contestar. A continuación, en el capítulo 3, presentamos una revisión de la literatura sobre gestión de proyectos en construcción, *Lean Construction*, certificación LEED y la integración de metodologías en sostenibilidad; el Capítulo 4 describe el diseño metodológico y la justificación de cada enfoque; el Capítulo 5 detalla la metodología integrada propuesta, con sus componentes, fases y herramientas y, finalmente, el Capítulo 6 expone las conclusiones del trabajo de investigación.

2. Objetivos

En este contexto, esta investigación propone una metodología integrada basada en la sinergia de PM², *Lean Construction* y la certificación LEED para la gestión de proyectos de construcción sostenible. Se argumenta que la articulación de estos tres enfoques proporciona un marco más completo y eficaz para la planificación, ejecución y seguimiento de proyectos que aspiran a altos estándares de sostenibilidad, eficiencia y calidad.

PM² proporciona una estructura clara y adaptable que facilita la organización de tareas, la asignación de responsabilidades y la toma de decisiones a lo largo del ciclo del proyecto. La incorporación de *Lean Construction* optimiza los procesos de construcción, reduce los residuos, mejora la colaboración entre agentes y aumenta la eficiencia global. Por último, la integración de los criterios LEED garantiza que las cuestiones de sostenibilidad se aborden de forma sistemática y rigurosa desde el diseño hasta la explotación del edificio.

Esta investigación se centra en el desarrollo y validación de esta metodología integrada, con el objetivo de proporcionar a los profesionales del sector una herramienta práctica y eficaz para la gestión de proyectos de construcción sostenible. Se explorarán los fundamentos teóricos de cada enfoque, se analizará su potencial sinérgico y se presentará un marco detallado para su aplicación en proyectos reales.

La pregunta central es: ¿Cómo desarrollar y aplicar una metodología integrada basada en PM², *Lean Construction* y LEED para mejorar la gestión de proyectos de construcción sostenible? Para responder a esta pregunta, se han definido objetivos específicos que incluyen el análisis de los fundamentos teóricos y las características de PM², *Lean Construction* y LEED; la identificación de sinergias entre estos enfoques; y la propuesta de un marco metodológico integrado para mejorar la gestión de proyectos de construcción sostenible.

3. Antecedentes

En la actualidad, el sector de la construcción se enfrenta a retos cada vez mayores derivados de la complejidad de los proyectos, la necesidad de optimizar los recursos y la creciente demanda de sostenibilidad medioambiental y social (Ding, 2008; Häkkinen y Belloni, 2011). Estos retos han impulsado la evolución e integración de diversos enfoques y metodologías en la gestión de proyectos. La gestión de proyectos ha experimentado una transformación que combina técnicas tradicionales con metodologías ágiles, permitiendo una mayor flexibilidad, control y adaptación a los cambios en el entorno de la construcción (PMI, 2017; Highsmith, 2009).

En este contexto, la aplicación de *Lean Construction* ha surgido como paradigma para eliminar el despilfarro, mejorar la eficiencia de los procesos y fomentar una cultura de mejora continua y colaboración entre todas las partes interesadas (Ballard, 2000; Howell, 1999). Al mismo tiempo, el análisis de la sostenibilidad se ha hecho indispensable para garantizar que los proyectos de viviendas cumplan las normas de calidad, minimicen el impacto ambiental, optimicen el uso de los recursos y garanticen el bienestar de sus ocupantes.

Este capítulo ofrece una visión global del estado del arte en tres áreas clave: la gestión de proyectos en el sector de la construcción, la aplicación de *Lean Construction* y el análisis de la sostenibilidad. Aborda tanto los fundamentos teóricos como las aplicaciones prácticas de cada enfoque, demostrando cómo su integración contribuye a la mejora general de la gestión y ejecución de los proyectos.

3.1 Dirección de Proyectos en el Sector de la Construcción

La gestión de proyectos de construcción se distingue por características y retos particulares que la diferencian de otros campos. La complejidad y dinámica de estos proyectos, en los que intervienen múltiples partes interesadas (propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, subcontratistas, proveedores, autoridades reguladoras, etc.), las condiciones cambiantes del entorno, la gestión de recursos en lugares específicos y la necesidad de cumplir plazos y presupuestos estrictos, exigen metodologías sólidas y adaptables (Glavinich, 2008).

Históricamente, la gestión de proyectos de construcción ha evolucionado desde enfoques tradicionales y jerárquicos hacia modelos más colaborativos y flexibles. La adopción de estándares como el *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK®) del *Project Management Institute* (PMI) ha profesionalizado el sector, proporcionando un lenguaje y un marco comunes para la gestión desde el inicio hasta el cierre (PMI, 2017).

En el contexto europeo, la metodología PM² (Metodología de Gestión de Proyectos de la Comisión Europea) ha surgido como un enfoque relevante, especialmente en proyectos financiados por la Unión Europea. PM² se caracteriza por su pragmatismo y adaptabilidad a diferentes tipos y tamaños de proyectos, ofreciendo un marco de gestión que hace hincapié en la gobernanza, la comunicación y la colaboración entre las partes interesadas, así como una estructura clara para la planificación, ejecución, seguimiento y control, con plantillas y directrices que facilitan su aplicación (European Commission, 2018).

