

**Estudio de viabilidad de la implementación de luminarias mediante sistemas eléctricos
solares fotovoltaicos en zonas comunes de nuevas unidades residenciales de la ciudad de
Medellín**

Edrian Alfonso Fonseca Tapias

Asesor

Edward Fernando Toro Perea

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Maestría en Gerencia de Proyectos

2025

Resumen

La investigación se enfoca en la viabilidad de transición a luminarias con sistemas eléctricos solares fotovoltaicos en áreas comunes de unidades residenciales en Medellín. La problemática identificada abarca la necesidad de soluciones energéticas sostenibles, eficientes y rentables. El objetivo principal es determinar un estudio de prefactibilidad para la implementación de estas luminarias, identificando características socioeconómicas, limitaciones y oportunidades mediante CANVAS, y evaluando la factibilidad con una matriz DOFA y análisis financiero. Los resultados esperados buscan establecer la rentabilidad y viabilidad de la implementación, ofreciendo una alternativa que podría contribuir positivamente al medio ambiente y la economía local. Como conclusión se señala que este estudio puede definirse como un aporte fundamental para las políticas energéticas y de construcción en la ciudad, apoyando la transición hacia una infraestructura más sostenible y eficiente.

Palabras clave: Energía, Implementación, Iluminación, Sostenibilidad, Viabilidad

Abstract

The research focuses on the feasibility of transitioning to solar photovoltaic electric lighting systems in common areas of residential units in Medellín. The identified problem encompasses the need for sustainable, efficient, and cost-effective energy solutions. The main objective is to determine a pre-feasibility study for the implementation of these luminaires, identifying socioeconomic characteristics, limitations, and opportunities through CANVAS, and evaluating the feasibility with a SWOT matrix and financial analysis. The expected results seek to establish the profitability and feasibility of the implementation, offering an alternative that could contribute positively to the environment and the local economy. In conclusion, this study can be defined as a fundamental contribution to energy and construction policies in the city, supporting the transition towards a more sustainable and efficient infrastructure.

Keywords: Energy, Implementation, Lighting, Sustainability, Viability

Tabla de Contenido

Introducción.....	10
Planteamiento del Problema	13
Justificación	17
Objetivos.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos	19
Marco Referencial	20
Marco Conceptual.....	20
Modelo CANVAS.....	20
Matriz DOFA (o FODA, SWOT en inglés)	20
Estudio de Preinversión	20
Estudio de Mercado	21
Estudio Técnico	21
Estudio Ambiental	21
Estudio Organizacional.....	21
Estudio Legal.....	22
Estructura Financiera	22
Estudio Financiero y Económico	22
Marco Teórico.....	23
Estado del Arte	28
Evolución y Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica.....	28
Gerencia de Proyecto en la Implementación de Sistemas Fotovoltaicos.....	30

Análisis del Sector de Energía Renovable	33
Impacto Ambiental y Sostenibilidad.....	36
Desafíos y Oportunidades en la Implementación de Luminarias Solares en Medellín	38
El Futuro de las Energías Renovables en el Contexto Urbano	40
Marco legal	44
Factores Económicos	46
Metodología.....	49
Procedimiento del Proyecto	49
Análisis CANVAS	52
Resultados - Análisis de Perfil del Negocio de la Energía Solar	53
Síntesis del Análisis de la Idea de Negocio	54
Análisis DOFA de la Idea de Negocio	59
Análisis de Resultados para Determinación de la Factibilidad	67
Estudio de Mercado	67
Punto de Equilibrio (Break-Even Point).....	85
Política de Compras, Proveedores y Clientes	87
Estudio Técnico	94
Estudio Organizacional.....	101
Organigrama	102
Identificación de la Organización	103
Estudio Ambiental.....	111
Impacto ambiental y Social	114
Análisis de la Huella de Carbono	119

Plan de Gestión Ambiental y Social	121
Evaluación de la Sostenibilidad a Largo Plazo	124
Evaluación de Factibilidad para Determinar la Viabilidad.....	136
Estudio Económico y Financiero	137
Costos base variable de inversión	144
Capital de Trabajo para Inversión	146
Análisis de Presupuesto de Ingresos	148
Análisis de Presupuesto de Materiales e Insumos	150
Análisis de Presupuesto de Nomina.....	151
Análisis de Flujo de Efectivo.....	153
Valor Presente Neto (VPN).....	154
Tasa Interna de Retorno (TIR)	155
Análisis Financiero	157
Estimación de la Vida Útil del Proyecto.....	177
Incentivos y Subsidios Gubernamentales	179
Análisis de Riesgos y Escenarios	180
Conclusiones.....	183
Referencias bibliográficas	185

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Investigaciones del Estado del Arte</i>	42
Tabla 2 <i>Marco Normativo</i>	45
Tabla 3 <i>DOFA</i>	60
Tabla 4. <i>Estrategias DOFA para el Proyecto de Energía Renovable en Colombia</i>	62
Tabla 5 <i>Proyectos Solares en Colombia desde 2021</i>	69
Tabla 6 <i>Consumo Energético de Iluminación en Unidades Residenciales</i>	70
Tabla 7 <i>Caracterización de Estratos Socioeconómicos</i>	74
Tabla 8 <i>Cantidad de Población</i>	76
Tabla 9 <i>Análisis de Precios</i>	81
Tabla 10 <i>Proyección de Ventas Mínima</i>	83
Tabla 11 <i>Proyección de Ventas Total de Productos</i>	85
Tabla 12 <i>Punto de Equilibrio</i>	86
Tabla 13 <i>Matriz de Ubicación del Proyecto de Implementación de luminarias a Base de Energía Solar en la Ciudad de Medellín</i>	95
Tabla 14 <i>Análisis de Crecimiento de la Empresa</i>	97
Tabla 15 <i>Materiales y Equipos</i>	98
Tabla 16 <i>Recurso Técnico</i>	100
Tabla 17 <i>Roles y Funciones</i>	105
Tabla 18 <i>Relación Costos Organizacionales</i>	111
Tabla 19 <i>Impacto Ambiental y Social</i>	114
Tabla 20 <i>Indicadores EIA</i>	118
Tabla 21 <i>Huella Carbono</i>	121

Tabla 22 <i>Relación entre la Vida Útil de un Sistema de Iluminación Solar Fotovoltaica y su Costo-Beneficio</i>	122
Tabla 23 <i>KPI</i>	125
Tabla 24 <i>Normativa para la Instalación y Comercialización de Energía Solar</i>	133
Tabla 25 <i>Inversión Activos Fijos</i>	145
Tabla 26 <i>Capital de Trabajo</i>	147
Tabla 27 <i>Relación Ingresos</i>	149
Tabla 28 <i>Relación Materiales e Insumos</i>	151
Tabla 29 <i>Relación de Nomina</i>	152
Tabla 30 <i>Flujo de Efectivo</i>	153
Tabla 31 <i>VPN</i>	154
Tabla 32 <i>Flujo de Efectivo Acumulado</i>	156
Tabla 33 <i>Amortización Financiamiento 30%</i>	160
Tabla 34 <i>Amortización Financiamiento 50%</i>	164
Tabla 35 <i>Amortización Financiamiento 70%</i>	168
Tabla 36 <i>Amortización Financiamiento 100%</i>	172
Tabla 37 <i>Proyección IPC 20 años</i>	178
Tabla 38 <i>Análisis de Riesgo</i>	181

Índice de Figuras

<i>Figura 1</i> Modelo CANVAS.....	58
<i>Figura 2</i> Análisis de hábitos de Consumo Residencial de Iluminación.....	71
<i>Figura 3</i> Desafíos y Barreras para la Implementación de Energía Solar.....	72
<i>Figura 4</i> Inestabilidad de Suministro	72
<i>Figura 5</i> Punto de Equilibrio.....	87
<i>Figura 6</i> Organigrama	102

Introducción

La iluminación pública desempeña un papel crucial en la vida urbana, no solo facilitando la movilidad y seguridad durante la noche, sino también impactando significativamente en la economía y el bienestar social de las ciudades. Durante el día, la luz natural permite al ser humano llevar a cabo sus actividades sin mayores dificultades visuales. Sin embargo, cuando cae la noche, surge la necesidad de recurrir a fuentes de iluminación artificial para asegurar la visibilidad y seguridad en los espacios públicos (Ladino, 2011). Esta necesidad ha impulsado el desarrollo de sistemas de alumbrado público, los cuales consisten en un conjunto de medios de iluminación instalados en áreas públicas como calles, plazas y monumentos, tanto dentro como fuera de las ciudades.

