



Estrategias Lean en la Gestión de Proyectos Fotovoltaicos: Generación de Valor y Reducción de Desperdicio en la Ejecución y Puesta en Marcha.

ELIANA BURITICA SERRANO

TITO LOPEZ DIAZ

MISLEDIS DUARTE CONDIS

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

29 de Junio de 2025

Estrategias Lean en la Gestión de Proyectos Fotovoltaicos: Generación de Valor y  
Reducción de Desperdicio en la Ejecución y Puesta en Marcha

ELIANA BURITICA SERRANO  
TITO LOPEZ DIAZ  
MISLEDIS DUARTE CONDIS

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en  
Gerencia de Proyectos

Asesor(a)

JONNATHAN HURTADO LOPEZ

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Rectoría Virtual  
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos  
29 de junio de 2025

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción .....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 Descripción del problema.....	11
1.2 La pregunta de investigación .....	12
1.3 Los objetivos de investigación.....	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos .....	13
1.4 Justificación de la investigación .....	13
2. MARCO DE REFERENCIA .....	16
3. METODOLOGÍA.....	26
3.1. Población y muestra .....	27
3.1.1. Definición de la población .....	27
3.1.2. Cálculo y selección de la muestra .....	28
3.2. Instrumento(s) .....	29
3.3. Descripción de procedimientos.....	30
3.4. Análisis de información.....	32
3.5. Consideraciones éticas .....	32
3.5.1. Análisis de consideraciones éticas.....	32
3.5.2. Instrumentos de aceptación y autorización .....	34
4. LAS VARIABLES.....	35
4.1. Variable(s) independiente(s).....	35

4.2.	Variable(s) dependiente(s) .....	36
5.	ANALISIS DE DATOS .....	36
5.1.	Diseño metodológico .....	37
5.2.	Herramientas y software de análisis. ....	37
5.3.	Matriz de categorías y codificación temática.....	37
5.4.	Análisis de resultados según objetivos específicos.....	39
5.4.1.	Análisis de resultado del objetivo específico 1. ....	40
5.4.2.	Análisis de resultado de objetivo específico 2. ....	41
5.4.3.	Discusión integradora .....	43
6.	CONCLUSIONES.....	44
7.	RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS.....	46
7.1.	Recomendaciones prácticas.....	46
7.2.	Limitaciones del estudio .....	46
7.3.	Sugerencias para futuros trabajos .....	47
7.4.	Aplicación de los resultados en la práctica profesional .....	48
7.5.	Reflexión personal.....	48
	Referencias.....	50
	Anexos.....	53

LISTADO DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Gestión de Proyectos. Elaboración propia .....22

LISTADOS DE TABLAS

**Tabla 1** .....25

**Tabla 2** .....30

**Tabla 3** .....38

**Tabla 4** .....42

## Resumen

En la búsqueda de Estrategias Lean en la Gestión de Proyectos Fotovoltaicos generando valor a la Reducción de Desperdicio en la Ejecución y Puesta ejecución de los proyectos reconoce cómo los principios Lean pueden emplear en la ejecución de proyectos de energía solar fotovoltaica para propagar la eficiencia y el valor; El enfoque Lean se centra en reducir los desperdicios (actividades que no agregan valor) y en mejorar el uso de recursos, tanto materiales como humanos, para mejorar la productividad en las fases de construcción.

El estudio sugiere varias estrategias Lean, tales como la mejora continua, la organización eficiente de las tareas y la implementación de herramientas que ayuden a la aplicación de estas estrategias en proyectos fotovoltaicos no solo permite una reducción de los tiempos y costos de ejecución, sino que también contribuye a una mayor sostenibilidad al minimizar el uso de recursos y reducir el impacto económico.

*Keywords:* Estrategias lean, Proyectos fotovoltaicos, Reducción de desperdicios, Eficiencia, Creación de valor, Sostenibilidad, Optimización de recursos, Productividad en la construcción.

## **Abstract**

This study explores the application of Lean strategies in the management of photovoltaic projects, focusing on generating value by reducing waste during the execution and commissioning phases. It highlights how Lean principles can be employed in solar energy projects to enhance efficiency and value creation. Lean strategies prioritize minimizing non-value-adding activities and optimizing the use of both material and human resources, thus improving productivity during construction phases.

The research identifies several Lean strategies, including continuous improvement, efficient task organization, and the adoption of tools that facilitate their implementation. These strategies not only reduce execution time and costs but also promote sustainability by minimizing resource consumption and mitigating economic impact.

*Keywords:* Lean strategies, Photovoltaic projects, Waste reduction, Efficiency, Value creation, Sustainability, Resource optimization y Construction productivity

## Introducción

En la actualidad, los proyectos fotovoltaicos desempeñan un papel crucial en la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles (Antón & Ortega, 2023; Flores & Méndez, 2022). La creciente demanda de energías renovables ha impulsado la implementación de sistemas solares a gran escala en diversas regiones del mundo, particularmente en América Latina. Sin embargo, a pesar del potencial de estos proyectos para generar beneficios tanto económicos como ambientales, muchos enfrentan desafíos en su ejecución, principalmente relacionados con las desviaciones entre los presupuestos iniciales y los costos finales, así como los retrasos en los plazos de entrega (López, 2020; González & Martínez, 2019).

La gestión de proyectos fotovoltaicos, al igual que en otros sectores de alta inversión y complejidad técnica, enfrentan problemas recurrentes como la planificación inadecuada, estimaciones incorrectas de costos y falta de control eficiente de los recursos, lo que afecta su rentabilidad y la viabilidad financiera. Estos problemas son particularmente críticos en un contexto donde la eficiencia en la ejecución es esencial para garantizar la competitividad y el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad.

Este escenario plantea un problema centrado en la gestión de proyectos fotovoltaicos como lo es la reducción de las desviaciones presupuestarias y el cumplimiento de plazos de estos proyectos. La respuesta puede encontrarse en la aplicación de metodologías como Lean, que se enfoca en optimizar la planificación, el control de costos y la gestión de recursos a través de la eliminación de desperdicios y la mejora continua de los procesos (Paredes & Torres, 2021; González & Martínez, 2019). La implementación de estrategias Lean podría ofrecer un enfoque efectivo para mejorar la eficiencia en la ejecución y puesta en marcha de proyectos fotovoltaicos, contribuyendo así a la reducción de costos y cumplimiento de plazos establecidos.

La presente monografía tiene como objetivo analizar cómo la metodología Lean puede optimizar la gestión de proyectos fotovoltaicos, generando valor a través de reducción de

desperdicios y mejorando el desempeño en términos de costos y tiempo. A partir de este análisis, se busca responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puede la metodología Lean optimizar la planificación, control de costos y gestión de recursos en proyectos fotovoltaicos, con el fin de reducir la desviación presupuestaria y mejorar la rentabilidad y cumplimiento de plazos?

La presente investigación utiliza un enfoque cualitativo, ya que se centra en explorar y comprender en profundidad las percepciones, experiencias y prácticas relacionadas con la implementación de la metodología Lean en proyectos fotovoltaicos. Este enfoque permite analizar cómo los actores involucrados perciben los retos asociados a la gestión de costos, tiempos y recursos, así como las estrategias adoptadas para enfrentarlos (Creswell & Poth, 2018). A través de entrevistas semiestructuradas y análisis de casos de estudio, se busca identificar patrones y temas recurrentes que ofrezcan una comprensión integral del fenómeno, permitiendo generar propuestas prácticas y contextualizadas (Yin, 2018). Este enfoque es ideal para captar la complejidad y las dinámicas de los proyectos fotovoltaicos desde una perspectiva interpretativa y contextual (Maxwell, 2013).

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la gestión de proyectos, particularmente en sectores como la construcción y la implementación de infraestructuras energéticas, es común observar desviaciones significativas entre los presupuestos iniciales y los costos finales. Estos desajustes, originados por factores como la planificación deficiente, estimaciones inexactas o la falta de control adecuado, generan sobrecostos que impactan directamente en la rentabilidad, la calidad y el cumplimiento de los plazos establecidos para la entrega del proyecto (Ruoyo Y Yuting, 2022).

Este fenómeno se ha vuelto particularmente crítico en proyectos fotovoltaicos, donde la eficiencia en la gestión de recursos, tiempos y costos es esencial debido a la alta inversión inicial y a la complejidad técnica involucrada en su ejecución. Los proyectos fotovoltaicos, aunque prometen beneficios sostenibles a largo plazo, enfrentan desafíos en la planificación y control, lo que frecuentemente lleva a sobrecostos y retrasos en la puesta en marcha (González y Martínez, 2024).

En este contexto, la metodología Lean, que se centra en la optimización de recursos, la eliminación de desperdicios y la mejora continua de los procesos, se presenta como una posible solución para enfrentar estos problemas (Martínez y Pérez, 2023). La aplicación de estrategias Lean en la gestión de proyectos fotovoltaicos podría permitir una mayor precisión en la planificación, un control más riguroso de los costos y una mejor gestión de los recursos. Así, la metodología Lean tiene potencial de reducir las desviaciones presupuestarias, mejorar la rentabilidad y asegurar el cumplimiento de los plazos, generando valor tanto en la ejecución como en la puesta en marcha de los proyectos (Ribeiro y Costa, 2017).

## 1.1 Descripción del problema

En la gestión de proyectos de energía fotovoltaica se presentan desperdicios de forma injustificada. El problema radica en varios factores. Los más comunes es la planificación insuficiente, la evaluación de costos errónea, Ausencia de un sistema de supervisión efectiva durante la ejecución y complejidad para anticipar factores externos, como variaciones en el costo de materiales y mano de obra. Estos elementos no solo ocasionan gastos excesivos, sino que también pueden desencadenar dificultades adicionales, como la reducción del alcance del proyecto para ajustarse al presupuesto o incluso su interrupción, perjudicando la entrega de los servicios a tiempo y colocando en riesgo financiero las empresas involucradas. Según antecedentes sobre la situación problema se puede evidenciar que los sobre costos de proyectos de construcción e infraestructuras energéticas no son un fenómeno reciente. Según investigación de Dussan Ardila, L. T. (2022). Manifiestan que las desviaciones en proyectos de infraestructuras se han venido presentado desde hace décadas, afectando tanto a proyectos públicos como privados a nivel mundial, aunque por medio de investigaciones han intentado encontrar una razón exacta que explique las desviaciones y aumentos en los presupuestos, no se ha identificado una causa exacta. sin embargo, algunas investigaciones se han enfocado en proyectos de infraestructura pública y privadas en Colombia donde estos estudios de los últimos años ha señalado diversas causas importantes, como la inflación inesperada, incrementos y escasez de materiales, retrasos en las entregas, errores en los documentos de diseño, una gestión deficiente de la obra, condiciones imprevistas del terreno, falta de experiencia en el tipo de construcción, una planificación inadecuada y factores climáticos.