La gestión de proyectos en la construcción también se ha beneficiado de herramientas tecnológicas y sistemas de información que permiten una gestión más eficaz de los recursos y el tiempo. La implementación de sistemas de modelado de información de construcción (BIM) y el uso de software especializado para la planificación y el control han mejorado la coordinación entre equipos y la precisión de las estimaciones de tiempo y costes (Eastman et al., 2011). Estas innovaciones, combinadas con metodologías como PMBoK y PM², han transformado la gestión de proyectos en un proceso más dinámico y adaptable a la complejidad de los proyectos modernos. A pesar de estos avances, persisten retos relacionados con la fragmentación del sector, la variabilidad de los procesos, la gestión de la incertidumbre y la integración eficaz de las consideraciones de sostenibilidad. Adoptar metodologías que promuevan la colaboración, la comunicación fluida y la toma de decisiones informada es esencial para mejorar el rendimiento de los proyectos de construcción y alcanzar los objetivos establecidos (Kerzner, 2013).

3.2 Lean Construction

Lean Construction es una filosofía de gestión de la producción aplicada al sector de la construcción, inspirada en los principios del Sistema de Producción Toyota (SPT). Su principal objetivo es maximizar el valor para el cliente y minimizar los residuos en todas las fases del proyecto, desde la concepción hasta la entrega y el uso del edificio (Koskela, 2000). A diferencia de los enfoques tradicionales, que se centran en la optimización de las actividades individuales, *Lean Construction* adopta una perspectiva sistémica, buscando optimizar el flujo de trabajo y la colaboración entre las diferentes partes implicadas (Womack & Jones, 2003).

Sus principios fundamentales incluyen la identificación del valor desde la perspectiva del cliente, el análisis del flujo de valor para eliminar el despilfarro (esperas, sobreproducción, defectos, transporte innecesario, inventario excesivo, movimientos superfluos y talento no utilizado), la creación de un flujo continuo, el establecimiento de sistemas *pull* (en los que el trabajo comienza sólo cuando es necesario) y la búsqueda de la perfección a través de la mejora continua y el respeto por las personas (Liker, 2004). La aplicación de *Lean Construction* implica el uso de herramientas como el Sistema del Último Planificador (*Last Planner System* - LPS) para la planificación y el control a corto plazo, la gestión visual para facilitar la comunicación, el Mapeo del Flujo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM) para

visualizar el flujo de trabajo, el uso de métricas para realizar un seguimiento del rendimiento, la implantación de procesos estandarizados y las reuniones “*stand-up*” para la coordinación diaria. También incorpora prácticas como las 5S y el *Just-In-Time* (JIT), que aumentan la productividad y reducen los errores y los costes de almacenamiento.

Los beneficios de la construcción ajustada incluyen la reducción de plazos y costes, la mejora de la calidad, la disminución de los accidentes laborales, el aumento de la satisfacción del cliente y el refuerzo de la colaboración y la comunicación entre los equipos (Ballard & Howell, 1998). En la construcción de viviendas sostenibles, sus principios optimizan el uso de materiales, reducen los residuos y mejoran la eficiencia energética.

3.3 Análisis de Sostenibilidad en Proyectos de Construcción

La creciente preocupación por el impacto medioambiental y social ha impulsado la integración de la sostenibilidad en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos de construcción. Este análisis evalúa el impacto medioambiental, social y económico de las decisiones y actividades relacionadas con la planificación, el diseño, la construcción, el funcionamiento, el mantenimiento y la demolición de los edificios (Du Plessis, 2002; Ding, 2008).

En este contexto, los sistemas de certificación de edificios sostenibles han surgido como herramientas clave para promover y reconocer las mejores prácticas. Estos sistemas proporcionan un marco para evaluar el comportamiento ambiental en categorías como la eficiencia energética, la calidad ambiental interior, la eficiencia hídrica, la selección de materiales, la gestión de residuos y la innovación en el diseño.

Entre los sistemas más reconocidos se encuentra LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*), desarrollado por el Consejo de Construcción Ecológica de EE.UU. (USGBC). LEED ofrece distintos niveles de certificación (Certificado, Plata, Oro y Platino) en función de los créditos obtenidos en diversas categorías de sostenibilidad. Se ha establecido como norma en muchos países y promueve las prácticas de construcción sostenible (USGBC, 2021). Otros sistemas relevantes son BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*), originario del Reino Unido, y DGNB (*German Sustainable Building Council*), desarrollado en Alemania, que evalúan aspectos ambientales, sociales y económicos (Instituto Tecnológico de Galicia, 2020; DGNB, 2020), o Certificación *Passivhaus* (Passive House Institute, 2023) que se centra fundamentalmente en la eficiencia energética y el confort térmico.