El alumbrado público no solo contribuye a la seguridad y comodidad de los habitantes, sino que también es un factor clave en la configuración de la identidad visual de las ciudades durante la noche. Las luces de calles, edificios y monumentos transforman los paisajes urbanos, creando un ambiente estéticamente atractivo que fomenta el turismo y la economía local. Sin embargo, esta iluminación extensiva tiene un costo energético significativo, representando aproximadamente el 19% de la electricidad consumida globalmente (Valdiviezo, 2021). A medida que la demanda de energía sigue en aumento debido al crecimiento poblacional, la necesidad de encontrar fuentes de energía sostenibles y eficientes se vuelve cada vez más urgente.

En el contexto actual, la energía solar se presenta como una solución viable y sostenible para alimentar los sistemas de alumbrado público. Esta fuente de energía es limpia, abundante y segura, lo que permite reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir las emisiones de carbono, contribuyendo de manera significativa a

mitigar el cambio climático (Castañeda et al., 2019). La incorporación de tecnologías fotovoltaicas en la iluminación de espacios públicos no solo incrementa la eficiencia energética, sino que también reduce los costos operativos a largo plazo, a pesar de que la inversión inicial en dichos sistemas pueda resultar más elevada en comparación con las fuentes de energía convencionales.

El cambio hacia sistemas de iluminación basados en energía solar también requiere una planificación meticulosa y un análisis riguroso de viabilidad. Es crucial realizar un dimensionamiento adecuado de los componentes fotovoltaicos para asegurar la fiabilidad del sistema y evitar problemas como el sobredimensionamiento, que puede llevar a costos innecesariamente altos, o el subdimensionamiento, que podría resultar en déficits energéticos (Acosta, 2018). En este sentido, las tecnologías LED han jugado un papel fundamental en la modernización del alumbrado público, ofreciendo una alternativa más eficiente y duradera en comparación con las lámparas de sodio de alta presión.

Con el objetivo de integrar aún más las energías renovables en los sistemas urbanos, ciudades de todo el mundo están explorando el uso de tecnologías híbridas que combinan energía solar y eólica para alimentar sus sistemas de alumbrado público. Esta transición no solo representa un avance hacia la autosuficiencia energética, sino también una oportunidad para reducir los impactos ambientales negativos asociados con el uso de fuentes de energía no renovables. Ejemplos de estas iniciativas incluyen la instalación de postes de luz equipados con paneles solares, que permiten aprovechar al máximo los recursos energéticos disponibles localmente (Sandoval, 2013).

En Medellín, la transición hacia luminarias basadas en sistemas eléctricos solares fotovoltaicos en zonas comunes de unidades residenciales se articula en torno a tres pilares

fundamentales: la gestión de proyectos, la economía y el impacto ambiental. Este cambio no solo tiene el potencial de reducir los costos energéticos y mejorar la sostenibilidad, sino que también puede impulsar la economía local mediante la creación de empleos y el fomento de la innovación en el sector de las energías renovables. Además, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, este proyecto contribuye directamente a los esfuerzos globales para mitigar los efectos del cambio climático y proteger la biodiversidad.

Planteamiento del Problema

Durante el día, la luz del sol proporciona una fuente natural que permite al ser humano realizar sus actividades habituales sin dificultades para ver y distinguir objetos, obstáculos, peligros y caminos. Sin embargo, al llegar la oscuridad de la noche, surge la necesidad de buscar soluciones que mejoren la percepción visual, asegurando tanto comodidad como seguridad (Ladino, 2011). Por esta razón, se ha recurrido a la iluminación como un recurso esencial, tanto en el interior de los hogares como en los espacios exteriores. El alumbrado exterior, comúnmente denominado alumbrado público, consiste en un conjunto de sistemas de iluminación instalados en los espacios públicos, tanto dentro como fuera de las ciudades, frecuentemente ubicados a lo largo de las vías y en las plazas públicas.

En promedio, el alumbrado público representa aproximadamente el 19% del total de electricidad consumida en una ciudad, lo que lo convierte en uno de los mayores gastos operativos para las administraciones municipales (Valdiviezo Supo, 2021). En términos monetarios, el costo anual por luminaria puede oscilar entre \$70 y \$300, dependiendo de si se utilizan tecnologías más tradicionales como las lámparas de sodio de alta presión o tecnologías más modernas y eficientes como las luces LED.

Por ejemplo, en un municipio con 10,000 luminarias, el costo anual podría variar entre \$700,000 y \$3,000,000 solo en operación y mantenimiento. Estos costos incluyen no solo el consumo energético, sino también el mantenimiento rutinario, como la limpieza, reparación y reemplazo de componentes. Además, los sistemas que emplean energía de la red convencional tienen mayores costos recurrentes debido a la dependencia de las tarifas eléctricas, las cuales pueden fluctuar con el tiempo.

La implementación de sistemas de alumbrado público alimentados por energías renovables, como paneles solares, puede reducir significativamente estos costos a largo plazo. Aunque la instalación inicial de un poste de luz solar puede costar entre \$1,500 y \$5,000 por unidad, dependiendo de la capacidad y las características, los ahorros generados en consumo eléctrico y mantenimiento permiten amortizar esta inversión en un periodo de 5 a 10 años.

El alumbrado de los lugares públicos, las vías de circulación, los monumentos y los sitios de las ciudades y el campo se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los distribuidores de electricidad y de las autoridades administrativas y políticas (representa el 19% de toda la electricidad consumida). El alumbrado público desempeña un papel muy importante en las ciudades, tanto económica como socialmente (Valdiviezo Supo, 2021).

La energía es un factor esencial para el desarrollo social y económico de cualquier país. A medida que la población mundial crece a un ritmo cada vez mayor, aumenta la demanda de energía y recursos. El rápido agotamiento y la volatilidad de los precios de los recursos de combustibles fósiles en todo el mundo han hecho necesaria la búsqueda urgente de fuentes de energía alternativas para satisfacer la demanda actual (el mundo necesitará duplicar la capacidad energética instalada en los próximos 40 años), minimizando al mismo tiempo los impactos ambientales negativos. La energía solar es una fuente limpia, gratuita, disponible, ecológica y segura (Castañeda et al., 2019). La mejor manera de aprovechar la energía del sol es la tecnología fotovoltaica.

Su precio sigue siendo elevado en comparación con las fuentes de energía convencionales. Sin embargo, hay muchas aplicaciones en las que el bajo coste de

funcionamiento y mantenimiento del sistema fotovoltaico compensa el bajo coste inicial del generador y hace que la fotovoltaica sea la más rentable a largo plazo. Antes de cualquier instalación de un sistema fotovoltaico es necesario realizar cálculos para el dimensionamiento de los principales componentes del sistema. El dimensionamiento es esencial para garantizar la fiabilidad del sistema. Los errores de dimensionamiento tienen dos consecuencias: un precio elevado (en el caso del sobredimensionamiento) y un déficit energético (Acosta, 2018).

En síntesis, la iluminación artificial, especialmente en las áreas urbanas, no solo proporciona seguridad y comodidad, sino que también mejora la estética de las ciudades por la noche. Las luces brillantes y coloridas transforman monumentos, edificios y calles, creando paisajes urbanos visualmente atractivos que realzan la identidad y el carácter de cada ciudad (Castañeda et al., 2019). Esta transformación nocturna contribuye al turismo y a la economía local, ya que las áreas bien iluminadas suelen ser puntos de encuentro y recreación para residentes y visitantes.