Las consecuencias de dichas desviaciones para las empresas son los sobrecostos ya que representan una disminución de la rentabilidad y una mayor exposición al riesgo financiero, así mismo esto conlleva a la pérdida de confianza de los clientes, e inversionistas y en casos extremos, puede llevar a conflictos legales y demandas.

Este estudio es de gran relevancia para las empresas e instituciones públicas y privadas por tal motivo se enfoca en un grupo de profesionales que trabajan en el sector de la construcción e infraestructuras energéticas, como gerentes de proyectos, ingenieros,

economistas y administradores financieros, etc., ya que todos estos actores dependen de una buena gestión financiera para garantizar que los proyectos se lleven a cabo y sean exitosos.

La delimitación del presente estudio se enfocará en proyectos de construcción e infraestructuras energéticas fotovoltaicas desarrollados en los últimos 5 años para garantizar que la información y tendencias analizadas muestran las condiciones actuales del mercado.

Geográficamente el análisis se enfocará en proyectos de los diferentes departamentos de Colombia, mediante esta delimitación permitirá una comparación de las prácticas y desafíos que enfrentan en diversas regiones, lo cual esto ayudará a identificar patrones comunes y particularidades en cada contexto y así mismo permitirá proponer una metodología ágil que contribuya a mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos y reducirá los impactos negativos para todos los actores involucrados.

## **1.2 La pregunta de investigación**

¿Cómo puede la metodología Lean optimizar la planificación, control de costos y gestión de recursos en proyectos fotovoltaicos, con el fin de reducir la desviación presupuestaria y mejorar la rentabilidad y cumplimiento de plazos?

### **1.3 Los objetivos de investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar la aplicación de la metodología Lean en la gestión de proyectos fotovoltaicos para explorar su relación con la reducción de la desviación presupuestaria, la mejora de la rentabilidad y el cumplimiento de plazos.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar los principios y herramientas de la metodología Lean aplicables a la gestión de proyectos fotovoltaicos.
- Evaluar la efectividad de la metodología Lean en la optimización de la planificación, el control de costos y la gestión de recursos en proyectos fotovoltaicos.

### **1.4 Justificación de la investigación**

La creciente importancia de la energía fotovoltaica como fuente renovable de electricidad hace que los proyectos de infraestructura energética en este sector jueguen un papel crucial en la transición hacia modelos más sostenibles. Sin embargo, la gestión de proyectos fotovoltaicos enfrenta grandes desafíos relacionados con sobrecostos, desviaciones presupuestarias, retrasos en los plazos de ejecución y desperdicios de recursos (Energy and Solar Solutions, 2024). Estos problemas no solo afectan la viabilidad de los proyectos, sino que también impactan directamente en la rentabilidad y competitividad de las empresas que desarrollan estos proyectos. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo abordar estos problemas mediante la aplicación de la metodología Lean en la gestión de proyectos fotovoltaicos, con el fin de optimizar la planificación, el control de costos y la gestión de recursos, reduciendo la desviación presupuestaria, mejorando la rentabilidad y garantizando el cumplimiento de plazos (Dussan Ardila, 2022).

El motivo de investigar este problema radica en la creciente necesidad de mejorar la eficiencia en los proyectos fotovoltaicos, un sector clave dentro de la industria energética. A pesar de los avances tecnológicos en la generación de energía solar, los proyectos fotovoltaicos continúan enfrentando dificultades significativas en la gestión de recursos, la planificación adecuada y el control de costos. Estas dificultades derivan en frecuentes desviaciones de los presupuestos iniciales y plazos incumplidos, lo que afecta tanto a las empresas como a las comunidades que dependen de estos proyectos para el suministro de energía renovable. Es por esto que se plantea la necesidad urgente de una metodología que permita optimizar estos aspectos, reduciendo los desperdicios y aumentando la eficiencia (Dussan Ardila, 2022).

Los objetivos de esta investigación buscan ofrecer soluciones prácticas y aplicables para mejorar la gestión de los proyectos fotovoltaicos. Al analizar la implementación de la metodología Lean, se pretende evaluar su efectividad en la reducción de la desviación presupuestaria y en la mejora de la rentabilidad y el cumplimiento de plazos. Esta investigación tiene como finalidad aportar herramientas valiosas tanto a la comunidad científica como a los profesionales del sector para enfrentar los desafíos específicos del sector fotovoltaico, contribuyendo a una mejor gestión de los recursos y una mayor eficiencia operativa.

Diversos actores se beneficiarán con los resultados de esta investigación, lo que justifica su desarrollo. En primer lugar, las empresas e instituciones que gestionan proyectos fotovoltaicos se beneficiarán de la implementación de una metodología que les permitirá reducir los costos operativos, minimizar los riesgos financieros y cumplir con los plazos establecidos. Esto no solo mejora la rentabilidad de las empresas, sino que también aumenta su competitividad en un mercado altamente dinámico y en constante expansión. En segundo lugar, la comunidad se verá beneficiada al contar con proyectos fotovoltaicos más eficientes y económicos, lo que facilita la expansión de la infraestructura energética sostenible y mejora el acceso a energía limpia. La reducción de sobrecostos puede generar un mayor número de proyectos viables, que contribuyan al desarrollo de comunidades más sostenibles y resilientes frente a las crisis energéticas.

Los estudiantes, en su calidad de investigadores, ganarán experiencia en la aplicación de metodologías ágiles y en la investigación aplicada, lo que les permitirá desarrollar habilidades

valiosas en la gestión de proyectos y en la resolución de problemas complejos. Además, esta investigación les brinda la oportunidad de contribuir con conocimiento innovador a un sector estratégico para el país, aumentando su perfil académico y profesional. Para la especialización en Gerencia de Proyectos y los programas de posgrado en general, esta investigación representa un aporte sustancial al desarrollo de nuevas estrategias de gestión en sectores clave como la energía fotovoltaica. La adopción de metodologías innovadoras, como Lean, fortalecerá la enseñanza de la especialización y posicionará a la institución como un referente en la formación de profesionales capaces de liderar proyectos complejos con eficiencia y efectividad.

Finalmente, la universidad UNIMINUTO se beneficiará al contar con investigaciones de calidad que respaldan su compromiso con la formación académica y profesional en áreas de alta demanda, como la gestión de proyectos en sectores emergentes. Esta investigación contribuye a la visibilidad de la universidad en el ámbito académico y empresarial, demostrando su capacidad para generar conocimiento relevante que responde a las necesidades actuales de la industria. De esta forma, la investigación no solo busca resolver una problemática de alta relevancia en el sector fotovoltaico, sino también ofrecer soluciones aplicables que fortalezcan la competitividad del sector, mejoren la eficiencia operativa y contribuyan a la sostenibilidad energética.

Este estudio tiene una gran relevancia tanto a nivel académico como industrial, ya que la implementación de estrategias Lean en proyectos fotovoltaicos puede ser un factor determinante para mejorar la eficiencia y reducir los costos en la gestión de estos proyectos. Este estudio no solo responde a la necesidad de optimizar los recursos en el sector energético, sino que también ofrece soluciones prácticas que beneficiarán a los profesionales del sector, a las empresas y a las comunidades en general. De esta forma, se contribuye al desarrollo de un sector energético más eficiente, competitivo y sostenible, que es clave para la transición hacia un modelo económico más verde y resiliente.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Marco de Antecedentes**

La implementación de metodologías Lean en proyectos fotovoltaicos ha cobrado gran relevancia en los últimos años debido a su capacidad para mejorar la eficiencia, reducir desperdicios y elevar la calidad en proyectos de alta complejidad técnica. En el contexto de la gerencia de proyectos, estos antecedentes permiten comprender cómo las metodologías de mejora continua se integran con los enfoques tradicionales para optimizar los resultados en proyectos sostenibles.

#### **2.1.1. Lean Construction y su Aplicación en Proyectos Energéticos**

Diversas investigaciones han demostrado la efectividad de la metodología Lean en la planificación y control de obras de infraestructura energética. Un ejemplo representativo es el estudio de Mendoza González et al. (2021) en México, donde se evaluó el uso del sistema Last Planner System (LPS) en proyectos energéticos. Se observó una significativa reducción en la incertidumbre y una mejor coordinación entre los actores del proyecto, elementos fundamentales para lograr la ejecución dentro del alcance, tiempo y costos planificados.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, esta evidencia resalta el valor del enfoque colaborativo y la gestión visual para el control de tareas críticas y la toma de decisiones oportuna.

#### **2.1.2. Gestión Financiera y Viabilidad Económica en Proyectos Fotovoltaicos**

En el ámbito económico, Roca (2020) desarrolló un modelo financiero aplicado a la construcción de un parque solar fotovoltaico en España. Su enfoque abarca desde la planificación técnica hasta el análisis de rentabilidad, destacando la relevancia de una gestión financiera sólida en todas las etapas del proyecto.

Este antecedente permite vincular herramientas Lean con técnicas de gestión financiera propias de la gerencia de proyectos, como el análisis de retorno sobre la inversión (ROI), costo-beneficio (B/C) y flujos de caja descontados.

### **2.1.3. Enfoques Híbridos: PMI, Lean y Metodologías Ágiles**

Alonso Sánchez (2023) propone un modelo híbrido de gestión para proyectos fotovoltaicos, que combina elementos del PMBOK® Guide, principios Lean y marcos ágiles. Esta propuesta metodológica permite ajustar los procesos de planificación y ejecución según la complejidad y el contexto particular del proyecto.

En programas de especialización en gerencia de proyectos, este tipo de enfoques híbridos promueven una visión integral y adaptativa, en la que el profesional puede elegir las herramientas más apropiadas para cada etapa o fase del proyecto, asegurando eficiencia sin perder el control formal.