La adopción de sistemas de certificación aporta beneficios como la reducción del consumo de energía y agua, la mejora de la calidad del aire interior, la reducción de los costes de explotación, el aumento del valor de los activos, la mejora de la imagen corporativa y una contribución a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, su aplicación puede generar costes adicionales y requiere una planificación cuidadosa para cumplir los requisitos y obtener la certificación deseada. En la gestión de proyectos de construcción de viviendas sostenibles, la integración de criterios de certificación, como LEED, desde las fases iniciales es esencial para alcanzar los objetivos de sostenibilidad de forma eficiente y eficaz (Häkkinen y Belloni, 2011). Esto implica la selección de materiales bajos en carbono, el diseño de edificios energéticamente eficientes, la implantación de sistemas eficientes de gestión del agua y la adopción de prácticas de construcción que minimicen la generación de residuos.

El análisis de la sostenibilidad no se limita a la evaluación medioambiental, sino que también abarca la dimensión social, dirigida a crear espacios saludables y confortables que mejoren la calidad de vida de los residentes fomentando la accesibilidad, la seguridad y la integración social. La sostenibilidad económica también es crucial, ya que las tecnologías y prácticas sostenibles suelen generar ahorros a largo plazo gracias al uso eficiente de la energía y la minimización de residuos.

Integrar las normas de sostenibilidad en la gestión de proyectos exige adoptar un enfoque multidimensional, en el que la eficiencia operativa y la responsabilidad medioambiental se complementen mutuamente. Esta integración no solo mejora la imagen y la competitividad de las empresas de construcción, sino que también fomenta la innovación y el desarrollo de soluciones adaptadas a las demandas del mercado actual (Häkkinen y Belloni, 2011).

4. Metodología

El éxito en la gestión de proyectos de edificación de viviendas sostenibles se fundamenta en la implementación de técnicas que eliminen la complejidad, la eficiencia en las operaciones y la dedicación a la sostenibilidad ambiental y social. Este capítulo establece los fundamentos teóricos y prácticos que sustentan la metodología sugerida, basada en la combinación de PM², *Lean Construction* y la certificación LEED. Cada pilar ha sido escogido después de un exhaustivo estudio de sus características, fortalezas e idoneidad para enfrentar los desafíos presentes en la industria. La metodología integrada busca proporcionar un marco sólido y versátil que pueda mejorar los procesos, promover la mejora constante y asegurar el acatamiento de las regulaciones internacionales de sostenibilidad.

4.1 Justificación de la Elección de PM²

La selección de la metodología PM² como marco para la gestión de proyectos en este estudio se fundamenta en su capacidad de adaptación y solidez, atributos fundamentales en las complejidades del sector de la construcción. PM² (European Commission, 2018), se muestra como una metodología pragmática, concebida para su uso en una extensa gama de proyectos y organizaciones, lo que la hace una alternativa perfecta para los diversos contextos de la edificación de viviendas sostenibles. Su enfoque en la gobernanza y la comunicación promueve la coordinación entre diversos participantes, desde promotores y diseñadores hasta contratistas y entidades reguladoras, asegurando una administración eficaz y clara (Kerzner, 2013).

La estructura del ciclo de vida que ofrece PM², con fases, procesos, roles y artefactos definidos, proporciona un marco sólido para la planificación, implementación, seguimiento y control de iniciativas complejas. En la construcción de viviendas sostenibles, donde la atención a los detalles técnicos y ambientales es crucial, esta estructura garantiza que todos los aspectos relevantes se aborden de forma sistemática. La metodología fomenta la definición clara de objetivos, la identificación y gestión de riesgos, la asignación eficiente de recursos y una comunicación fluida entre el equipo y las partes interesadas, elementos clave para el éxito de cualquier proyecto.

Además, la flexibilidad y escalabilidad de PM² permiten su adaptación a las particularidades de cada proyecto, que pueden variar en tamaño, alcance y requisitos de sostenibilidad, desde viviendas unifamiliares hasta grandes complejos residenciales. Su enfoque en la mejora continua, a través de la reflexión sobre las lecciones aprendidas, impulsa la adaptación de las prácticas de gestión a lo largo del tiempo, aumentando progresivamente la eficiencia y la eficacia en proyectos futuros.

Finalmente, en un sector cada vez más globalizado, la adopción de una metodología reconocida a nivel europeo, como PM², facilita la colaboración en proyectos internacionales o en aquellos que involucran a múltiples organizaciones con diferentes culturas y prácticas de gestión. Al proporcionar un lenguaje común y un marco de referencia compartido, PM² mejora la comunicación y la coordinación entre los diversos actores en proyectos de construcción de viviendas sostenibles a nivel internacional.

4.2 Justificación de las Herramientas *Lean Construction*

La incorporación de los principios y herramientas de *Lean Construction* a la metodología integrada se justifica por su eficacia demostrada en la optimización de procesos, la reducción de residuos y la mejora del flujo de trabajo en el sector de la construcción (Koskela, 2000; Ballard & Howell, 2002). En el ámbito de la construcción residencial sostenible, donde la eficiencia de los recursos y la minimización del impacto medioambiental son objetivos primordiales, la filosofía *Lean* ofrece un conjunto de principios y técnicas que contribuyen directamente a estos objetivos.