El diseño y la implementación del alumbrado público han evolucionado significativamente con los avances tecnológicos. La transición de las lámparas de sodio de alta presión a las LED ha permitido una mayor eficiencia energética y una mejor calidad de luz. Las luces LED no solo consumen menos energía, sino que también tienen una vida útil más larga, lo que reduce los costos de mantenimiento y reemplazo. Además, la tecnología LED ofrece mayor flexibilidad en términos de control y ajuste de la intensidad lumínica, lo que es beneficioso tanto para la gestión energética como para minimizar la contaminación lumínica (Melendez et al., 2017).

Con el creciente enfoque en la sostenibilidad, las ciudades están explorando formas de integrar energías renovables en sus sistemas de alumbrado público. La energía eólica y la energía solar se están convirtiendo en opciones cada vez más populares para alimentar las luces de las calles. Estas fuentes de energía renovable no solo reducen la dependencia de los combustibles fósiles, sino que también disminuyen las emisiones de carbono, lo que es crucial en la lucha contra el cambio climático. Algunas ciudades han comenzado a instalar postes de luz con paneles solares incorporados, lo que demuestra un esfuerzo por lograr una mayor autosuficiencia energética (Sandoval, 2013).

Justificación

La justificación de la transición a luminarias mediante sistemas eléctricos solares fotovoltaicos en zonas comunes de unidades residenciales en Medellín se articula en torno a tres pilares principales: gerencia de proyecto, economía e impacto ambiental.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyecto, la implementación de esta transición requiere una planificación, gestión meticulosa y eficiente. Coordinar los recursos, asegurar la calidad y cumplir con los plazos son esenciales para alcanzar los objetivos. Esta gerencia eficaz actúa como un puente hacia los beneficios económicos del proyecto, creando una conexión directa con el siguiente punto de justificación.

En cuanto a la economía, la transición hacia la energía solar fotovoltaica en áreas residenciales puede reducir la dependencia de fuentes no renovables, disminuyendo los costos energéticos a largo plazo. Esta inversión también tiene el potencial de impulsar la economía local, creando empleo y promoviendo la innovación. La consecuencia económica positiva de este proyecto se entrelaza con el tercer pilar, que es el impacto ambiental.

El impacto ambiental de este proyecto es de vital importancia. La energía solar es una fuente limpia que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella de carbono. La implementación de esta tecnología es una respuesta directa a los crecientes desafíos medioambientales, contribuyendo a la protección de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático.

En síntesis, la justificación de este proyecto se basa en la necesidad apremiante de ofrecer una solución práctica, rentable y sostenible para la iluminación en zonas residenciales. Se realiza para fomentar la sostenibilidad, impulsar la economía local y responder a los desafíos medioambientales. La falta de implementación de esta transición

podría resultar en la continuación de la dependencia de fuentes de energía no renovables, mayores costos a largo plazo y daños continuos al medio ambiente. La conexión entre la gerencia, la economía y el impacto ambiental define la importancia y la urgencia de este proyecto, representando una oportunidad significativa para la ciudad de Medellín en su camino hacia un futuro más sostenible y próspero.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la rentabilidad de empresas del sector eléctrico renovable en la ciudad de Medellín mediante un análisis integral de sus propuestas de negocio y proyectos.

Objetivos Específicos

Reconocer el perfil de la idea de negocio de luminarias a base de energía solar fotovoltaica en zonas comunes de unidades residenciales en Medellín.

Determinar la factibilidad de la idea de negocio de luminarias a base de energía solar fotovoltaica en zonas comunes de unidades residenciales.

Analizar la viabilidad del proyecto de luminarias solares fotovoltaicas en términos de sostenibilidad, impacto social y retorno financiero.

Marco Referencial

Marco Conceptual

El análisis de viabilidad para la implementación de luminarias basadas en sistemas eléctricos solares fotovoltaicos en zonas comunes de unidades residenciales en Medellín requiere la comprensión de diversos conceptos clave asociados a la elaboración de un estudio de preinversión integral. A continuación, se describen dichos conceptos.

Modelo CANVAS

Es una herramienta propuesta por Alexander Osterwalder que permite diseñar modelos de negocio de manera sencilla y comprensible. La herramienta es versátil y se puede aplicar en diversos contextos empresariales, independientemente del tamaño de la empresa o su estrategia de negocio (Osterwalder, 2011).

Matriz DOFA (o FODA, SWOT en inglés)

Es una matriz analítica que identifica las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas de un negocio o proyecto. Es esencial para definir la estrategia y dirección de una propuesta y es particularmente útil para la toma de decisiones (Chapman, 2004).

Estudio de Preinversión

El estudio de preinversión consiste en un conjunto de análisis interdisciplinarios diseñados para evaluar la viabilidad de un proyecto antes de destinar recursos económicos. Este proceso se divide en tres etapas principales: perfil, prefactibilidad y factibilidad. Cada etapa profundiza en aspectos técnicos, financieros y legales del proyecto, proporcionando una base sólida para decidir sobre su ejecución (Brealey, Myers, & Allen, 2017).

Estudio de Mercado

El estudio de mercado analiza las condiciones del entorno donde se desarrollará el proyecto, incluyendo la oferta y la demanda, las estrategias de precios, los canales de distribución y las actividades promocionales. Este análisis es crucial para determinar la viabilidad comercial y la rentabilidad potencial del proyecto (Orjuela, 2002). Además, permite identificar oportunidades y riesgos asociados con el mercado objetivo.

Estudio Técnico

El estudio técnico define las especificaciones necesarias para llevar a cabo un proyecto, como el tamaño óptimo, la localización ideal, los equipos requeridos y los procesos de operación. Este análisis es esencial para calcular los costos de inversión y operación, así como el capital de trabajo necesario para garantizar la sostenibilidad del proyecto (García, Sepúlveda, & Ferreira, 2018).

Estudio Ambiental

Analiza los impactos ambientales asociados a un proyecto, determinando las medidas necesarias para mitigar, reparar o compensar dichos efectos. Este proceso resulta fundamental para asegurar la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental del proyecto (GRN, 2021).

Estudio Organizacional

El estudio organizacional evalúa la capacidad operativa de la organización para llevar a cabo el proyecto, considerando factores humanos, tecnológicos y logísticos. También aborda las relaciones con los *stakeholders* y el cumplimiento de principios administrativos clave para garantizar la viabilidad operativa del proyecto (Armstrong, 2016).

Estudio Legal

El estudio legal analiza las normativas y regulaciones aplicables al proyecto para asegurar su cumplimiento. Esto incluye aspectos como la elección del tipo de sociedad, los contratos laborales, la legislación ambiental y las obligaciones tributarias (Congreso de la República de Colombia, 2014). Este análisis es fundamental para prevenir problemas legales durante la implementación y operación del proyecto.

Estructura Financiera

La estructura financiera describe la combinación de recursos propios y externos que se utilizarán para financiar el proyecto. Este análisis incluye la identificación de fuentes de financiamiento, plazos de retorno y estrategias para minimizar el riesgo financiero (Jiménez, 2011).

Estudio Financiero y Económico

El estudio financiero y económico cuantifica los costos de operación y la rentabilidad esperada del proyecto. Utiliza herramientas como el flujo de caja, el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) para determinar si la inversión es viable y rentable a largo plazo (Renewable Energy World, 2023). Este análisis es crucial para justificar la ejecución del proyecto y atraer posibles inversores.

En el contexto del proyecto de luminarias solares para Medellín, cada uno de estos conceptos será adaptado para abordar las necesidades específicas y garantizar una implementación exitosa. La integración de estas herramientas permitirá evaluar la viabilidad técnica, financiera y ambiental del proyecto, asegurando su sostenibilidad y contribuyendo al desarrollo urbano y económico de la región.

Marco Teórico

El Modelo Canvas, desarrollado por Osterwalder y Pigneur (2010), proporciona una estructura versátil para diseñar y analizar modelos de negocio. Su diseño permite sintetizar elementos esenciales como segmentos de clientes, propuesta de valor, canales de distribución y estructura de costos en un solo esquema visual. Este enfoque ha sido utilizado ampliamente en diversos sectores debido a su capacidad para fomentar la colaboración y facilitar la toma de decisiones estratégicas. La implementación del Modelo Canvas en proyectos de luminarias solares fotovoltaicas en Medellín es relevante porque permite visualizar de manera integral cómo estos sistemas pueden responder a las necesidades energéticas de la ciudad y las comunidades residenciales. Además, identifica oportunidades para optimizar la propuesta de valor y garantizar que los recursos disponibles se utilicen de manera eficiente (Osterwalder & Pigneur, 2010).