### **2.1.4. Retos Regionales: Lean y Agilidad en América Latina**

Rivera Gómez (2022) abordó la implementación de prácticas ágiles y Lean en proyectos fotovoltaicos en América Latina, enfatizando la necesidad de adaptar la gestión de proyectos a contextos de variabilidad climática, disponibilidad técnica limitada y desafíos logísticos. El estudio evidenció que la planificación flexible y la retroalimentación continua son clave para enfrentar riesgos como retrasos y sobrecostos.

Este tipo de análisis permite a los gerentes de proyecto comprender la importancia de la gestión del riesgo adaptativa, uno de los pilares en proyectos donde las condiciones externas afectan directamente la ejecución.

### **2.1.5. Lean Six Sigma en Energías Renovables**

Pérez y López (2020) realizaron un análisis de la aplicación de Lean Six Sigma en plantas solares de mediana escala, resaltando cómo la combinación de herramientas estadísticas con principios Lean mejora la calidad, reduce errores y garantiza sostenibilidad operativa.

Esta perspectiva es altamente valiosa para el perfil profesional del gerente de proyectos, quien debe liderar procesos de mejora continua basados en datos, calidad total y enfoque al cliente, alineados con los objetivos estratégicos del proyecto.

### **2.1.6. Sostenibilidad y Transición Energética**

El agotamiento de los combustibles fósiles y el impacto ambiental de las fuentes convencionales han impulsado la adopción de tecnologías limpias como la energía solar. Cissé (2020) resalta que los avances tecnológicos han incrementado la eficiencia de los paneles solares hasta un 17%, reduciendo significativamente las emisiones contaminantes y favoreciendo el desarrollo sostenible.

Para la gerencia de proyectos, esto implica nuevos desafíos y oportunidades: evaluar el impacto ambiental, aplicar marcos de sostenibilidad y cumplir con estándares internacionales, integrando así criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) a la gestión técnica del proyecto.

### **2.1.7. Factores de Desempeño en Proyectos Solares**

Finalmente, Hwang y Ng (2020) identificaron los factores críticos que afectan el desempeño de proyectos solares: coordinación de equipos, disponibilidad de recursos y calidad en la ejecución. Su estudio evidenció que la adopción de principios Lean mejora significativamente la rentabilidad y el cumplimiento de cronogramas, mitigando los riesgos recurrentes en proyectos de esta naturaleza.

Este hallazgo fortalece el rol estratégico del gerente de proyectos como líder en la integración de procesos, supervisión de cronogramas y mejora continua del desempeño del equipo.

Los antecedentes revisados permiten concluir que la implementación de metodologías Lean en proyectos fotovoltaicos no solo ha demostrado ser eficaz en contextos internacionales y regionales, sino que también ofrece un marco idóneo para modernizar la práctica profesional de la gerencia de proyectos. La articulación de estos enfoques con principios de sostenibilidad,

adaptabilidad y calidad ofrece a los profesionales una ventaja competitiva y una visión integral para liderar proyectos energéticos con alto impacto social, económico y ambiental.

## **2.2. Marco Teórico**

El presente marco teórico tiene como objetivo analizar los fundamentos conceptuales de la metodología Lean y su aplicabilidad en proyectos fotovoltaicos, dentro del marco de la gerencia de proyectos. Se explora la interrelación entre eficiencia operativa, sostenibilidad y gestión ágil, en un contexto donde los proyectos de energía solar enfrentan desafíos técnicos, económicos y medioambientales. En este sentido, se argumenta cómo la implementación de enfoques Lean puede contribuir a una mejor utilización de los recursos, reducción de desperdicios y generación de valor continuo para los stakeholders.

### **2.2.1. Energía solar: fundamentos y beneficios**

La energía solar es una fuente renovable que proviene de la radiación electromagnética emitida por el sol. Esta energía puede aprovecharse principalmente de dos formas: mediante sistemas de conversión térmica o sistemas de conversión fotovoltaica. La conversión térmica transforma la energía solar en calor, utilizando colectores para calentar un fluido térmico. Por otro lado, la conversión fotovoltaica convierte directamente la luz solar en electricidad, mediante el uso de células fotovoltaicas de silicio o germanio (De Jesús, 2015).

Entre los principales beneficios de la energía solar se encuentran su carácter inagotable, la reducción de gases de efecto invernadero y la viabilidad de implementación en zonas rurales o aisladas. Esto la convierte en una alternativa estratégica frente a las fuentes de energía convencionales como el petróleo o el gas natural, cuyos procesos de generación tienen impactos ambientales significativos.

### **2.2.2. Sistemas fotovoltaicos: funcionamiento y aplicaciones**

Los sistemas fotovoltaicos transforman la luz solar en electricidad a través del efecto fotoeléctrico. Este proceso permite la generación de energía limpia y silenciosa, sin emisiones

contaminantes y con requerimientos de mantenimiento relativamente bajos. Según De Jesús (2015), la tecnología fotovoltaica es segura y fácilmente integrable en aplicaciones tanto domésticas como industriales.

Una de las ventajas más relevantes de los sistemas fotovoltaicos es su capacidad de generar electricidad de forma distribuida, directamente en el punto de consumo. Esta característica facilita su integración en edificaciones existentes, reduciendo las pérdidas de transmisión y mejorando la eficiencia energética general del sistema.

### **2.2.3. Metodologías ágiles: flexibilidad en la gestión de proyectos**

Las metodologías ágiles surgieron como una respuesta a las limitaciones de los enfoques tradicionales de gestión de proyectos, caracterizados por su rigidez y lentitud en la adaptación al cambio. Su principal característica es la flexibilidad para responder a necesidades cambiantes del cliente, mediante entregas parciales y continuas de valor (Carrillo et al., 2024).

Entre sus principios destacan la división del proyecto en fases cortas (sprints), la retroalimentación constante del cliente y la mejora continua del producto o servicio. Además, estas metodologías fomentan equipos autoorganizados y multidisciplinarios que trabajan colaborativamente, lo cual mejora la eficiencia en entornos dinámicos como los del sector energético.

La adopción de metodologías ágiles en empresas de ingeniería o energía permite optimizar procesos internos, evolucionar en términos organizacionales y mejorar la calidad de los productos entregados. Estas herramientas se han convertido en aliadas clave para gestionar eficazmente cambios durante la ejecución de proyectos complejos o innovadores.

### **2.2.4. Metodología Lean: principios y fundamentos**

La metodología Lean es un enfoque de gestión centrado en maximizar el valor entregado al cliente mediante la eliminación sistemática de actividades que no agregan valor (desperdicios). Su origen se encuentra en el Sistema de Producción de Toyota, donde se

implementaron conceptos como “justo a tiempo” (JIT), mejora continua (Kaizen), y producción ajustada a la demanda (pull system) (Fernández et al., 2018).

El pensamiento Lean promueve una cultura organizacional basada en la eficiencia operativa, la participación activa de los trabajadores, la estandarización de procesos y el enfoque al cliente. Según Locher (2017), el objetivo último de Lean es convertirse en una filosofía de gestión integrada en todos los niveles de la empresa, desde la estrategia hasta la operación.

La implementación de Lean requiere identificar los procesos clave, entender las necesidades del cliente y asegurar una cadena de valor que minimice los tiempos, los costos y los defectos. En este contexto, la mejora continua se convierte en un pilar esencial para lograr la sostenibilidad del modelo a largo plazo.

### **2.2.5. Aplicación de Lean en proyectos fotovoltaicos**

La aplicación de la metodología Lean en proyectos de energía solar fotovoltaica representa una oportunidad para optimizar los procesos constructivos, logísticos y operacionales. Durante la etapa de diseño, Lean permite reducir reprocesos mediante herramientas como el “Value Stream Mapping” (VSM), que ayuda a visualizar los flujos de trabajo y detectar ineficiencias. En la fase de construcción, se pueden implementar técnicas como el “Last Planner System” (LPS), ampliamente utilizado en Lean Construction, para mejorar la planificación y coordinación entre contratistas y proveedores.

Asimismo, Lean contribuye a reducir los tiempos de instalación, minimizar errores en campo, gestionar mejor los inventarios y evitar retrasos derivados de cuellos de botella o actividades sin valor. Esto no solo mejora el cumplimiento de los plazos y presupuestos, sino que también incrementa la satisfacción del cliente al entregar proyectos funcionales de alta calidad en menor tiempo.

### **2.2.6. Sinergia entre Lean y metodologías ágiles en el sector energético**

La combinación de Lean y metodologías ágiles permite establecer marcos híbridos de gestión de proyectos que combinan eficiencia operativa con flexibilidad estratégica. En el

contexto de los proyectos fotovoltaicos, esta sinergia resulta especialmente valiosa debido a los constantes avances tecnológicos, la variabilidad del entorno regulatorio y la diversidad de los actores involucrados.

Mientras Lean aporta herramientas para la eliminación de desperdicios y la mejora continua de procesos, Agile facilita la adaptación a los requerimientos del cliente y la entrega incremental de valor. La integración de ambos enfoques permite alinear los objetivos estratégicos del proyecto con la ejecución táctica en campo, logrando una gestión más efectiva, colaborativa y orientada al cliente como se puede observar en la ilustración 1 Organigrama conceptual sobre gestión de proyectos aplicados a energía solar y metodologías Lean y Agile.