La esencia de la construcción ajustada (o *Lean Construction*) reside en la identificación y eliminación sistemática de los residuos en todas las fases del proyecto. En este contexto, se optimiza el uso de materiales, se minimiza la generación de residuos de construcción y demolición, se reduce el consumo de energía en los procesos de construcción y se mejora la eficiencia hídrica. El uso de instrumentos como el *Last Planner System* (LPS) facilita una organización más exacta y colaborativa, disminuyendo la incertidumbre y las demoras. La administración visual facilita la comunicación y la detección temprana de problemas, mientras que el estudio del flujo de valor contribuye a perfeccionar los procesos y a suprimir las tareas que no brindan valor adicional al cliente (Womack & Jones, 2003).

Además, *Lean Construction* fomenta una cultura de mejora continua y aprendizaje en los equipos de proyecto. La aplicación de ciclos cortos de planificación y revisión, las reuniones diarias de coordinación y el análisis de las lecciones aprendidas facilitan la identificación de oportunidades de mejora y la adaptación de las prácticas a lo largo del tiempo (Liker, 2004). Esto es especialmente relevante en la construcción de viviendas sostenibles, donde las tecnologías y las mejores prácticas evolucionan constantemente (Eastman et al., 2011).

La colaboración y la comunicación eficaz entre las distintas partes implicadas también son pilares fundamentales de la construcción ajustada. La planificación colaborativa y los sistemas *pull* requieren una estrecha coordinación entre equipos y subcontratistas, lo que se traduce en una mayor eficiencia y una reducción de los conflictos. Por último, la orientación de *Lean Construction* hacia la entrega de valor al cliente y la eliminación de los residuos que no contribuyen a este valor repercute directamente en la calidad y la satisfacción del cliente en los proyectos de construcción de viviendas sostenibles (Tommelein et al., 1999), garantizando que los proyectos se entreguen a tiempo, dentro del presupuesto y cumpliendo los requisitos de calidad y sostenibilidad.

4.3 Justificación de la Certificación LEED

La selección del sistema de certificación LEED como marco para la evaluación y el reconocimiento de la sostenibilidad dentro de la metodología integrada se fundamenta en su amplio reconocimiento mundial y su enfoque integral de los aspectos ambientales en la construcción (USGBC, 2021; Kibert, 2016). LEED se ha consolidado como uno de los estándares de referencia en la construcción sostenible, ofreciendo un marco estructurado para evaluar y certificar el desempeño ambiental de los edificios en diversas categorías clave.

LEED abarca un amplio espectro de consideraciones de sostenibilidad, que incluyen la eficiencia energética, el uso eficiente del agua, la selección de materiales y recursos sostenibles, la calidad del ambiente interior, la ubicación y el transporte, y la promoción de la innovación en el diseño. Estas categorías están alineadas con los objetivos de la construcción habitacional sostenible, asegurando una evaluación exhaustiva del impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida del edificio.

La estructura de LEED, con sus niveles de certificación (Certificado, Plata, Oro y Platino), proporciona un sistema de reconocimiento que incentiva la adopción de prácticas sostenibles y permite a los proyectos establecer y alcanzar objetivos ambiciosos. Esta jerarquía ofrece

una hoja de ruta clara para la mejora continua y facilita la comunicación del compromiso con la sostenibilidad tanto a ocupantes como a inversores.

El prestigio y reconocimiento internacional de LEED pueden aumentar significativamente el valor de los edificios certificados y mejorar su atractivo en un mercado cada vez más consciente de la sostenibilidad. Además, la certificación LEED valida de forma independiente el desempeño ambiental de un edificio, lo que se erige como un factor diferenciador clave en la construcción habitacional sostenible.

Finalmente, integrar los requisitos de LEED en la metodología de gestión de proyectos asegura que las consideraciones de sostenibilidad se incorporen desde las etapas iniciales. Al establecer objetivos de certificación LEED al comienzo de la iniciativa e integrarlos en la planificación y el diseño, se garantiza que las decisiones sobre selección de materiales, diseño de sistemas y prácticas constructivas estén alineadas con los objetivos de sostenibilidad, facilitando la obtención de la certificación de manera eficiente.

Si bien existen otros sistemas de certificación, como BREEAM y DGNB, LEED se destaca por su amplia aceptación y su enfoque detallado y estructurado, proporcionando una guía práctica para la implementación de prácticas sostenibles en proyectos de construcción habitacional.