La implementación de sistemas solares fotovoltaicos en zonas residenciales representa una transformación significativa en la forma de abordar el suministro energético en ciudades como Medellín. Según Castañeda et al. (2019), estos sistemas permiten reducir las emisiones de carbono y disminuir la dependencia de fuentes de energía convencionales, que son costosas y tienen un impacto ambiental negativo. La propuesta de valor de estos proyectos radica en ofrecer una fuente de energía renovable y sostenible, mejorando la eficiencia energética y reduciendo costos a largo plazo. Los recursos clave para el éxito del proyecto incluyen paneles solares, especialistas en instalación y herramientas para el monitoreo y mantenimiento. Además, se requiere una estructura organizacional capaz de gestionar alianzas con proveedores, comunidades y entidades gubernamentales que promuevan la adopción de energías limpias (Castañeda et al., 2019).

El análisis estratégico mediante la Matriz DOFA también desempeña un papel central en la planificación de estos proyectos. Esta herramienta, conocida internacionalmente como SWOT, permite identificar fortalezas internas como la disponibilidad de tecnología avanzada y la alta radiación solar en regiones específicas de Colombia, como la Guajira. Según Jacobs et al. (2013), América Latina tiene un potencial significativo para el desarrollo de proyectos renovables debido a sus abundantes recursos naturales. Sin embargo, el análisis también señala debilidades, como los altos costos iniciales de inversión y la falta de conocimiento técnico en algunas comunidades. Por otro lado, las oportunidades incluyen incentivos gubernamentales como los ofrecidos por la Ley 1715 de 2014, que establece beneficios tributarios para proyectos de energías renovables, y las amenazas incluyen fenómenos climáticos y la competencia con fuentes de energía convencionales (Jacobs et al., 2013; Congreso de la República de Colombia, 2014).

El estudio de preinversión, que evalúa la viabilidad de un proyecto antes de destinar recursos significativos, es esencial en el caso de las luminarias solares fotovoltaicas. Horngren et al. (2000) destacan que este tipo de análisis ayuda a identificar las variables críticas que podrían afectar el éxito del proyecto, tales como la demanda proyectada, los costos de implementación y los plazos de retorno de inversión. En Medellín, un entorno urbano con un alto interés en la sostenibilidad, la preinversión permite determinar el impacto potencial de los proyectos no solo en términos financieros, sino también en beneficios sociales y ambientales. Esto incluye la evaluación de cómo estas luminarias pueden mejorar la calidad de vida en áreas comunes, como parques y calles, al garantizar una iluminación constante y segura para los residentes (Horngren et al., 2000).

El estudio técnico, según Castañeda et al. (2019), abarca el análisis de la ingeniería básica del producto, la evaluación de las características específicas de los paneles solares y la estimación de los recursos necesarios para garantizar la funcionalidad del sistema. En el contexto de Medellín, este estudio incluye la selección de ubicaciones óptimas para la instalación de paneles, considerando factores como la orientación solar y la infraestructura existente. Además, los costos asociados, incluyendo la adquisición de materiales, el mantenimiento y la capacitación del personal técnico, son aspectos clave que deben ser considerados para garantizar la viabilidad técnica del proyecto. Este análisis es esencial para identificar posibles obstáculos y proponer soluciones que aseguren el éxito del sistema (Castañeda et al., 2019).

Desde el punto de vista ambiental, los sistemas fotovoltaicos tienen un impacto positivo al reducir la dependencia de combustibles fósiles y minimizar la contaminación. Según Estrada (2018), estos sistemas contribuyen a la sostenibilidad ambiental al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger los recursos naturales. En Medellín, donde la calidad del aire es una preocupación importante, la adopción de energía solar podría tener beneficios significativos para la salud pública y el medio ambiente. Además, los estudios ambientales ayudan a identificar posibles impactos negativos, como la ocupación de suelo y la alteración de ecosistemas locales, permitiendo implementar medidas de mitigación que minimicen estos efectos y refuercen la aceptación social del proyecto (Estrada, 2018).

El estudio organizacional, como señala Armstrong (2016), evalúa la capacidad de una organización para gestionar los recursos humanos, financieros y materiales necesarios para ejecutar un proyecto. En el caso de las luminarias solares en Medellín, este análisis

incluye la creación de estructuras administrativas eficientes, la capacitación de personal técnico y la gestión de relaciones con stakeholders clave, como entidades gubernamentales y comunidades locales. Según Melendez et al. (2017), una gestión organizacional sólida es crucial para coordinar las actividades de instalación, mantenimiento y monitoreo del sistema, asegurando que los objetivos del proyecto se cumplan de manera eficiente (Armstrong, 2016; Melendez et al., 2017).

El marco legal es otro componente fundamental para garantizar la viabilidad de los proyectos solares. Según el Congreso de la República de Colombia (2014), la Ley 1715 fomenta el uso de energías renovables mediante incentivos tributarios y regulaciones específicas que promueven la inversión en tecnologías limpias. En Medellín, el cumplimiento de estas normativas es esencial para evitar retrasos y sanciones legales. Además, el marco regulatorio asegura que los proyectos sean compatibles con las políticas nacionales de sostenibilidad y desarrollo, facilitando su integración en la matriz energética local y promoviendo una transición hacia fuentes renovables (Congreso de la República de Colombia, 2014).

El análisis financiero es crítico para evaluar la rentabilidad de estos proyectos. Gitman (2003) introduce el concepto de Retorno de Inversión (ROI) como una métrica clave para medir la eficacia económica de las luminarias solares. Este indicador, junto con el Valor Presente Neto (VPN) descrito por Brealey et al. (2008), permite proyectar los flujos de efectivo generados por el proyecto y determinar si los beneficios futuros compensarán los costos iniciales. En Medellín, donde las tarifas eléctricas y los incentivos gubernamentales juegan un papel importante, estos análisis financieros ayudan a justificar

la inversión en energía solar y a convencer a potenciales inversores y comunidades sobre la viabilidad del proyecto (Gitman, 2003; Brealey et al., 2008).

Además, el desarrollo de tecnologías solares, como las celdas de perovskita y los avances en nanotecnología, está impulsando la eficiencia y reduciendo los costos de los sistemas fotovoltaicos. Según Estrada (2018), estas innovaciones tienen el potencial de transformar la industria energética al ofrecer soluciones más accesibles y adaptables a diferentes contextos. En Medellín, la integración de estas tecnologías podría maximizar la captación solar y mejorar el rendimiento de los sistemas en condiciones climáticas variables. Este enfoque tecnológico, combinado con políticas de apoyo y un análisis financiero sólido, fortalece la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos de luminarias solares (Estrada, 2018).

Por último, es necesario mencionar que la implementación de luminarias solares en Medellín no solo es una oportunidad para mejorar la eficiencia energética, sino también un paso hacia un desarrollo urbano más sostenible. Según Sandoval Quijano (2013), estos proyectos pueden generar beneficios económicos, sociales y ambientales significativos, desde la reducción de costos energéticos hasta la mejora de la calidad de vida de los residentes. Al integrar herramientas como el Modelo Canvas y la Matriz DOFA con estudios técnicos, ambientales y financieros, se puede garantizar que estos proyectos no solo sean viables, sino también sostenibles y escalables en el tiempo (Sandoval Quijano, 2013).

Estado del Arte

La transición hacia la implementación de sistemas de luminarias mediante energía solar fotovoltaica en zonas comunes de unidades residenciales no es solo un avance tecnológico, sino una necesidad apremiante en la búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes para los problemas energéticos actuales. Este proceso se fundamenta en la convergencia de varios elementos clave: la gerencia de proyectos, la economía, y el impacto ambiental, los cuales son esenciales para la adopción y éxito de esta tecnología en contextos urbanos como el de Medellín.