### Ilustración 1

Organigrama conceptual sobre gestión de proyectos aplicados a energía solar y metodologías Lean y Agile

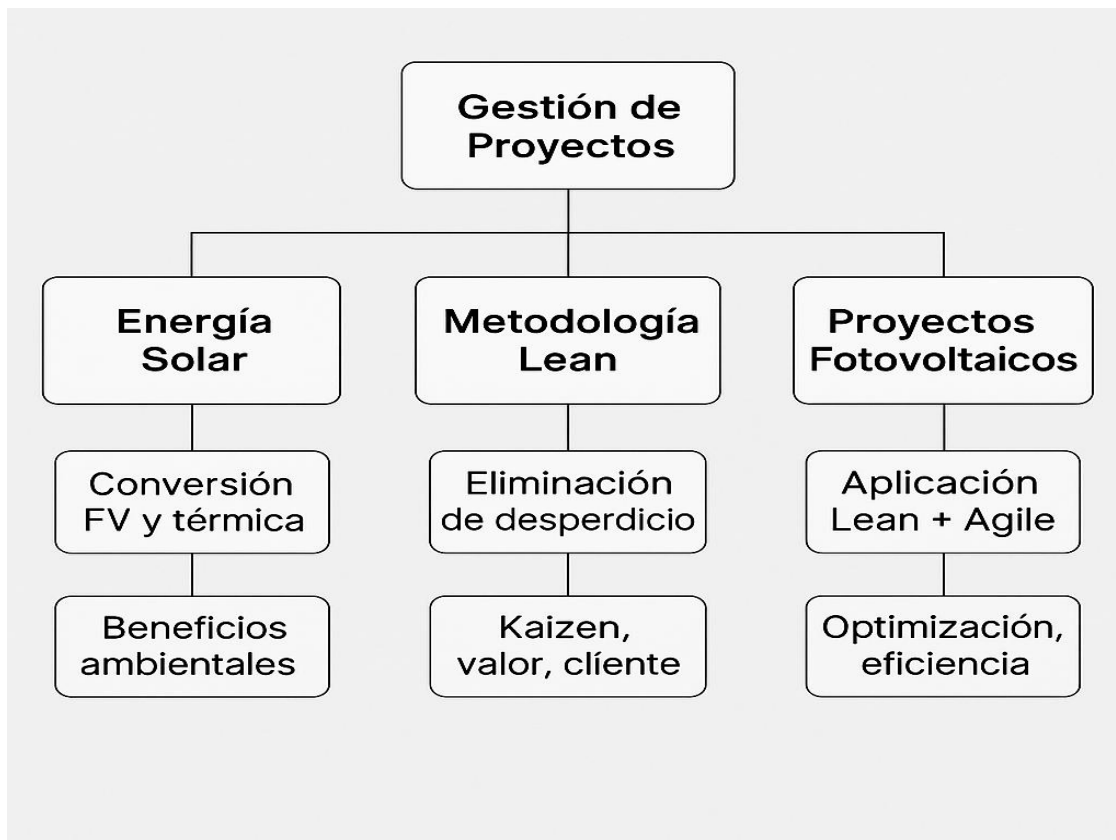


Ilustración 1. Gestión de Proyectos. Elaboración propia.

### **2.3. Marco Normativo**

En el contexto de la Gerencia de Proyectos, la comprensión y aplicación del marco normativo es esencial para garantizar la viabilidad legal, técnica, financiera y ambiental de las iniciativas. En proyectos fotovoltaicos, el cumplimiento normativo no solo es un requisito legal, sino un factor estratégico que influye directamente en la planificación, ejecución, control y cierre del proyecto. A continuación, se presenta una profundización normativa desde la perspectiva de la especialización en Gerencia de Proyectos:

#### **2.3.1. Normativa Energética y su Relación con la Planificación Estratégica**

##### ***Ley 1715 de 2014***

Establece el marco legal para la promoción de energías renovables. Desde la gerencia de proyectos, esta ley permite integrar incentivos fiscales y tributarios en el análisis del caso de negocio, optimizando la relación costo-beneficio del proyecto. Además, fomenta alianzas público-privadas y viabiliza mecanismos de financiación sostenible, aspectos clave en la fase de inicio y formulación del proyecto.

##### ***Resolución CREG 030 de 2018***

Regula la conexión de pequeñas fuentes de generación. En la planificación técnica del proyecto, esta resolución guía la integración del sistema fotovoltaico a la red, estableciendo parámetros para el diseño, pruebas y puesta en marcha. En metodologías Lean, esta normativa se interpreta como un marco de calidad técnica que minimiza reprocesos y evita sobrecostos.

##### ***Ley 2099 de 2021***

Refuerza la transición energética y simplifica trámites administrativos. Su integración en el cronograma del proyecto permite anticipar tiempos de permisos y licenciamiento, aplicando principios Lean de flujo continuo y eliminación de cuellos de botella administrativos.

### **2.3.2. Normativa Ambiental y su Rol en la Gestión del Riesgo**

#### ***Decreto 1076 de 2015***

Contiene los requisitos para licenciamiento ambiental. Desde la perspectiva de riesgos, este decreto exige que el plan de gestión ambiental esté incorporado desde el acta de constitución del proyecto, favoreciendo una planificación proactiva y evitando sanciones o suspensiones. Un enfoque Lean sugiere abordar estos requisitos con procesos estandarizados y automatizados que reduzcan el tiempo de aprobación.

#### ***Resolución 631 de 2015***

Establece límites para vertimientos y residuos. En proyectos fotovoltaicos, su aplicación se vincula con la disposición de baterías, paneles en desuso y empaques industriales. Incorporar esta resolución en la planificación del alcance y gestión de adquisiciones asegura una ejecución más sostenible, alineada con principios Lean de reducción de desperdicios.

### **2.3.3. Normas sobre Contratación y Calidad en la Ejecución**

#### ***Ley 80 de 1993 – Estatuto General de Contratación Pública***

Es clave en la estructuración de los contratos de obra, suministro y servicios. Desde la gestión del proyecto, se requiere estructurar un plan de adquisiciones alineado con esta norma, promoviendo eficiencia, control de costos y transparencia. Lean propone aplicar *value stream mapping* en procesos de contratación para identificar actividades que no agregan valor y rediseñar los flujos de aprobación.

#### ***Ley 1480 de 2011 – Estatuto del Consumidor***

Enfoca la entrega del proyecto hacia el cliente final (comunidad, usuarios o Estado). Desde la óptica de la gerencia de calidad, esta ley exige el cumplimiento de requisitos funcionales y técnicos, lo cual se traduce en establecer KPIs (indicadores clave de desempeño) en calidad, durabilidad y servicio postventa del sistema fotovoltaico. Lean busca optimizar esta entrega garantizando productos “libres de defectos” desde su origen.

### 2.3.4. Alineación Estratégica entre Lean y el Marco Normativo

La implementación de estrategias Lean no debe ser vista como una alternativa a la normativa, sino como un modelo de cumplimiento eficiente y sistemático. Esta integración puede representarse como sigue:

**Tabla 1**

*Relación entre estrategias Lean, niveles de gestión de proyectos, normativa asociada e impacto.*

<b>Estrategia Lean</b>	<b>Nivel de Gestión de Proyectos</b>	<b>Normativa Asociada</b>	<b>Impacto en el Proyecto</b>
Reducción de Desperdicios	Gestión del Alcance y Adquisiciones	Ley 1715, Res. 631	Ahorro en materiales, menor impacto ambiental
Estandarización de Procesos	Gestión de la Calidad y Procesos	Ley 80, Dec. 1076	Mejora en la trazabilidad y repetibilidad de actividades
Generación de Valor	Gestión de Stakeholders y Cierre	Ley 1480, Ley 2099	Aumento en la satisfacción del cliente final
Optimización Operativa	Gestión del Cronograma y Costos	Res. CREG 030, Ley 2099	Reducción de tiempos de conexión y costos regulatorios

*Nota.* Elaboración propia.

El marco normativo colombiano ofrece no solo un conjunto de restricciones, sino también oportunidades para agregar valor y optimizar la ejecución de proyectos bajo un enfoque Lean. Para un especialista en Gerencia de Proyectos, conocer, anticipar e integrar estas normas en cada área de conocimiento del PMI® es fundamental para lograr entregables exitosos, sostenibles y alineados con la legislación vigente.

### 3. METODOLOGÍA

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo, el cual, según Hernández, Fernández y Baptista (2016), se caracteriza por explorar y comprender fenómenos en profundidad desde una perspectiva interpretativa. Este enfoque resulta adecuado para analizar de manera crítica cómo la metodología Lean puede optimizar la gestión de proyectos fotovoltaicos, utilizando para ello literatura académica, estudios de caso y experiencias documentadas. El diseño de la investigación es no experimental, ya que no implica la manipulación de variables, y su alcance es descriptivo-analítico, lo cual permite identificar, describir y examinar prácticas, desafíos y beneficios relacionados con la implementación de estrategias Lean, con el propósito de formular recomendaciones fundamentadas orientadas a mejorar la eficiencia en proyectos del sector energético renovable.

La investigación se centra temáticamente en la aplicación de estrategias Lean en proyectos fotovoltaicos, abordando aspectos clave como la planificación, el control de costos, la gestión de recursos y la reducción de desperdicios. En cuanto al alcance temporal, se analizarán fuentes y estudios publicados entre los años 2015 al 2024, lo que garantiza la actualidad y pertinencia de la información recopilada. Respecto al alcance espacial, aunque se considerarán estudios realizados en diferentes contextos internacionales, el análisis estará orientado a extraer implicaciones aplicables a proyectos desarrollados en América Latina, especialmente en Colombia, considerando su creciente adopción de fuentes de energía renovable.

La metodología empleada se basa en una revisión documental sistemática de literatura científica, informes técnicos y estudios previos sobre la aplicación de Lean en proyectos de infraestructura energética. Esta estrategia permite identificar patrones recurrentes, buenas prácticas y áreas de oportunidad para optimizar la gestión de este tipo de iniciativas. La población del estudio está conformada por documentos académicos, técnicos y estudios de caso relacionados con el tema, mientras que la muestra se delimita a publicaciones emitidas en los últimos diez años, seleccionadas a partir de bases de datos reconocidas y fuentes oficiales de organismos internacionales especializados en energías renovables.

Como instrumento de recolección de información, se utilizarán fichas de revisión documental, las cuales permitirán organizar, evaluar y comparar la información extraída de los documentos seleccionados. Estas fichas facilitarán la identificación de conceptos clave, prácticas exitosas y resultados relevantes en torno a la planificación, el control de costos y la gestión de recursos dentro de los proyectos fotovoltaicos analizados. El procedimiento metodológico contempla varias etapas: en primer lugar, se realizará una búsqueda sistemática de documentos relevantes en bases de datos académicas y repositorios digitales. A continuación, se aplicarán criterios de inclusión y exclusión para seleccionar únicamente aquellos textos que aborden experiencias vinculadas a la implementación de metodologías Lean en proyectos fotovoltaicos. Posteriormente, la información recopilada será clasificada temáticamente en función de categorías como planificación, cumplimiento de plazos, reducción de desperdicios y eficiencia operativa. Finalmente, los hallazgos serán integrados al desarrollo del documento y de las conclusiones, con el fin de elaborar recomendaciones prácticas y contextualizadas que puedan aplicarse en la gestión eficiente de este tipo de proyectos.