5. Propuesta de Metodología Integrada

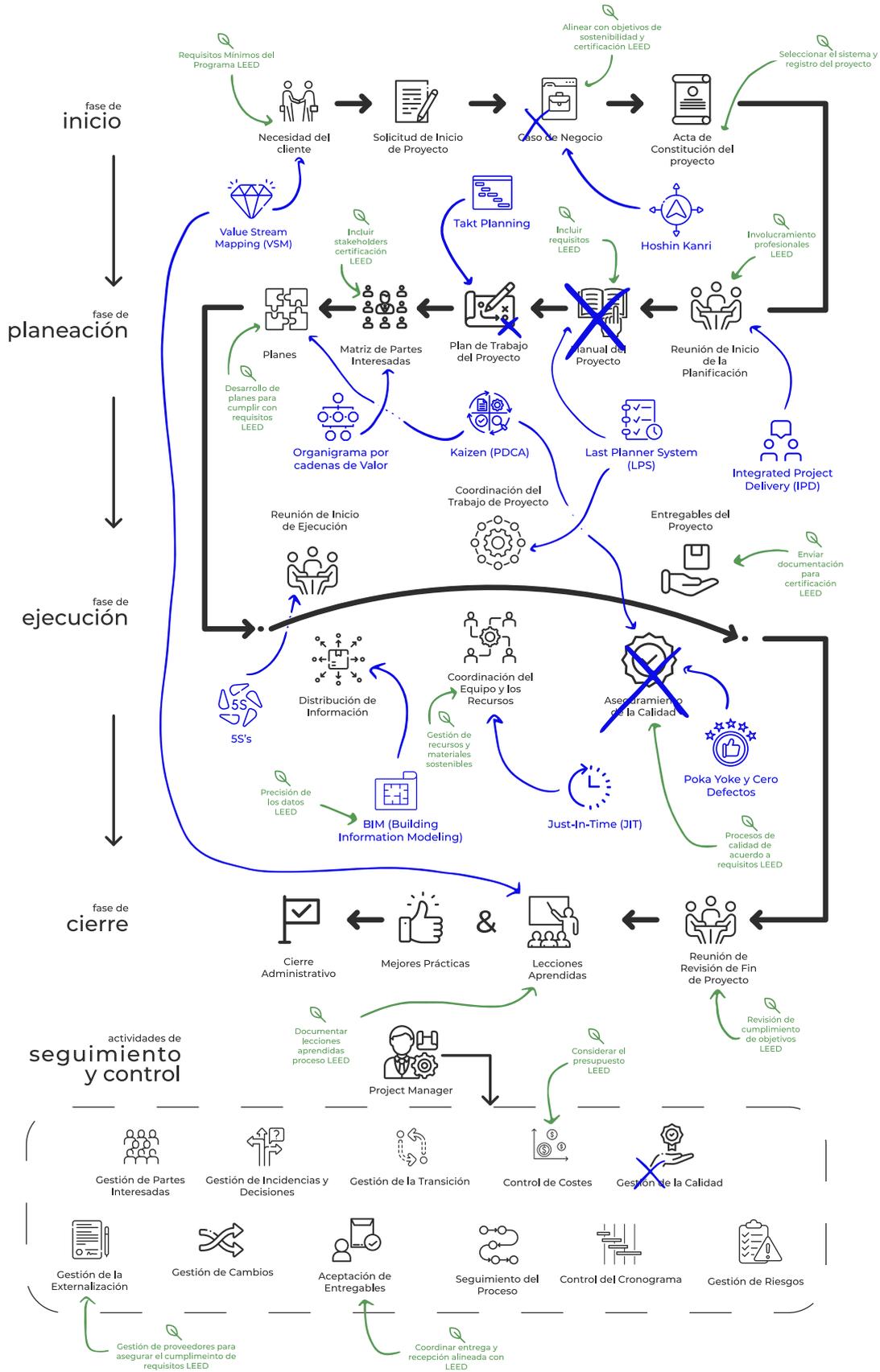
La creciente complejidad de los proyectos de construcción habitacional y la necesidad de alcanzar altos estándares de eficiencia, calidad y sostenibilidad ambiental demandan un enfoque metodológico que conjugue rigor estructural, flexibilidad y compromiso ecológico. En este sentido, se propone una metodología integrada que fusiona tres pilares fundamentales: la aplicación de la metodología PM², la incorporación de herramientas de *Lean Construction* y la adopción de la certificación LEED. Este enfoque pretende no solo optimizar la planificación y ejecución de proyectos, sino también facilitar la coordinación entre los diferentes actores y asegurar el cumplimiento de los objetivos operativos y los estándares de sostenibilidad exigidos por el mercado actual.

Este capítulo expone, de manera secuencial y consistente, los componentes fundamentales de esta propuesta, organizándola en cuatro subdivisiones: una descripción global de la metodología, las etapas y procesos que la conforman, y los artefactos y la documentación que respaldan su ejecución. Cada sección se estructura de forma que se demuestre la integración y sinergia entre los tres elementos, proporcionando un marco sólido y versátil para la administración de proyectos de edificación de viviendas sustentables.

5.1 Descripción General de la Metodología

La propuesta metodológica se fundamenta en la integración de tres componentes que, en conjunto, ofrecen un marco de trabajo integral para la dirección de proyectos de construcción sostenible (Figura 1). En primer lugar, se adopta la metodología PM², desarrollada por la Comisión Europea, que estructura el proyecto en fases claramente definidas (Inicio, Planeación, Ejecución y Cierre) y permite una asignación precisa de roles y responsabilidades. Este marco proporciona el esqueleto organizativo y la gobernanza necesaria para gestionar eficientemente cada etapa, asegurando la trazabilidad de las decisiones y facilitando el control de riesgos y desviaciones.

Figura 1: Mapa General Metodología Propuesta.



En segundo término, se integran las herramientas derivadas de la filosofía *Lean Construction*. Este enfoque, basado en la eliminación sistemática de desperdicios y la optimización del flujo de trabajo, se orienta a maximizar el valor entregado al cliente mediante la mejora continua y la planificación colaborativa. Herramientas como el *Value Stream Mapping* (VSM) y el *Last Planner System* (LPS) permiten visualizar y coordinar las actividades del proyecto, identificando ineficiencias y ajustando la secuencia de tareas según la realidad operativa. De este modo, se promueve una ejecución ágil y flexible, reduciendo tiempos improductivos y garantizando el uso óptimo de los recursos.