Evolución y Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica ha evolucionado significativamente desde su invención en el siglo XX, pasando de ser una tecnología costosa y limitada a convertirse en una de las principales fuentes de energía renovable. Inicialmente, su uso se restringía a aplicaciones especializadas, como proyectos espaciales, debido a su alto costo y baja eficiencia. Sin embargo, los avances tecnológicos recientes han mejorado la eficiencia de conversión energética y reducido drásticamente los costos de producción, favoreciendo su adopción masiva en sectores residenciales, industriales y comerciales (Castañeda et al., 2019).

Entre los principales avances tecnológicos destacan las nuevas generaciones de celdas solares, como las de silicio monocristalino, policristalino y película delgada. Estas tecnologías presentan diferentes niveles de eficiencia y costos según su aplicación. Las celdas de silicio monocristalino son altamente eficientes, pero más costosas, mientras que las de película delgada, aunque menos eficientes, son más económicas y adecuadas para proyectos donde el espacio no es un factor limitante (Estrada, 2018).

La innovación en materiales, como las celdas de perovskita y el uso de nanotecnología, promete aumentar la eficiencia de los paneles solares y reducir aún más sus costos. Estos desarrollos están impulsando la creación de paneles más ligeros, flexibles y eficientes, con el potencial de transformar la industria energética global y consolidar la energía solar como una solución clave frente a los desafíos ambientales y energéticos actuales (Estrada, 2018).

En términos de costos, el precio de los módulos solares fotovoltaicos ha disminuido en más del 80% desde 2010, gracias a economías de escala, mejoras en la tecnología de fabricación y la creciente competencia en el mercado global (International Renewable Energy Agency, 2020). Esta reducción de costos ha hecho que la energía solar sea competitiva con las fuentes de energía convencionales, como el gas natural y el carbón, en muchas partes del mundo. La paridad de red, donde el costo de la energía solar es igual o menor que el de la electricidad convencional, ya se ha alcanzado en varias regiones, lo que está impulsando aún más la adopción de esta tecnología.

En Colombia, la adopción de sistemas solares fotovoltaicos ha sido impulsada por la alta disponibilidad de radiación solar, especialmente en regiones como la Guajira y zonas del Caribe, que registran algunos de los índices de irradiación más elevados del país. Combinada con la necesidad urgente de diversificar una matriz energética nacional históricamente dependiente de los hidrocarburos y las grandes centrales hidroeléctricas, esta realidad ha incentivado tanto al gobierno como a empresas privadas a invertir en energía solar (Estéves, 2018).

Además, las políticas y los incentivos gubernamentales, como las exenciones fiscales y los programas de subsidios para proyectos de energías renovables, están

acelerando la adopción de sistemas fotovoltaicos en contextos residenciales. La Ley 1715 de 2014, por ejemplo, establece un marco regulatorio para la promoción y el uso de fuentes de energía renovable en el país, incentivando la inversión en energía solar mediante beneficios tributarios y la creación de un mercado más favorable para estas tecnologías.

En el ámbito urbano y residencial, la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en áreas comunes de unidades residenciales presenta múltiples ventajas. Contribuye a la reducción de costos energéticos al ofrecer una fuente alternativa para la iluminación y otros servicios comunes, además de fomentar la sostenibilidad en el entorno urbano mediante la disminución de la huella de carbono de las comunidades. Asimismo, dichos sistemas pueden brindar mayor independencia energética, protegiendo a los residentes frente a las variaciones en los precios de la energía y posibles interrupciones en el suministro de la red eléctrica convencional.

La implementación de energía solar fotovoltaica en áreas comunes, como la iluminación de calles, parques y espacios recreativos, contribuye a reducir los costos energéticos al tiempo que mejora la percepción de seguridad y bienestar de los residentes, gracias a un suministro constante y confiable de luz. Adicionalmente, estos proyectos pueden convertirse en una herramienta educativa para sensibilizar a las comunidades sobre la relevancia de las energías renovables y la eficiencia energética.

Gerencia de Proyecto en la Implementación de Sistemas Fotovoltaicos

La gerencia de proyectos desempeña un rol crítico en la implementación de sistemas fotovoltaicos, ya que coordina y gestiona los múltiples aspectos involucrados en cada fase del proyecto para asegurar su éxito. Desde la planificación inicial hasta la ejecución y cierre, una gestión de proyectos eficiente garantiza que las iniciativas se realicen dentro del

plazo previsto, se mantengan dentro del presupuesto y cumplan con los estándares de calidad y eficiencia estipulados. La complejidad de los proyectos fotovoltaicos, que abarcan desde la selección de tecnologías y componentes adecuados hasta la coordinación con diversos *stakeholders*, hace que la gerencia de proyectos sea un factor determinante en su viabilidad y rentabilidad.

Uno de los pasos iniciales en la gestión de proyectos de sistemas fotovoltaicos es la planificación detallada, que abarca la definición precisa de los objetivos, el alcance, los entregables y las etapas del proyecto. Esta etapa incluye también la identificación de las partes interesadas, como proveedores, contratistas, reguladores y clientes finales, además de la evaluación de los recursos requeridos, tanto humanos como materiales. Una correcta identificación y alineación de estos factores permite diseñar un cronograma de trabajo realista y un presupuesto detallado, que abarque todas las actividades del proyecto, desde la adquisición de paneles y baterías hasta la instalación y la puesta en funcionamiento del sistema.

La selección de tecnologías adecuadas constituye otro elemento fundamental. Incluye la elección de paneles solares y baterías que mejor respondan a las necesidades del proyecto, así como otros componentes críticos, como inversores, estructuras de montaje y sistemas de monitoreo. Cada tecnología debe evaluarse considerando factores como costo, eficiencia y compatibilidad con las condiciones locales, incluyendo el clima y la infraestructura existente. Un análisis técnico riguroso permite reducir los riesgos asociados con la implementación de tecnologías inapropiadas, evitando sobrecostos o fallos en el sistema.

La coordinación con proveedores y la gestión de la cadena de suministro resultan esenciales para garantizar la disponibilidad de todos los componentes necesarios en el momento adecuado, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos. El proceso incluye la negociación de contratos y precios, la logística de transporte y almacenamiento, así como la inspección de calidad de los componentes al recibirlos. Asimismo, es fundamental coordinar aspectos técnicos y normativos, asegurando que las instalaciones se ajusten a los estándares locales y nacionales de seguridad y rendimiento.

En la implementación de proyectos fotovoltaicos, la gestión de permisos y regulaciones locales es un aspecto crítico que puede influir significativamente en los tiempos y costos del proyecto. Cada jurisdicción puede tener requisitos específicos para la instalación de sistemas solares, que abarcan desde normativas de construcción y conexión a la red hasta regulaciones ambientales. Una gerencia de proyectos efectiva debe anticipar los requisitos y gestionar los permisos necesarios con antelación, evitando retrasos y posibles sanciones que puedan surgir por incumplimiento regulatorio (Rumbo Prieto, 2020).

El uso de herramientas de gestión como el Modelo Canvas y la Matriz DOFA (SWOT) facilita una comprensión integral del proyecto y apoya la toma de decisiones estratégicas. El Modelo Canvas permite a los gestores delinear y visualizar la propuesta de valor del proyecto, identificando los segmentos de clientes, las relaciones con los clientes, los canales de distribución, y las fuentes de ingresos. Por tanto, dichas herramientas ayudan a clarificar cómo el proyecto generará valor para todas las partes involucradas, desde los inversores hasta los usuarios finales.

Análisis del Sector de Energía Renovable

El sistema eléctrico juega un papel crucial en el desarrollo socioeconómico de cualquier nación. Según Pompemayer (2009), su influencia se extiende a lo largo de la cadena de producción, distribución y consumo final de bienes y servicios. Este sistema se ha visto impactado por un crecimiento demográfico y un proceso de industrialización acelerado. Castro (2011) apunta que la transición de actividades de baja intensidad energética, como la agricultura, a sectores de alta demanda energética, como la construcción y la industria, ha incrementado significativamente la demanda energética a nivel mundial. Además, los avances tecnológicos han aumentado la demanda de energía eléctrica, siendo esta un insumo esencial para el funcionamiento de los nuevos dispositivos desarrollados en las últimas décadas.