### **3.1. Población y muestra**

#### **3.1.1. Definición de la población**

La población objeto de este estudio está constituida por la literatura académica, informes técnicos y estudios de caso relacionados con la gestión de proyectos fotovoltaicos que han implementado o analizado la metodología Lean. Este universo incluye publicaciones de revistas científicas, actas de conferencias, tesis de grado y documentos técnicos emitidos por organismos internacionales y empresas especializadas en el sector energético. Estas fuentes se caracterizan por proporcionar información detallada sobre planificación, control de costos, gestión de recursos y estrategias para la reducción de desperdicios en proyectos de infraestructura fotovoltaica.

Para garantizar que los hallazgos reflejen las condiciones y desafíos actuales, se delimitará la población a documentos publicados en los últimos diez años. Las principales

fuentes de información serán bases de datos académicas reconocidas, así como repositorios especializados en energía renovable. Este enfoque permite identificar las mejores prácticas y los desafíos documentados en la implementación de estrategias Lean en proyectos fotovoltaicos.

Asimismo, se incluirán informes técnicos de organizaciones internacionales como la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) y el Banco Mundial. Estas fuentes complementan el análisis al ofrecer una perspectiva global y regional sobre la viabilidad y los retos asociados a los proyectos de energía renovable. Al considerar una población diversa y representativa, este estudio busca construir una base sólida para proponer recomendaciones aplicables y relevantes en el contexto de la gestión de proyectos fotovoltaicos.

### **3.1.2. Cálculo y selección de la muestra**

Para esta investigación se ha optado por un muestreo de tipo no probabilístico, basado en un análisis documental de carácter descriptivo y analítico. El enfoque se centra en el estudio de literatura especializada que relacione la aplicación de la metodología Lean en proyectos de infraestructura energética, particularmente en el sector fotovoltaico.

La muestra estará conformada por un total de 30 fuentes documentales, seleccionadas con base en los siguientes criterios de inclusión:

- Publicaciones académicas, informes técnicos y estudios de caso que analicen específicamente la implementación de la metodología Lean en proyectos fotovoltaicos.
- Documentos publicados en los últimos diez años, con el fin de garantizar la actualidad y relevancia del contenido.
- Textos escritos en idioma español o inglés, lo cual permite un mayor alcance sin comprometer la comprensión del material.
- Documentos disponibles a través de motores de búsqueda académicos reconocidos y confiables, tales como Google Scholar, la Biblioteca Virtual de la universidad, y repositorios de instituciones internacionales como la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA).

- Estudios que incluyan enfoques cualitativos o cuantitativos, tales como artículos de revistas científicas, actas de congresos, tesis de grado y documentos técnicos elaborados por organismos internacionales y empresas del sector energético.

A su vez, se establecieron los siguientes criterios de exclusión para garantizar la calidad y pertinencia de los documentos seleccionados:

- Publicaciones generales sobre la metodología Lean que no contemplen su aplicación específica en proyectos del sector fotovoltaico.
- Documentos que carezcan de revisión por pares o que no cumplan con estándares académicos mínimos.
- Artículos duplicados o que no aporten información novedosa y relevante al objeto de estudio.
- Fuentes que no estén accesibles en su totalidad, tales como documentos protegidos que requieran permisos institucionales no disponibles.

Este procedimiento de selección asegura que las fuentes consultadas sean pertinentes, actualizadas y representativas del fenómeno de estudio, lo cual fortalece la validez del análisis documental y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

### **3.2. Instrumento(s)**

El instrumento utilizado para la recolección de información de la presente investigación son fichas de análisis documental su principal objetivo llevar a cabo un análisis de documentos efectivo y seguir un proceso sistemático que incluya la selección y revisión cuidadosa de los documentos relevantes, la identificación de patrones y tendencias, y la interpretación y análisis de los datos recopilados y de esta manera examinar e interpretar la información de documentos para comprender el contexto específico de la temática de investigación para este caso sería toda la información relacionada con la metodología Lean en proyectos de infraestructura energética, específicamente en el sector fotovoltaico. Esta técnica de la investigación cualitativa se utiliza para recopilar información de fuentes como libros, revistas, periódicos, grabaciones, filmaciones, entre otros. Máxima Uriarte, J. (2020)

A continuación, se muestra el formato del instrumento a utilizar:

**Tabla 2**

*Ficha para recolección de información para el análisis documental del proyecto.*

<b>FICHA No. 1 ANÁLISIS DOCUMENTAL</b>	
<b>Título del Documento Consultado</b>	
<b>Autor:</b> (Registrar nombre del autor o autores)	
<b>Tipo de documento:</b> (Artículo, informe, libro, tesis, trabajo de grado, ley, etc.)	
<b>Referencias bibliográficas según norma APA</b>	
<b>Numero de paginas</b>	
<b>Palabra clave de búsqueda</b>	
<b>Descripción del aporte al tema seleccionado</b> (Presenta una descripción argumentada de aportes que considera pertinente para la investigación)	
<b>Fecha de publicación:</b>	

*Nota.* Elaboración propia.

### **3.3. Descripción de procedimientos**

El instrumento se aplicará teniendo en cuenta el siguiente paso a paso:

Inicialmente se investiga qué tipo de datos están disponibles y entre ellos se seleccionan los que más se acercan al tema de investigación relacionado con la metodología Lean en proyectos de infraestructura energética, específicamente en el sector fotovoltaico.

Posteriormente se identifica el objetivo y se establece qué tipo de información desea obtener del documento consultado que responda a la necesidad de la investigación en este caso sería información específica y relevante, las búsquedas de la información se realizará en

medios académicos reconocidos y confiables (Google académicos, Google Scholar, Biblioteca virtual de la Universidad, Página de la Agencia Internacional de Energías Renovables).

Luego se procede a recolectar los datos y plasmarlo en la ficha de Análisis documental, por cada documento se debe dar una numeración a la ficha tal cual se muestra en el ejemplo de la ficha anterior.

Se continuará con el diligenciamiento de la ficha de la siguiente manera:

- **Título del Documento;** Se colocará el título del trabajo tal cual aparece en el documento consultado.
- **Autor;** Se coloca el nombre del autor o autores que realizaron el documento consultado.
- **Tipo de documento;** Se define que tipo de documento es (Artículo, informe, libro, tesis, trabajo de grado, ley, etc.).
- **Referencias bibliográficas según norma APA;** Se deben digitar las fuentes bibliográficas cumpliendo con las normas APA.
- **Número de páginas;** Se debe colocar el número de páginas que tiene el dominio de investigación.
- **Palabra clave de búsqueda;** Se colocarán palabras claves de búsqueda para encontrar fácilmente el archivo de búsqueda.
- **Descripción del aporte al tema seleccionado;** Presentar una descripción argumentada de los aportes del documento que permitan analizar la metodología Lean para optimizar la planificación, control de costos y gestión de recursos en proyectos fotovoltaicos, con el fin de reducir la desviación presupuestaria y mejorar la rentabilidad y cumplimiento de plazos).
- **Fecha de publicación;** Se registrará la fecha de publicación del documento, estos no deberían ser mayor a diez años de publicación.

### **3.4. Análisis de información**

La información se procesa mediante el análisis de la información recolectada con el uso de fichas documentales para el presente proyecto sobre la aplicación de la metodología Lean en proyectos fotovoltaicos se desarrolla en varias etapas, asegurando una revisión rigurosa, sistemática y basada en criterios objetivos.

Se analiza cómo los principios Lean contribuyen a la eliminación de desperdicios, mejora continua, y enfoque en el valor en proyectos fotovoltaicos, evaluando ventajas, desafíos y estudios de caso.

Con este enfoque sistemático, se asegura un análisis profundo y alineado con los objetivos del proyecto, proporcionando una base sólida para validar la aplicación de Lean en proyectos fotovoltaicos.

### **3.5. Consideraciones éticas**

#### **3.5.1. Análisis de consideraciones éticas**

Las consideraciones éticas son fundamentales, ya que abarcan aspectos relacionados con la sostenibilidad, el impacto ambiental, social y laboral, así como la transparencia en los procesos. A continuación, se presentan las principales consideraciones éticas:

##### **3.5.1.1. Sostenibilidad ambiental**

- **Minimización de residuos:** Asegurar que las estrategias Lean realmente contribuyan a reducir el desperdicio de materiales durante la construcción, instalación y operación de los proyectos fotovoltaicos.
- **Reciclaje y reutilización:** Promover prácticas que permitan reciclar materiales utilizados, especialmente en los paneles solares y otros componentes.
- **Energía limpia:** Garantizar que el proyecto contribuya significativamente a la transición hacia energías limpias, minimizando el impacto negativo en el entorno natural.

### **3.5.1.2. Impacto social**

- Comunidades locales: Involucrar y consultar a las comunidades afectadas por la instalación de plantas fotovoltaicas para garantizar que sus intereses y preocupaciones sean atendidos.
- Acceso equitativo: Promover que los beneficios de los proyectos, como el acceso a energía limpia, sean distribuidos de manera justa, sin discriminar por razones económicas, sociales o geográficas.

### **3.5.1.3. Condiciones laborales**

- Salud y seguridad: Implementar medidas estrictas para proteger la salud y seguridad de los trabajadores durante la ejecución del proyecto.
- Condiciones justas: Asegurar que los empleados y subcontratistas involucrados tengan condiciones laborales dignas y salarios justos.

### **3.5.1.4. Transparencia y honestidad**

- Gestión ética de recursos: Utilizar los recursos de manera responsable y transparente, evitando malversaciones o uso indebido de fondos.
- Comunicación clara: Informar a los inversores, clientes y demás partes interesadas de manera precisa sobre los avances y resultados del proyecto.