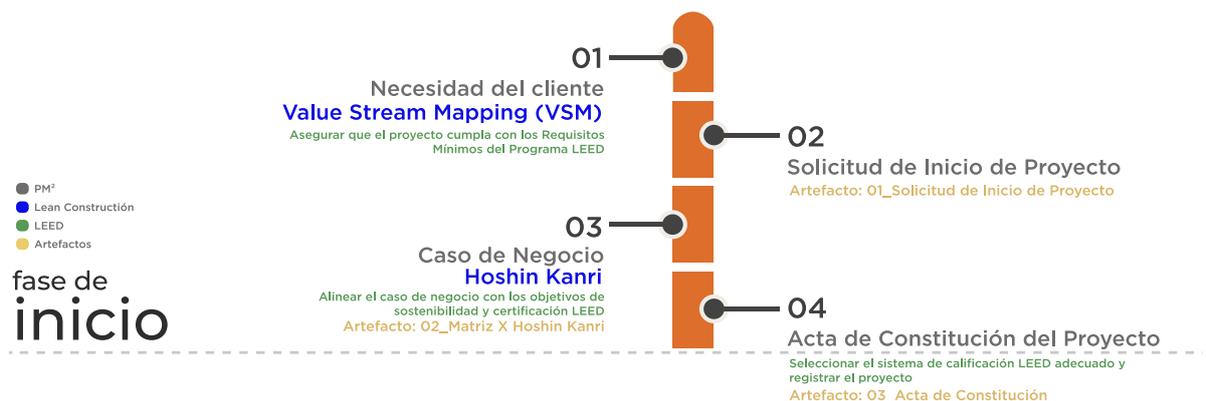
Finalmente, la metodología incorpora la certificación LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), el estándar internacional para la construcción sostenible. LEED evalúa aspectos como la eficiencia energética, el uso responsable del agua, la selección de materiales y la calidad ambiental interior, proporcionando un sello de garantía y compromiso ambiental. Su integración obliga a adoptar prácticas sostenibles de forma sistemática y a mantener un riguroso proceso de documentación y verificación, impulsando la mejora continua y aportando beneficios económicos a largo plazo.

Esta integración de PM², *Lean Construction* y LEED permite que la metodología propuesta sea estructurada y controlada, a la vez que ágil, innovadora y orientada al cumplimiento de los más altos estándares de sostenibilidad, ofreciendo una solución integral para los desafíos de la construcción habitacional en el siglo XXI

5.2 Fases y Procesos de la Metodología Propuesta

El núcleo de la propuesta metodológica se articula en la definición de fases y procesos que aseguran una gestión coherente y sistemática del proyecto, desde su concepción hasta su cierre formal. En la fase de Inicio se establece la visión general del proyecto, se definen los objetivos (incluyendo los objetivos de sostenibilidad definidos por LEED), se delimita el alcance y se elabora el Acta de Constitución (Figura 2). Este documento no solo formaliza el arranque del proyecto, sino que también sienta las bases para una planificación estratégica, definiendo premisas, criterios de éxito y expectativas de los distintos stakeholders. En esta fase se establecen los criterios iniciales de sostenibilidad que se buscarán alcanzar con la certificación LEED y se identifican oportunidades para aplicar principios Lean en etapas posteriores.

Figura 2: Fase de Inicio metodología propuesta.



La fase de Planificación es crucial, pues en ella se desarrolla el plan de gestión del proyecto, detallando cómo se alcanzarán los objetivos definidos en la fase de Inicio. Durante esta etapa se define el alcance del proyecto, se identifican y evalúan riesgos, se asignan recursos y se elabora un cronograma realista. Asimismo, se detallan las estrategias para cumplir con los requisitos de la certificación LEED, se identifican las herramientas y técnicas de *Lean*

Construction que optimizarán los procesos constructivos, y se planifican las actividades necesarias para la obtención de créditos LEED. La integración de herramientas *Lean* involucra a todo el equipo en la planificación, asegurando que los plazos sean alcanzables y se mantenga la flexibilidad necesaria para adaptarse a cambios en el entorno.

La fase de Ejecución es donde se materializan las acciones planificadas. Aquí, la coordinación entre los distintos equipos es fundamental, y la implementación de técnicas *Lean*, como el *Value Stream Mapping*, facilita la identificación de cuellos de botella y la optimización del flujo de trabajo.

La metodología PM² se complementa con actividades de seguimiento y control que permiten verificar el avance, medir el desempeño y realizar ajustes inmediatos, asegurando que el proyecto se mantenga alineado con los objetivos y se maximice el valor entregado al cliente. De manera paralela a la Ejecución, esta fase de Seguimiento y Control realiza un seguimiento continuo del cumplimiento de los criterios de sostenibilidad de LEED, implementando acciones correctivas en caso de desviaciones. La aplicación de métricas de *Lean Construction* permite identificar y abordar ineficiencias en los procesos constructivos.