La matriz energética de un país, definida por el tipo de energía que utiliza su sistema eléctrico, se compone de fuentes renovables y no renovables. Las fuentes no renovables, como los hidrocarburos, son limitadas y su explotación impacta negativamente en el medio ambiente. Por otro lado, las renovables, como la energía solar, eólica y hídrica, son inagotables y no contaminantes. Rodríguez (2009) resalta que el agotamiento de las energías no renovables y su impacto ambiental han aumentado el interés en diversificar la matriz energética, incorporando energías renovables en el sistema eléctrico. En este contexto, Colombia, con su riqueza en recursos naturales, se destaca en la generación de energía renovable, aunque su dependencia de la hidroelectricidad lo hace vulnerable a fenómenos climáticos como El Niño. A pesar de los hechos, el país ha avanzado en proyectos eólicos y solares, impulsados por iniciativas gubernamentales y del sector privado.

En América Latina, el acceso a energías renovables es esencial para la sostenibilidad ambiental y el desarrollo inclusivo. Pelfini (2012) señala que estas energías han sido integradas en los planes de desarrollo de la región, aprovechando condiciones naturales favorables. México destaca con su complejo eólico en Oaxaca, mientras Argentina diversifica su matriz energética con proyectos en la Patagonia. Brasil, con una matriz diversificada, lidera en generación hidroeléctrica y eólica, mostrando cómo las renovables son clave para el progreso regional.

El crecimiento poblacional, la dependencia de combustibles fósiles y el cambio climático han impulsado inversiones en energías renovables en América Latina. Jacobs et al. (2013) resaltan los abundantes recursos naturales de la región, especialmente en proyectos hidroeléctricos, mientras que Taylor (2006) enfatiza la confiabilidad de la energía hídrica. Sin embargo, la transición aún enfrenta desafíos, ya que muchos países siguen siendo dependientes de combustibles fósiles, lo que limita su sostenibilidad energética a largo plazo.

En Colombia, la generación de energía es un motor del desarrollo económico y social. Choiseul y KPMG (2012) destacan la competitividad del sector eléctrico colombiano, que se caracteriza por su calidad y respeto al medio ambiente. Castillo (2015) subraya la importancia de proyectos de generación eléctrica en zonas no interconectadas, que aprovechan recursos renovables para beneficiar a comunidades apartadas. La creciente demanda energética ha llevado al país a incluir fuentes como la eólica y la solar en su matriz energética.

El sistema eléctrico colombiano, altamente dependiente de la energía hidroeléctrica, enfrenta retos debido a fenómenos climáticos como El Niño, que afectan su estabilidad.

Esto ha impulsado iniciativas como Ituango, Jepirachi y proyectos solares, que buscan diversificar la matriz energética. Estas acciones no solo fortalecen la resiliencia energética, sino que también contribuyen a mejorar la calidad de vida, reducir la contaminación y garantizar un suministro más estable (Castillo, 2015).

La relación entre energía y desarrollo económico en Colombia es innegable. El sector minero-energético representa una proporción significativa del PIB, pero también expone al país a riesgos por fluctuaciones de precios y desafíos ambientales. La Ley 1715 (Congreso de la República de Colombia, 2014) fomenta la inversión en energías renovables, promoviendo la sostenibilidad económica y ambiental como pilares fundamentales.

La transición energética hacia fuentes renovables, como la energía solar, es una necesidad global ante el agotamiento de combustibles fósiles y su impacto ambiental. Estrada (2018) resalta la importancia de un cambio de paradigma hacia la eficiencia energética y el uso de alternativas sostenibles. Este cambio no solo responde a la creciente demanda energética, sino que también es crucial para reducir el daño al medio ambiente y asegurar un futuro más sustentable.

México, al igual que otros países, enfrenta el reto de integrar energías renovables en su matriz energética. El país cuenta con un gran potencial solar que aún no se ha aprovechado de manera significativa. Estrada Gasca aboga por un compromiso estatal a largo plazo para el desarrollo sostenible, a través de políticas, marcos legales, incentivos económicos y fondos de financiamiento que apoyen la investigación y el desarrollo de las energías renovables.

Actualmente, las tecnologías solares, como la fotovoltaica y los calentadores solares de agua, están en auge, aunque su uso aún es limitado en comparación con los hidrocarburos. La energía geotérmica, la eólica y la hidroeléctrica también representan fuentes renovables significativas en México, pero aún hay un largo camino por recorrer para su desarrollo y adopción generalizada.

El crecimiento de la población y las economías elevan la demanda energética mundial, lo que hace que el cambio hacia fuentes renovables sea no solo deseable sino también necesario. Estrada Gasca enfatiza que las energías renovables, como la solar, son fundamentales para este cambio, dado su abundancia y menor impacto ambiental. El desarrollo de tecnologías que aprovechen estas fuentes renovables es clave para una transición energética exitosa.

Impacto Ambiental y Sostenibilidad

La implementación de sistemas solares fotovoltaicos en áreas residenciales representa una alternativa ecológica a las tecnologías convencionales de iluminación, al aprovechar la energía solar para generar electricidad de manera limpia y renovable. Este cambio contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y disminuye la huella de carbono, alineándose con los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático (Castañeda et al., 2019). Además, cada kilovatio-hora de electricidad generado por energía solar evita aproximadamente 0.5 kg de CO₂, según datos de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), lo que evidencia su impacto positivo cuando se aplica a gran escala.

Los beneficios de los sistemas fotovoltaicos también incluyen la mitigación de impactos negativos asociados a los combustibles fósiles, como la contaminación del aire,

agua y suelo, especialmente en áreas urbanas donde la calidad ambiental es crítica. Estos sistemas no solo mejoran las condiciones ambientales locales, sino que también sirven como herramientas educativas para fomentar la conciencia ambiental entre los residentes. La visibilidad de los paneles solares actúa como un recordatorio de los beneficios de las energías limpias, incentivando a las personas a adoptar prácticas más sostenibles en su vida diaria (IRENA, 2021).

Por último, la evaluación ambiental es crucial en la implementación de proyectos fotovoltaicos, permitiendo identificar y mitigar posibles impactos negativos, como la ocupación del suelo o alteraciones en la biodiversidad. Aunque los sistemas fotovoltaicos son generalmente benignos, es esencial analizar aspectos como el impacto visual y su interacción con el entorno. Estas consideraciones no solo garantizan la sostenibilidad del proyecto, sino que también fortalecen su aceptación social y promueven una cultura de responsabilidad ambiental en las comunidades (Rumbo, 2020).

Un análisis ambiental exhaustivo permite asegurar que el proyecto cumple con todas las normativas ambientales vigentes y que se toman las medidas necesarias para minimizar cualquier impacto negativo. Esto incluye la planificación adecuada de la ubicación de los paneles para evitar la afectación de hábitats sensibles y la gestión responsable de los desechos generados durante la instalación y el mantenimiento de los sistemas. En muchos casos, las medidas de mitigación identificadas en el estudio de impacto ambiental pueden incluir la integración de diseños de bajo impacto, la reforestación o la restauración de áreas afectadas, y la implementación de tecnologías complementarias para maximizar la eficiencia y minimizar los residuos (GRN, 2021).

Los sistemas solares fotovoltaicos contribuyen a la sostenibilidad a largo plazo de las comunidades al proporcionar una fuente de energía local y renovable que puede satisfacer una parte significativa de las necesidades energéticas de las áreas residenciales. A diferencia de las fuentes de energía convencionales, que dependen de recursos finitos y están sujetas a las fluctuaciones del mercado global de energía, la energía solar ofrece una opción segura y predecible. Dicho enfoque hacia la autosuficiencia energética es clave para desarrollar comunidades más resilientes y menos dependientes de las redes energéticas centralizadas.