### **3.5.1.5. Innovación responsable**

- Implementación de Lean: Asegurar que la adopción de metodologías Lean no se traduzca en la eliminación excesiva de recursos humanos o prácticas que perjudiquen el bienestar de los trabajadores.
- Evaluación constante: Supervisar que la reducción de desperdicios y costos no comprometa la calidad ni la seguridad de los productos y servicios.

### **3.5.1.6. Cumplimiento normativo**

- Normas ambientales: Garantizar que el proyecto cumpla con las leyes y regulaciones ambientales nacionales e internacionales.

- Estándares éticos: Respetar los lineamientos de organismos éticos y de certificación relacionados con proyectos de energía renovable.

#### **3.5.1.7. Responsabilidad a largo plazo**

- Mantenimiento y desmantelamiento: Planificar el mantenimiento a largo plazo y el desmantelamiento responsable de las instalaciones al final de su vida útil.
- Educación y sensibilización: Contribuir al desarrollo de conciencia ambiental y social a través de la educación de las comunidades y la industria.

Estas consideraciones pueden integrarse en la planificación, ejecución y evaluación del proyecto para asegurar un enfoque ético, sostenible y alineado con los principios Lean y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

#### **3.5.2. Instrumentos de aceptación y autorización**

Un proyecto Lean ético debe enfocarse no solo en eliminar desperdicios y aumentar la eficiencia, sino también en garantizar el respeto por las personas, la transparencia, la sostenibilidad y el impacto positivo tanto en los empleados como en los clientes. La clave está en equilibrar los objetivos de negocio con los valores éticos fundamentales.

Determinando que para el desarrollo y alcance de la investigación no se tiene en cuenta este apartado pero llegado el caso de implementarse un caso práctico se llevaría a cabo la respectiva estrategia clave para generar confianza y demostrar respeto por los participantes y sus experiencias. Esto incluye respetar su tiempo, escuchar atentamente sus respuestas y validar sus experiencias y sentimientos. Mostrar empatía y comprensión también puede aumentar la confianza, sobre todo cuando se tratan temas delicados.

#### 4. LAS VARIABLES

En este estudio cualitativo, se identifican elementos que fluctúan dentro del análisis de la gestión de proyectos fotovoltaicos bajo la metodología Lean. Aunque en investigaciones cualitativas no siempre se manejan variables en el sentido tradicional, es posible definir una variable independiente, que representa el factor que se estudia y analiza, y una variable dependiente, que es el resultado o impacto de dicho análisis.

Variable independiente: Aplicación de la metodología Lean en la gestión de proyectos fotovoltaicos.

Variable dependiente: Optimización de la planificación, control de costos y gestión de recursos en los proyectos fotovoltaicos, con el fin de reducir la desviación presupuestaria, mejorar la rentabilidad y garantizar el cumplimiento de plazos.

Estas variables permiten orientar la investigación hacia el análisis de cómo la metodología Lean influye en la eficiencia de los proyectos fotovoltaicos y en la reducción de desperdicios. Sin embargo, dado el enfoque cualitativo, el estudio se basa en la interpretación de datos y no en la medición de relaciones causales estrictas.

##### 4.1. Variable(s) independiente(s)

La metodología Lean, originalmente desarrollada en la industria manufacturera, ha sido adaptada con éxito a diversos sectores, incluyendo la construcción y la gestión de proyectos. Su aplicación en proyectos fotovoltaicos busca minimizar desperdicios, optimizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia en todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la puesta en marcha. Según Koskela (1992), Lean Construction introduce principios como la mejora continua, la reducción de variabilidad y el enfoque en la generación de valor para el cliente, lo que puede traducirse en una ejecución más eficiente de los proyectos de infraestructura energética. La implementación de esta metodología en proyectos fotovoltaicos implica la adopción de herramientas como el Last Planner System (LPS) para la planificación

colaborativa, Value Stream Mapping (VSM) para identificar desperdicios y Just inTime (JIT) para optimizar la logística y el uso de materiales. En este sentido, la variable independiente de este estudio se enfoca en analizar cómo la aplicación de Lean impacta los procesos de gestión dentro de proyectos fotovoltaicos, evaluando su efectividad para mejorar la productividad y reducir costos innecesarios.

#### **4.2. Variable(s) dependiente(s)**

La eficiencia en la gestión de proyectos fotovoltaicos depende en gran medida de la planificación estratégica, la precisión en la estimación de costos y el uso eficiente de los recursos. Los problemas recurrentes en estos proyectos incluyen sobrecostos, desviaciones presupuestarias y retrasos en los plazos de entrega, factores que afectan directamente la rentabilidad y sostenibilidad de las empresas del sector (Dussan Ardila, 2022). La optimización de estos procesos es fundamental para garantizar la viabilidad de los proyectos y mejorar la competitividad en el mercado de las energías renovables. En este contexto, la aplicación de la metodología Lean puede contribuir significativamente a la reducción de variaciones en los costos de ejecución, al mejorar la asignación de recursos y al minimizar tiempos muertos en la obra. La adopción de prácticas Lean permite una planificación más efectiva mediante la reducción de incertidumbre y una mejor supervisión de la ejecución, lo que se traduce en una mayor estabilidad financiera y operativa en los proyectos fotovoltaicos.

### **5. ANALISIS DE DATOS**

En el marco del proyecto de investigación titulado "Estrategias Lean en la Gestión de Proyectos Fotovoltaicos", se ha desarrollado un análisis cualitativo riguroso orientado a identificar herramientas Lean aplicables al sector energético solar, evaluando su impacto en la planificación, control de costos y eficiencia operativa. Este informe presenta la forma en que los datos han sido recolectados, tratados y analizados conforme al diseño metodológico propuesto, integrando técnicas de codificación, matrices analíticas y software especializado para garantizar la rigurosidad del análisis.

### **5.1. Diseño metodológico**

Dentro La investigación se orientó bajo un enfoque cualitativo, con un diseño no experimental, exploratorio y descriptivo. La técnica empleada fue el análisis documental, apoyada por la triangulación metodológica. La muestra se seleccionó de manera no probabilística, utilizando criterios de inclusión que privilegiaron estudios recientes (últimos 15 años), documentos académicos indexados y casos prácticos con aplicación demostrada en el contexto latinoamericano.

### **5.2. Herramientas y software de análisis.**

Se estructuraron fichas de análisis documental como instrumento primario de recolección, y se utilizó el software NVivo 12 para la codificación abierta, axial y selectiva de los datos textuales. Este software permitió crear nodos temáticos, análisis de coocurrencias, árboles jerárquicos de códigos, y nubes de palabras que facilitaron la interpretación visual de patrones.

Complementariamente, se exploró el uso de JASP para el análisis exploratorio de datos semiestructurados, dado que permite obtener estadísticas descriptivas y gráficas interactivas que enriquecen el análisis cualitativo-cuantitativo.

### **5.3. Matriz de categorías y codificación temática.**

Como parte del análisis documental, se estructuraron y codificaron treinta y dos (32) fichas técnicas, que fueron sistematizadas como anexo a este informe (ver Anexo A). Estas fichas corresponden a documentos clave seleccionados por su pertinencia temática y aportes relevantes al estudio de la metodología Lean en proyectos fotovoltaicos. La codificación de estas fichas se realizó con base en categorías analíticas previamente definidas, las cuales se presentan a continuación:

**Tabla 3***Nube de palabras con términos más recurrentes en los documentos analizados*

<b>Categoría Principal</b>	<b>Subcategorías</b>	<b>Frecuencia de aparición</b>	<b>Documentos codificados</b>
<b>Planificación Lean</b>	LPS, cronogramas visuales	19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ribeiro &amp; Costa (2017)</li> <li>• CONCYTEC (2021)</li> <li>• CGATE (2020)</li> <li>• Alonso Sánchez (2023)</li> <li>• Rivera Gómez (2022)</li> <li>• Entre otros</li> </ul>
<b>Control de costos</b>	Costeo Lean, reducción de desperdicio	17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dussan Ardila (2022)</li> <li>• Virginia Cooperative Extension (2019)</li> <li>• Hwang &amp; Ng (2020)</li> <li>• Espinal Zapata y Villegas (2020)</li> <li>• Entre otros</li> </ul>
<b>Gestión de recursos</b>	Just in Time, automatización logística	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inocente Andahua (2024)</li> <li>• Pérez &amp; López (2020)</li> <li>• Roca (2020)</li> <li>• Locher (2017)</li> <li>• Entre otros</li> </ul>
<b>Mejora continua</b>	Kaizen, reuniones diarias	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima Uriarte (2020)</li> <li>• Llamas Fernández (2018)</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendoza González (2021)</li> <li>• Entre otros</li> </ul>
<b>Sostenibilidad operativa</b>	Integración Lean-PPA, eficiencia verde	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espinal Zapata y Villegas (2020)</li> <li>• Energy and Solar Solutions (2024)</li> <li>• Entre otros</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia a partir de codificación de 32 fichas técnicas en NVivo.

La figura anterior muestra los conceptos más recurrentes: "Lean", "proyectos", "fotovoltaicos", "planificación", "costos", "eficiencia" y "desperdicio". Estas recurrencias evidencian la coherencia temática entre las fuentes y los objetivos investigativos.

#### **5.4. Análisis de resultados según objetivos específicos.**

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar la aplicabilidad y efectividad de la metodología Lean Construction en la gestión de proyectos fotovoltaicos. Para ello, se establecieron dos objetivos específicos: primero, identificar los principios y herramientas Lean más pertinentes para este tipo de proyectos; y segundo, evaluar su efectividad en áreas clave como la planificación, el control de costos y la gestión de recursos. Los datos obtenidos, tanto de la revisión bibliográfica como de experiencias documentadas en la literatura técnica y científica, permitieron un análisis detallado y contextualizado de los resultados alcanzados.

#### **5.4.1. Análisis de resultado del objetivo específico 1.**

**Objetivo 1:** Identificar los principios y herramientas de la metodología Lean aplicables a la gestión de proyectos fotovoltaicos.

Los resultados revelan que varios principios de Lean se alinean con las características técnicas y operativas de los proyectos fotovoltaicos. La mejora continua, la eliminación de desperdicios (Muda), el control de la variabilidad y el flujo continuo de trabajo son principios que ofrecen un marco estratégico para enfrentar desafíos típicos del sector, como la ejecución en terrenos remotos, la coordinación logística de equipos y el cumplimiento de plazos ajustados.