Finalmente, en la fase de Cierre se formaliza la conclusión del proyecto. Esta etapa incluye la entrega de los productos finales, la evaluación del desempeño global y la elaboración de un informe de lecciones aprendidas. La documentación de las experiencias y resultados es fundamental para alimentar un ciclo de mejora continua, permitiendo que futuros proyectos se beneficien de las experiencias previas. Además, el cierre formal implica la liberación de recursos asignados y el reconocimiento de los logros alcanzados, consolidando un proceso de gestión integral y eficiente.

Cada una de estas fases se sustenta en procesos claramente definidos que permiten la integración de PM², *Lean Construction* y LEED, creando un sistema que no solo gestiona la ejecución del proyecto, sino que también garantiza la adaptabilidad y el compromiso con la sostenibilidad a lo largo de todo su ciclo de vida.

5.3 Artefactos y Documentación de la Metodología Propuesta

La efectividad de la metodología integrada propuesta se sustenta en una serie de artefactos y documentos que guían y registran el desarrollo del proyecto en cada fase. Estos elementos no solo cumplen con los requisitos de documentación de la metodología PM², sino que también incorporan de manera coherente las herramientas de *Lean Construction* y los criterios de sostenibilidad de LEED (Figura 3). La Figura 3 muestra, a modo de ejemplo, un extracto de la metodología propuesta, que abarca íntegramente la Fase de Inicio, así como parte de los procesos correspondientes a la Fase de Planeación.

Figura 3: Representación parcial de la metodología propuesta y los artefactos asociados.

Fase	ID	Metodología PM2	Herramientas de Lean Construction	Acciones para la Certificación LEED	Artefactos PM ²	ID Artefacto
Fase de inicio	01	Necesidad del cliente	Value Stream Mapping (VSM)	Asegurar que el proyecto cumpla con los Requisitos Mínimos del Programa LEED		
	02	Solicitud de Inicio de Proyecto			Solicitud de Inicio de Proyecto	01
	03	Caso de Negocio	Hoshin Kanri	Alinear el caso de negocio con los objetivos de sostenibilidad y certificación LEED	Matriz X Hoshin Kanri	02
	04	Acta de Constitución del Proyecto		Seleccionar el sistema de calificación LEED adecuado y registrar el proyecto	Acta de Constitución del Proyecto	03
Fase de planeación	05	Reunión de Inicio de la Planificación	Integrated Project Delivery (IPD)	Involucrar a profesionales acreditados LEED en la reunión de planificación	Acta Minuta Reunión	04
	06	Manual del Proyecto	Last Planner System (LPS)	Incluir los requisitos de certificación LEED en el manual del proyecto	PPC (Porcentaje de Plan Completado)	05
	07	Plan de Trabajo del Proyecto	Takt Planning, Sistema Pull			
	08	Matriz de Partes Interesadas	Organigrama por cadenas de Valor	Incluir partes interesadas clave para la certificación LEED	Matriz de Partes Interesadas	06

El Acta de Constitución del Proyecto se erige como el documento fundacional, formalizando el inicio de la iniciativa y estableciendo sus objetivos primordiales, incluidos los niveles de certificación LEED que se pretenden alcanzar. A partir de este documento se desarrolla el Plan de Gestión del Proyecto, un compendio integral que detalla cómo se abordarán todos los aspectos del proyecto, desde la gestión del alcance y el cronograma hasta la planificación de la calidad (integrando los requisitos específicos de LEED) y la gestión de recursos, comunicaciones y riesgos, incluidos aquellos asociados a la sostenibilidad y la eficiencia constructiva.

El seguimiento del progreso se apoya en artefactos como el Cronograma del Proyecto, que detalla actividades, duraciones y dependencias, incorporando hitos específicos relacionados con la obtención de créditos LEED y la implementación de prácticas Lean. El Presupuesto del Proyecto contempla no solo los costes tradicionales, sino también aquellos asociados a la certificación LEED y a la adopción de tecnologías y materiales sostenibles. La gestión proactiva de riesgos se documenta en el Registro de Riesgos, donde se identifican y analizan las posibles amenazas y oportunidades, incluidas las relacionadas con el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y la optimización de procesos constructivos.

La filosofía Lean Construction se materializa en artefactos como los Planes de Trabajo Semanales (Lookahead Plans), que permiten una planificación detallada a corto plazo, facilitando la coordinación entre equipos y subcontratistas y promoviendo un flujo de trabajo continuo. Asimismo, la implementación de métricas de Lean Construction proporciona información valiosa sobre la eficiencia de los procesos, permitiendo identificar áreas de mejora y realizar ajustes para minimizar los desperdicios.

Finalmente, la obtención de la certificación LEED requiere la elaboración de documentación específica, que incluye planos detallados, especificaciones técnicas de materiales y sistemas constructivos, informes de pruebas y registros de actividades. Esta documentación, gestionada a lo largo del ciclo de vida del proyecto, es fundamental para demostrar el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad exigidos por el USGBC. Una recopilación exhaustiva de las experiencias y aprendizajes se plasma en el Registro de Lecciones Aprendidas, que servirá como referencia para futuros proyectos de construcción habitacional sostenible, permitiendo la mejora continua de la metodología integrada.