La sostenibilidad de los sistemas fotovoltaicos también se ve respaldada por los avances tecnológicos que continúan mejorando la eficiencia y reduciendo los costos de estos sistemas. Con el tiempo, se espera que los paneles solares sean aún más eficientes y accesibles, lo que facilitará su adopción generalizada y ayudará a cumplir con los objetivos de reducción de emisiones a nivel global. Además, los sistemas solares requieren un mantenimiento mínimo una vez instalados, lo que significa que los costos operativos son bajos, lo que refuerza su viabilidad a largo plazo.

Desafíos y Oportunidades en la Implementación de Luminarias Solares en Medellín

La implementación de luminarias solares en zonas comunes de unidades residenciales en Medellín presenta una serie de desafíos y oportunidades que deben ser cuidadosamente considerados para asegurar el éxito de estos proyectos. Uno de los principales desafíos es el costo inicial de inversión, que, aunque puede ser elevado, se justifica por los ahorros en costos operativos y de mantenimiento a largo plazo. La adquisición e instalación de paneles solares, sistemas de almacenamiento de energía y componentes de control pueden representar una barrera financiera significativa para

muchas comunidades residenciales, especialmente las que tienen presupuestos limitados. Sin embargo, la reducción progresiva en los costos de los sistemas solares, gracias a los avances tecnológicos y las economías de escala, está ayudando a hacer más accesible esta tecnología.

Otro desafío importante es la dependencia de las condiciones climáticas, ya que la eficiencia de los paneles solares depende directamente de la disponibilidad de luz solar. Medellín, conocida como la "Ciudad de la Eterna Primavera", experimenta períodos de nubosidad y lluvias que pueden afectar la consistencia de la generación de energía solar. Esto subraya la necesidad de realizar estudios técnicos exhaustivos para optimizar la ubicación de los paneles y maximizar la captación solar, evitando sombras y mejorando la eficiencia del sistema. Además, la integración de sistemas de almacenamiento, como baterías de alta capacidad, es crucial para garantizar un suministro constante de energía durante la noche o en días con baja irradiación solar, mitigando así las fluctuaciones en la producción energética debido a las condiciones meteorológicas (Melendez et al., 2017).

En contraste, las oportunidades para la implementación de luminarias solares en Medellín son considerables. La creciente conciencia ambiental entre los residentes y la tendencia hacia prácticas más sostenibles han aumentado el interés en las energías renovables. Además, los incentivos gubernamentales, como los subsidios y programas de financiamiento para proyectos de energías limpias, pueden aliviar la carga financiera inicial y acelerar la adopción de tecnologías solares. Estos programas no solo reducen los costos de instalación, sino que también fomentan la participación de más comunidades en la transición hacia energías renovables, apoyando el desarrollo de una infraestructura energética más sostenible y resiliente (Sandoval Quijano, 2013).

Asimismo, el continuo avance en la tecnología solar está haciendo que los paneles sean cada vez más eficientes y económicos. Innovaciones en materiales y técnicas de fabricación están reduciendo el costo por vatio de los paneles solares, lo que los hace más accesibles para las comunidades residenciales. Estos avances no solo mejoran la rentabilidad de los sistemas solares a lo largo de su vida útil, sino que también amplían las posibilidades de su aplicación en una variedad de contextos urbanos y residenciales. La combinación de incentivos financieros, la reducción de costos y la mejora en la eficiencia tecnológica posicionan a las luminarias solares como una solución viable y atractiva para mejorar la calidad de vida en las comunidades de Medellín, al tiempo que contribuyen a la reducción de la huella de carbono de la ciudad.

El Futuro de las Energías Renovables en el Contexto Urbano

El futuro de las energías renovables en ciudades como Medellín depende de su capacidad para integrar estas tecnologías en las infraestructuras existentes y avanzar hacia un modelo energético más sostenible. La implementación de sistemas solares fotovoltaicos en áreas residenciales representa un paso crucial para reducir la huella de carbono urbana, satisfacer la creciente demanda de energía de manera eficiente y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Medellín, con su trayectoria en la adopción de tecnologías sostenibles, se posiciona como un referente en Colombia y América Latina, demostrando que es posible integrar soluciones prácticas y rentables a los desafíos energéticos actuales.

El crecimiento de las energías renovables no solo beneficia al medio ambiente, sino que también genera oportunidades económicas importantes. Sectores como la fabricación, instalación y mantenimiento de equipos, así como la investigación en nuevas tecnologías, están impulsando la creación de empleos y fomentando el desarrollo económico local.

Además, la adopción de estas tecnologías permite a las ciudades mejorar su independencia energética, reducir la vulnerabilidad a las fluctuaciones de precios de combustibles fósiles y asegurar un suministro de energía más estable y predecible.

La transición hacia un modelo energético sostenible también refuerza la resiliencia urbana frente a emergencias y desastres naturales. Sistemas descentralizados, como paneles solares en edificios y áreas comunes, aseguran un suministro continuo de energía durante crisis, mientras que la integración de tecnologías emergentes como redes inteligentes y movilidad eléctrica optimiza el uso de recursos y mejora la eficiencia energética.

Tabla 1*Investigaciones del Estado del Arte*

Autor	Objetivos	Metodología	Resultados
Castañeda et al.	Evaluar el impacto ambiental y económico de la energía solar fotovoltaica.	Análisis costo-beneficio de proyectos fotovoltaicos en contextos urbanos y residenciales.	La energía solar reduce emisiones de CO ₂ y es competitiva frente a fuentes convencionales.
Estrada	Analizar la importancia de un cambio de paradigma energético hacia energías renovables.	Estudio cualitativo basado en revisión de literatura y análisis de casos prácticos.	La transición energética requiere políticas integrales y concienciación pública.
Jacobs et al.	Explorar los recursos naturales disponibles para proyectos hidroeléctricos en América Latina.	Estudio comparativo de recursos naturales y capacidades instaladas en la región.	América Latina posee recursos hídricos abundantes, pero enfrenta retos de sostenibilidad.
Taylor	Estudiar la confiabilidad de la energía hídrica en la región.	Revisión documental y análisis estadístico de datos históricos de energía hídrica.	La energía hídrica es confiable pero vulnerable a fenómenos

Autor	Objetivos	Metodología	Resultados
			climáticos como El Niño.
Melendez et al.	Optimizar la eficiencia de los sistemas solares en Medellín considerando condiciones climáticas locales.	Modelos predictivos para estimar eficiencia y productividad de sistemas solares.	Los sistemas solares pueden ser optimizados para maximizar la captación solar en zonas urbanas.
Sandoval Quijano	Examinar el impacto de incentivos gubernamentales en la adopción de energías renovables.	Estudio de casos con análisis de impacto financiero y ambiental.	Los incentivos financieros aumentan la adopción de tecnologías solares en comunidades residenciales.

Nota. Este enfoque transforma a las ciudades en ecosistemas sostenibles donde la energía renovable impulsa no solo los hogares, sino también el transporte y otras infraestructuras críticas, creando entornos urbanos más limpios, robustos y adaptables.

Marco legal

La regulación y las normativas juegan un papel clave en el desarrollo y promoción de proyectos de energía solar en cualquier contexto. En Colombia, un marco normativo bien definido respalda la implementación de tecnologías solares en diferentes sectores económicos, facilitando su adopción y crecimiento.

A continuación, la Tabla 1 presenta un resumen de las principales disposiciones legales y guías técnicas que regulan y fomentan el uso de la energía solar en el país. Incluye leyes, resoluciones y normas técnicas que abarcan aspectos como instalación, evaluación y eficiencia de sistemas solares. Este conjunto normativo garantiza un entorno regulatorio favorable para desarrollar proyectos solares, ofreciendo seguridad jurídica y técnica sin barreras significativas para su implementación. El marco normativo expuesto en la Tabla permite determinar que en Colombia el uso y las aplicaciones de la energía solar están reglamentadas, tanto de forma legal como técnica, lo cual permite que el proyecto se desarrolle de forma efectiva en función de sus objetivos, ya que no se evidencia ninguna limitación técnica o legal para su desarrollo.