Este hallazgo tiene sustento empírico en estudios como los de Ribeiro y Costa (2017), quienes evidencian un aumento del 30% en la eficiencia operativa tras la implementación de Value Stream Mapping (VSM) y Last Planner System (LPS). Asimismo, herramientas como 5S, Just in Time (JIT) y Visual Management no solo han sido ampliamente documentadas, sino que también muestran resultados replicables en obras técnicas, lo que refuerza su potencial en instalaciones solares.

Sin embargo, más allá de su adopción técnica, es importante reflexionar sobre la adaptación contextual de estas herramientas. Por ejemplo, metodologías como LPS requieren una cultura organizacional colaborativa y una comunicación horizontal, aspectos que no siempre están presentes en entornos de construcción tradicionales. Por tanto, se plantea que la aplicabilidad de Lean no debe asumirse como universal, sino como un proceso progresivo de integración cultural y operativa.

Este análisis refuerza que las herramientas Lean no sólo son viables, sino también estratégicas, siempre que su adopción esté acompañada de procesos de formación, liderazgo

participativo y compromiso organizacional. Así, la gestión de proyectos fotovoltaicos puede transformarse en una plataforma de innovación en eficiencia, sostenibilidad y calidad.

#### **5.4.2. Análisis de resultado de objetivo específico 2.**

**Objetivo 2:** Evaluar la efectividad de la metodología Lean en la optimización de la planificación, el control de costos y la gestión de recursos en proyectos fotovoltaicos.

Los datos analizados muestran que la metodología Lean ofrece beneficios tangibles en tres áreas clave de la gestión de proyectos:

**Planificación:** La aplicación del Last Planner System (LPS) ha permitido reducir hasta un 25% los retrasos en la ejecución de obra, según el informe del CGATE (2020). Este enfoque promueve una planificación colaborativa y realista, reduciendo la incertidumbre y aumentando el cumplimiento de plazos.

**Control de costos:** La estandarización de procesos y la detección temprana de desviaciones presupuestarias son prácticas Lean que han demostrado reducir los sobrecostos entre un 15% y 20%. Este control más eficiente del gasto es especialmente relevante en proyectos donde los márgenes financieros y los cronogramas son ajustados.

**Gestión de recursos:** La implementación de Just in Time ha resultado en una reducción del 30% del inventario en obra y en un 18% de los desperdicios logísticos, de acuerdo con Virginia Cooperative Extension (2019). Esta herramienta mejora la eficiencia operativa y disminuye el impacto ambiental derivado del uso excesivo o mal manejo de materiales.

Más allá de los porcentajes, el valor agregado de Lean radica en su enfoque sistémico: no actúa sobre un único problema, sino que promueve la optimización simultánea de múltiples dimensiones del proyecto. Esto permite que la metodología no solo sea una herramienta de

control, sino una filosofía de mejora continua que potencia la competitividad del sector energético.

Desde una perspectiva crítica, es importante considerar que los resultados positivos reportados en la literatura pueden depender de factores contextuales específicos como el nivel de madurez de las organizaciones, la experiencia del equipo de trabajo y el tipo de contrato utilizado. Por ello, aunque los beneficios sean evidentes, su generalización debe hacerse con cautela y atendiendo a la realidad particular de cada entorno de implementación.

**Tabla 4**

*Análisis de resultados de los beneficios de la metodología lean en los proyectos fotovoltaicos.*

<b>Dimensión analizada</b>	<b>Indicador de mejora</b>	<b>Valor estimado</b>	<b>Fuente</b>
Tiempo de instalación	Reducción de lead time	-22%	• Andahua (2024)
Costos operativos	Ahorro logístico	-30%	• Virginia Cooperative Extension (2019)
Retrasos en cronograma	Mejora en cumplimiento de actividades	-25%	• CGATE (2020)
Desviación presupuestal	Reducción de sobrecostos	-15%	• Dussan Ardila (2022)
Productividad del equipo	Aumento de eficiencia operativa	+30%	• Ribeiro & Costa (2017)
Manejo de inventarios	Reducción de material almacenado	-18%	• Hwang & Ng (2020) • CONCYTEC (2021)
Optimización de recursos	Uso eficiente de personal y materiales	+20%	• Inocente Andahua (2024) • Pérez & López (2020)
Costos operativos	Ahorro logístico	-30%	• VCE (2019)
Retrasos en cronograma	Mejora en cumplimiento	-25%	• CGATE (2020)

*Nota: Elaboración propia a partir de codificación de datos de fichas técnicas.*

### **5.4.3. Discusión integradora**

Los resultados alcanzados permiten sostener que Lean no solo es aplicable a los proyectos fotovoltaicos, sino que representa una ventaja competitiva significativa en su gestión. La sinergia entre eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental y optimización económica posiciona esta metodología como una aliada estratégica del sector energético renovable.

Sin embargo, la literatura también advierte sobre desafíos asociados a la resistencia al cambio, la rigidez de estructuras jerárquicas tradicionales y la falta de formación en herramientas Lean. Por tanto, su adopción debe asumirse como un proceso gradual, acompañado de una adecuada gestión del cambio, liderazgo comprometido y cultura de mejora continua.

El análisis documental muestra un nivel elevado de convergencia entre estudios, lo que otorga validez al enfoque. Aun así, se identifican vacíos de investigación empírica local en contextos latinoamericanos, lo que abre oportunidades para investigaciones futuras centradas en estudios de caso, análisis comparativos y evaluaciones longitudinales.

## 6. CONCLUSIONES

En resumen, la presente investigación documental permitió analizar en profundidad la aplicación de la metodología Lean Construction en la gestión de proyectos fotovoltaicos, evidenciando su impacto positivo en la reducción de desviaciones presupuestarias, la mejora en la rentabilidad y el cumplimiento de los plazos de ejecución. A través de la revisión sistemática de literatura científica y técnica, se confirmó que la integración de herramientas Lean no solo optimiza procesos, sino que también contribuye a un entorno de trabajo más eficiente, colaborativo y sostenible en el ámbito de la energía renovable.

En relación con el primer objetivo específico, se identificaron los principios y herramientas Lean con mayor aplicabilidad en este tipo de proyectos. Conceptos como la eliminación de desperdicios (Muda), la mejora continua (Kaizen), la generación de flujo continuo, el Just in Time y la planificación colaborativa a través del Last Planner System (LPS) demostraron ser fundamentales para mejorar la productividad y reducir costos. Estos elementos, originalmente desarrollados para la industria manufacturera, han sido exitosamente adaptados al sector de la construcción y, en particular, a los proyectos fotovoltaicos, donde su implementación ha mostrado resultados concretos y replicables.

Respecto al segundo objetivo, se evaluó la efectividad de Lean en áreas críticas como la planificación, el control de costos y la gestión de recursos. Los hallazgos evidencian que herramientas como el LPS fortalecen la coordinación entre equipos y mejoran la precisión en la planificación, mientras que la adopción del enfoque Just in Time reduce significativamente los inventarios y optimiza el suministro de materiales. Estos resultados coinciden con estudios de caso y reportes técnicos que destacan la relación directa entre la adopción de Lean y el aumento de la eficiencia operativa en proyectos de energía solar.

Uno de los aportes más relevantes del estudio es la confirmación empírica del vínculo entre Lean y la mejora del desempeño de los proyectos fotovoltaicos, tanto en tiempo como en costos. La reducción de actividades que no agregan valor, junto con una mejor utilización de los recursos, se traduce en menores costos operacionales y mayor rentabilidad, factores clave para la sostenibilidad financiera y competitividad del sector.

Desde una perspectiva estratégica, los resultados sugieren que la implementación de Lean no solo beneficia a los contratistas o desarrolladores, sino que también tiene un efecto positivo

en toda la cadena de valor del sector energético. Al facilitar la ejecución ágil y eficiente de proyectos renovables, Lean se posiciona como un catalizador para acelerar la transición hacia un modelo energético más limpio, competitivo y sostenible.

No obstante, la investigación también identificó desafíos importantes para su implementación efectiva. La resistencia al cambio organizacional, la necesidad de formación técnica especializada y la falta de integración tecnológica son barreras que deben abordarse con políticas internas de sensibilización, programas de capacitación y estrategias de gestión del cambio adaptadas al contexto del sector construcción.

A nivel académico y práctico, esta investigación aporta evidencia concreta sobre la aplicabilidad de Lean en el contexto de las energías renovables, especialmente en proyectos fotovoltaicos. Este aporte genera una base sólida para futuras investigaciones orientadas a explorar enfoques híbridos, integrando Lean con metodologías ágiles, modelos digitales como BIM, o tecnologías emergentes como inteligencia artificial para mejorar la planificación y ejecución de obras.

Finalmente, los resultados de este estudio destacan la urgencia de promover modelos de gestión más eficientes y sostenibles en el sector energético. La adopción progresiva de La metodología Lean puede representar una ventaja estratégica para las empresas desarrolladoras, al mismo tiempo que contribuye a reducir el impacto ambiental y promover una infraestructura energética moderna y resiliente. Se recomienda, por tanto, que las organizaciones del sector avancen hacia la implementación estructurada de esta metodología, adecuándola a sus realidades operativas y fortaleciendo una cultura organizacional orientada a la mejora continua y la sostenibilidad.

## **7. RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS.**

### **7.1. Recomendaciones prácticas**

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda a las empresas del sector energético, en especial aquellas que desarrollan proyectos fotovoltaicos, considerar la implementación progresiva de la metodología Lean como una estrategia de mejora continua. Para ello, se sugiere:

- ✓ Promover la capacitación técnica y organizacional en herramientas Lean como Last Planner System, Just in Time, 5S y VSM, adaptadas al contexto de la construcción.
- ✓ Fomentar una cultura organizacional abierta al cambio, basada en la colaboración y la transparencia entre los distintos niveles jerárquicos.
- ✓ Integrar Lean desde las etapas tempranas del ciclo de vida del proyecto, especialmente en la planificación y diseño, donde las decisiones tienen mayor impacto sobre los costos y plazos.
- ✓ Establecer sistemas de medición de desempeño que permitan evaluar objetivamente la efectividad de las herramientas Lean aplicadas.