6. Conclusiones

La presente investigación ha abordado la creciente necesidad de una gestión más eficiente y sostenible en el sector de la construcción habitacional, proponiendo una metodología integrada que combina la estructura de gestión de proyectos PM², los principios de eficiencia de Lean Construction y los criterios de sostenibilidad definidos por la certificación LEED. A lo largo de este trabajo, se ha realizado un análisis exhaustivo de los fundamentos teóricos de cada uno de estos enfoques, identificando sus fortalezas y su potencial de sinergia en el contexto específico de la construcción habitacional sostenible.

La principal aportación de esta investigación reside en el desarrollo detallado de una metodología integrada que ofrece un marco de trabajo coherente y práctico para la gestión de proyectos. Esta metodología, estructurada en las fases típicas del ciclo de vida del proyecto (Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control, y Cierre), incorpora en cada una de ellas los principios de Lean Construction para optimizar los procesos y reducir los desperdicios, y los requisitos de la certificación LEED para asegurar la consecución de altos estándares de sostenibilidad. La identificación de los procesos clave dentro de cada fase, así como la definición de los artefactos y la documentación asociada, proporcionan una guía clara y detallada para los profesionales del sector.

Las consecuencias de la adopción de esta metodología integrada son significativas. En primer lugar, se espera una mejora sustancial en la eficiencia de los proyectos de construcción habitacional sostenible, gracias a la aplicación de los principios Lean que buscan la optimización del flujo de trabajo y la reducción de actividades que no aportan valor. Esto puede traducirse en la disminución de los plazos de entrega y la reducción de los costes asociados a la construcción. En segundo lugar, la integración de los criterios de la certificación LEED desde las etapas iniciales del proyecto asegura que la sostenibilidad se considere de manera integral, lo que puede conducir a la construcción de edificios con un menor impacto ambiental y un mayor rendimiento a lo largo de su ciclo de vida.

Además, la combinación de la estructura de gestión de PM² con los enfoques de Lean y LEED promueve una mayor colaboración y comunicación entre los diferentes agentes involucrados en el proyecto, desde los promotores y diseñadores hasta los contratistas y los proveedores. Esta colaboración mejorada, junto con un enfoque sistemático en la planificación y el control, puede contribuir a la reducción de los riesgos y a la mejora de la calidad de los proyectos.

En resumen, esta investigación presenta una propuesta metodológica innovadora que busca abordar los desafíos de la gestión de proyectos de construcción habitacional sostenible de una manera integral y eficiente. La combinación de PM², Lean Construction y LEED ofrece un marco de trabajo robusto y adaptable que puede contribuir significativamente a la transformación del sector hacia prácticas más sostenibles y eficientes. Se espera que esta propuesta sirva como base para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de la gestión de proyectos de construcción sostenible.

7. Referencias

- Asif, M., Muneer, T., & Kelley, R. (2010). Life cycle assessment: A review of the limitations and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 1313-1317.
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*.
- Ballard, G., & Howell, G. (1998). Shielding production: Essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Ballard, Glenn & Howell, Gregory. (2002). Lean project management. *Building Research and Information*. 31. 119-133. 10.1080/09613210301997.
- DGNB. (2020). *DGNB System – Sustainability and Certification*. DGNB.
- Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, 86(3), 451-464
- Du Plessis, C. (2002). Sustainable construction: A review of recent developments. *Construction Management and Economics*, 20(10), 841-851.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2^a ed.)*. New York: Wiley.
- European Commission. (2018). *Project Management Methodology. Guide 3.0* (European Union, Ed.). Publications Office of the European Union.
- Glavinich, T. E. (2008). *Contracting in the construction industry*. Pearson Prentice Hall.
- Häkkinen, T., & Belloni, K. (2011). Barriers and drivers for sustainable building. *Architectural Science Review*, 54(2), 136-147
- Highsmith, J. (2009). *Agile Project Management: Creating Innovative Products*. Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., USA.

Howell, G. (1999). What is Lean Construction? 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction

Instituto Tecnológico de Galicia. (2020). Evaluación de la sostenibilidad en la edificación: Un estudio basado en BREEAM y DGNB. Instituto Tecnológico de Galicia.

Kerzner, H. (2013). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (11^a ed.). New York: Wiley.

Kibert, C. J. (2016). Sustainable construction: green building design and delivery. (4^a ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and a research agenda for construction. In Proceedings of the 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (pp. 13-22).

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Free Press.

Liker, J. K. (2004). The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. New York: McGraw-Hill.

PMI (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6^a ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Passive House Institute (2023). Criteria for Buildings: Passive House - EnerPHit - PHI Low Energy Building. Passive House Institute

Sacks, Rafael & Eastman, Charles & Lee, Ghang & Teicholz, Paul. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 10.1002/9781119287568.

Tommelein, Iris. (1998). Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. ASCE Journal of Construction Engineering and Management. 124. 279-288. 10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:4(279).

USGBC. (2021). LEED v4.1 for Building Design and Construction. U.S. Green Building Council.

Utilización de inteligencia artificial generativa

Para la elaboración de este trabajo no ha sido utilizada la inteligencia artificial generativa, excepto, en algún caso, para la adecuación de estilos de texto y mejora del lenguaje.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