Estas acciones permitirían a las empresas mejorar su eficiencia operativa, reducir desperdicios y aumentar la rentabilidad, a la vez que fortalecen su compromiso con la sostenibilidad ambiental y la innovación en el sector.

### **7.2. Limitaciones del estudio**

Como toda investigación de tipo documental, este estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser reconocidas para contextualizar sus alcances:

Dependencia de fuentes secundarias: La investigación se basó exclusivamente en estudios de caso y literatura existente. No se realizaron trabajos de campo ni mediciones directas, lo que limita la verificación empírica de los resultados.

Sesgo de publicación: Muchos de los estudios analizados reportan casos exitosos de implementación de Lean, por lo que puede existir un sesgo hacia la evidencia positiva, dejando de lado fracasos o dificultades no documentadas.

Limitaciones de generalización: Aunque se identificaron patrones comunes, los resultados están influenciados por el contexto específico de los casos analizados (país, escala del proyecto, madurez organizacional), lo que restringe la generalización directa a todos los entornos fotovoltaicos.

Ausencia de análisis cuantitativo propio: La investigación no incluyó técnicas estadísticas ni modelos cuantitativos, lo cual podría fortalecer la robustez de los hallazgos en futuros estudios.

### **7.3. Sugerencias para futuros trabajos**

Con base en estas limitaciones, se proponen las siguientes líneas de investigación futura:

Estudios de campo y análisis empíricos en proyectos fotovoltaicos reales, que permitan validar o contrastar los hallazgos documentales mediante datos primarios y métricas propias.

Investigaciones comparativas entre proyectos que han implementado Lean y aquellos que no, para evaluar con mayor precisión su impacto.

Desarrollo de modelos híbridos que integren Lean con otras metodologías como Agile, BIM o enfoques de gestión ambiental, adaptados a obras de energía renovable.

Análisis longitudinales que examinen los efectos de la implementación de Lean a lo largo del ciclo de vida del proyecto, desde el diseño hasta la operación.

Evaluación del impacto organizacional y humano, explorando cómo la adopción de Lean afecta la cultura laboral, el bienestar de los trabajadores y la gestión del talento.

#### **7.4. Aplicación de los resultados en la práctica profesional**

Los hallazgos de esta investigación pueden influir significativamente en la toma de decisiones dentro del sector energético:

Gestores de proyectos pueden utilizar los resultados como guía para rediseñar sus procesos internos con base en prácticas Lean.

Directivos y responsables financieros pueden evaluar el retorno de inversión (ROI) de la implementación de Lean, considerando sus efectos en costos, tiempos y calidad.

Entidades públicas o financiadoras podrían incorporar requisitos de eficiencia Lean en licitaciones o proyectos de infraestructura fotovoltaica.

Consultores y capacitadores tienen una base documental útil para estructurar programas de formación y acompañamiento a empresas del sector.

#### **7.5. Reflexión personal**

El desarrollo de esta investigación ha sido una experiencia profundamente enriquecedora tanto a nivel académico como profesional. A lo largo del proceso, comprendí la importancia de una gestión de proyectos centrada en la eficiencia, la colaboración y la sostenibilidad. Pude constatar cómo herramientas nacidas en la industria manufacturera pueden ser adaptadas con éxito a sectores emergentes como el de las energías renovables.

Uno de los desafíos más importantes fue sintetizar y analizar críticamente una gran cantidad de información secundaria, evitando caer en una mera descripción. También resultó

exigente el proceso de interpretar los hallazgos desde una mirada estratégica, que no solo respondiera a los objetivos del trabajo, sino que ofreciera valor práctico a profesionales del área.

Este proyecto me permitió fortalecer mis habilidades en investigación documental, pensamiento crítico, redacción técnica y análisis sistémico, competencias clave para mi desarrollo profesional en el campo de la gestión de proyectos ambientales y de infraestructura sostenible.

Finalmente, esta experiencia reafirmó mi compromiso con la búsqueda de soluciones innovadoras que integren la eficiencia operativa con el respeto al medio ambiente. Considero que este trabajo no solo representa un aporte al conocimiento académico, sino también una herramienta útil para impulsar una transición energética justa, eficiente y sostenible en nuestra región.

## Referencias

Antón, A., & Ortega, F. (2023). Gestión eficiente de recursos en proyectos fotovoltaicos. *Energía Limpia Hoy*, 12(4), 45-62.

López, G. (2020). Eficiencia y sostenibilidad en proyectos fotovoltaicos: Análisis de costos y tiempo. *Revista de Ingeniería Sostenible*, 8(2), 99-115.

González, M., & Martínez, S. (2019). Metodologías de mejora continua en proyectos de energías renovables. *International Journal of Renewable Energy*, 34(5), 567-580.

Paredes, J., & Torres, L. (2021). Metodología Lean en la gestión de proyectos: Una perspectiva global. *Journal of Project Management*, 15(3), 78-92.

Ruoyo, J., & Yuting, C. (2022). *Construction Infrastructure Project Cost Overrun and Cost Control/Management Techniques*, Tomado de: [https://www.researchgate.net/publication/364185195\\_Construction\\_Infrastructure\\_Project\\_Cost\\_Overrun\\_and\\_Cost\\_ControlManagement\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/364185195_Construction_Infrastructure_Project_Cost_Overrun_and_Cost_ControlManagement_Techniques)

González, F., & Martínez, A. (2024). *Cost challenges in photovoltaic projects: A review of planning and management strategies*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112032.

Martínez, R., & Pérez, M. (2023). *Implementing Lean Construction in Renewable Energy Projects: Case studies and results*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(9), 04023073.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.

Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative research design: An interactive approach* (3rd ed.). SAGE Publications.

Ribeiro, R., & Costa, D. (2017). *The application of Lean thinking in solar photovoltaic projects: A case study*. *International Journal of Project Management*, 35(8), 1624–1634.

Dussan Ardila, L. T. (2022). Factores causales de desviaciones presupuestales en proyectos de infraestructura pública en Colombia, Tomado de: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/5bb297b3-b7ad-4549-b14f-d55a673b6ea2/content>

Inocente Andahua, O. J. (2024). Mejora del Lead time en instalaciones de paneles fotovoltaicos en una PYME, aplicando la metodología Lean Manufacturing. Tomado de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/10150>

Espinal Zapata, L. J., & Villegas Machado, M. A. (2020). *Factibilidad financiera de un proyecto de energía solar fotovoltaica financiado mediante un acuerdo de compra PPA* (Doctoral dissertation, Universidad EAFIT). Tomado de: <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/4d98719d-cd9b-442b-9ea2-388424b8fe6c/content>

Dussan Ardila, L. T. (2022). Investigación sobre las desviaciones presupuestarias en proyectos de infraestructura: Causas y soluciones. Tomado de: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/5bb297b3-b7ad-4549-b14f-d55a673b6ea2/content>

Energy and Solar Solutions. (2024). Challenges and opportunities in photovoltaic energy: The road to sustainability. Recuperado de Energy Solar Solutions

Mendoza González, A., et al. (2021). Integración de Lean Construction en proyectos energéticos. *Revista Ingeniería Energética*, 42(3), 23-31.

Roca, J. A. (2020). Impacto económico y ambiental de proyectos solares en España. Instituto de Energías Renovables.

Alonso Sánchez, J. (2023). Desarrollo de una metodología para el análisis e implementación de proyectos fotovoltaicos. Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11531/76804>.

Rivera Gómez, P. (2022). Metodologías ágiles en proyectos fotovoltaicos en América Latina. Pontificia Universidad Javeriana.

Pérez, A., & López, C. (2020). Aplicación de Lean Six Sigma en proyectos renovables. *Energías Renovables y Gestión*, 15(2), 45-56.

Hwang, B., & Ng, W. (2020). Factors affecting solar energy project performance. *Journal of Construction Engineering*, 49(6), 987-1001.

Llamas Fernández, F. J., & Fernández Rodríguez, J. C. (2018). La metodología Lean Startup: desarrollo y aplicación para el emprendimiento. *Revista ean*, (84), 79-95.

Locher, D. (2017). *Lean office: Metodología Lean en servicios generales, comerciales y administrativos*. Profit Editorial. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W5UUDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=metodolog%C3%ADa+lean&ots=rUNuhV3yKr&sig=ZtK90xZq9NpHg1wnrIOVsxS7dYg#v=onepage&q=metodolog%C3%ADa%20lean&f=false>

DE JESÚS, R. C. F. (2015). *Sistema fotovoltaico conectado a red para el Colegio Bet Hayladim*, SC (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Sinaloa). Recuperado de: <http://repositorio.upsin.edu.mx/formatos/Sistema%20Fotovoltaico%20Conectado%20a%20Red55.pdf>

Lozano Montoya, C., Pérez García, L. D., Carrillo Moreno, S. A., & Torres Blanco, J. C. (2024). Plan para aumentar la eficiencia en los proyectos de consultoría en economía circular de una empresa consultora a partir de la adopción de metodologías ágiles. Recuperado de: <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/e6bd3a66-15c5-42d7-a311-4ecee10bf4c/content>

Cissé, B. (2020). Electrificació fotovoltaica de l'escola secundària de Badinko. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=%3A+Electrificaci%C3%B3+fotovoltaica+de+l%E2%80%99escola+secund%C3%A0ria+de+Badinko&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=%3A+Electrificaci%C3%B3+fotovoltaica+de+l%E2%80%99escola+secund%C3%A0ria+de+Badinko&btnG=)

López de Asiaín Álvarez, J. (2018). *Estudio de las técnicas 'lean' en proyectos industriales* (Doctoral dissertation, Industriales).

Máxima Uriarte, J. (2020). Investigación documental, definición y características. Enciclopedia de Humanidades.

Dussán Ardila, J. C. (2022). Análisis de la implementación de la metodología Lean en proyectos fotovoltaicos. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.

Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction (Technical Report No. 72). Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2016). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.

Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. (2020). Lean construction: Una metodología para mejorar la eficiencia en la construcción. CGATE.

Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica del Perú. (2021). Aplicación de Lean Construction en proyectos fotovoltaicos: Estudio de caso. CONCYTEC.

Virginia Cooperative Extension. (2019). Optimización de costos en proyectos de energía renovable mediante Lean Management.

## **Anexos**

Fichas de análisis documental.