Tabla 2*Marco Normativo*

Norma	Descripción
Ley 1715 de 2014	Esta ley actualmente está fortalecida para la apropiación e implementación de generación eléctrica por medio de paneles solares fotovoltaicos a integraciones a pequeña, mediana y grande escala en los distintos sectores económicos.
Resolución 030 de la CREG	Esta resolución define las reglas que permiten a los usuarios conectarse al Operador de Red (OR) de manera fácil y sencilla, sea como auto generadores o generadores distribuidos. Es decir, que en Colombia las personas o empresas pueden producir y vender su propia energía generada con fuentes Renovables como la Solar.
NTC 2774:1990	Energía solar. Evaluación de materiales aislantes térmicos empleados en colectores solares.

Norma	Descripción
NTC 2959:1991	Energía fotovoltaica. Guía para caracterizar las baterías de almacenamiento para sistemas fotovoltaicos.
NTC 3507:1993	Energía solar. Instalación de sistemas domésticos de agua caliente que funcionan con energía solar.
NTC 4405:1998	Eficiencia energética. Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes.
GTC 114:2004	Guía de especificaciones de sistemas fotovoltaicos para suministro de energía rural dispersa en Colombia.

Nota. Esta Tabla presenta un resumen de diversas normativas y guías que regulan y promueven el uso de la energía solar en Colombia.

Factores Económicos

Los paneles fotovoltaicos producen electricidad tan pronto como hay luz. La potencia eléctrica que proporcionan depende de su intensidad: por tanto, la producción es mayor en verano que en invierno y es mayor cuando hace buen tiempo que cuando el cielo está nublado. De manera similar, con condiciones climáticas idénticas, los paneles producen más a la mitad del día que temprano en la mañana o tarde en la noche (Sandoval

Quijano, 2013). Por lo tanto, los paneles producen durante todo el día, pero la energía eléctrica que suministran es, por lo tanto, variable.

Para lograr el autoabastecimiento energético, es decir, producir permanentemente la energía eléctrica necesaria para su consumo, día y noche y todos los días del año, es necesario producir y almacenar excedentes. Actualmente se están desarrollando varias tecnologías de almacenamiento de electricidad, pero la inversión no se justifica cuando el edificio ya cuenta con una red eléctrica (Eduardo et al., 2018). En general, cuando se habla de autoproducción o autoconsumo como lo escuchamos a menudo, el objetivo es aprovechar la superficie disponible en el techo que recibe una gran cantidad de energía solar todos los días, hasta entonces desaprovechada, para equipar con paneles fotovoltaicos y producir una cantidad de energía equivalente al 30% al 80% del consumo del edificio, sin pretender prescindir completamente de la red pública.

Autoproducción significa que una vez equipado con paneles, el edificio dispone de dos fuentes de energía eléctrica: la red de distribución, a través del contador eléctrico, y los paneles solares. Esta conexión a la red garantiza la seguridad del suministro eléctrico de la residencia en cualquier circunstancia (García Garnica et al., 2018). En la práctica, la electricidad suministrada por los paneles siempre tiene prioridad sobre la electricidad extraída de la red. Esto significa que toda la producción de los paneles que se pueden consumir directamente en el edificio se retirará de la red y se comprará a un proveedor.

Esta característica de las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo permite aprovechar al máximo el recurso solar, que es totalmente gratuito. Resulta de la conexión de la instalación fotovoltaica directamente al cuadro eléctrico, sin registro del contador eléctrico en relación con la red de distribución. Así, dependiendo de la hora del día y del

estado del cielo, la electricidad suministrada por los paneles puede ser suficiente para cubrir todas las necesidades eléctricas de la residencia o, por el contrario, ser insuficiente y en el caso mencionado, el respaldo es suministrado por la red de distribución (Castañeda et al., 2019). Si, por el contrario, la potencia suministrada por los paneles supera la potencia requerida por todos los dispositivos en funcionamiento, el excedente se inyecta a la red y se vende.

Metodología

La metodología del estudio se fundamenta en técnicas exploratorias y descriptivas con un enfoque cuantitativo, derivado de una revisión detallada de la literatura relacionada con el tema. Esta investigación identifica soluciones basadas en estudios de mercado, técnicos, administrativos y financieros. Se emplea el método inductivo, analizando elementos individuales para inferir conclusiones generales. A través de objetivos específicos, se busca determinar la viabilidad del estudio.

Tipo y Enfoque de Investigación

Se utilizarán enfoques cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión completa del proyecto, donde se busca implementar características del orden de mediciones objetivas con análisis desde su conceptualización hasta su viabilidad económica.

Procedimiento del Proyecto

El procedimiento se basa en la agrupación de cuatro fases que permitirá la determinación de los objetivos del proyecto de iluminación a base de energía solar renovable que se establecen a continuación:

Primera Fase: Identificación del perfil de la implementación de luminarias mediante sistemas eléctricos solares fotovoltaicos en zonas comunes de unidades residenciales de la ciudad de Medellín

Hace referencia al cumplimiento del primer objetivo que se basa en la descripción de la idea de negocio basado en la implementación de herramientas de gestión de proyectos como lo son CANVAS y DOFA

Descripción del Modelo de Negocio

El objetivo de esta etapa es identificar y describir los aspectos fundamentales del proyecto, como los clientes, análisis del entorno del proyecto, la propuesta de valor y la estructura de costos. Las siguientes actividades guiarán el proceso:

Actividad 1: Síntesis de la idea de negocio donde se analiza el crecimiento del mercado de la energía solar en Medellín

Actividad 2: Desarrollo de la idea de negocio utilizando el modelo CANVAS para la identificación del valor agregado que representa la implementación del proyecto.

Actividad 3: Determinar las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades internas y externas del proyecto basándose en análisis DOFA.

Actividad 4: Resultados de las herramientas CANVAS y DOFA para el análisis de la idea de negocio.

Determinación de la Factibilidad y Funcionamiento del Negocio

Estudio Mercado

Actividad 5: Análisis de demanda en el mercado

Actividad 6: Análisis de oferta del producto

Actividad 7: Evaluación de precios

Actividad 8: Comercialización del producto

Estudio Técnico

Actividad 9: Determinar el sitio de ejecución del proyecto

Actividad 10: Determinar el tamaño y diseño del proyecto

Actividad 11: Determinar materiales y equipos

Actividad 12: Determinar recurso técnico

Estudio Organizacional

Actividad 13: Establecer la estructura organizacional

Actividad 14: Determinar la organización, roles y habilidades

Actividad 15: Establecer los lineamientos de dirección y gestión de proyectos

Actividad 16: Determinar los costos organizacionales

Estudio Ambiental

Actividad 17: Evaluación ambiental y social

Actividad 18: Evaluación de riesgo ambiental y social

Actividad 19: Evaluación de impacto ambiental y social

Actividad 20: Elaboración del plan de gestión ambiental y social

Estudio Legal

Actividad 21: Determinar aspectos legales

Actividad 22: Analizar y verificar la reglamentación vigente

Estructura Financiera y Económica

Análisis Económico y financiero

Antes de la recolección de datos, es esencial comprender la estructura financiera del proyecto.

Actividad 23: Analizar el momento económico internacional y nacional para análisis de inversión

Actividad 24: Desarrollo de políticas de compras, proveedores y clientes

Actividad 25: Crear un presupuesto para la identificación de ingresos y egresos.

Actividad 26: Calculo de indicadores financieros como ROI y VPN

Actividad 27: Análisis de financiamiento.

Actividad 28: Estimación de la vida útil de incentivos y subsidios

Conclusión y Recomendaciones

La última fase es consolidar los hallazgos y formular recomendaciones.

Con esta estructura, se garantiza una evaluación exhaustiva del proyecto, desde su conceptualización hasta su factibilidad, permitiendo una toma de decisiones informada.

Análisis CANVAS

El Modelo CANVAS, empleado en el contexto del proyecto de luminarias solares en Medellín, se destaca como una herramienta estratégica y visual esencial para esbozar modelos de negocio. Su aplicación contribuye significativamente a la clarificación y estructuración del plan de negocio. El modelo no solo facilita la definición de elementos clave como segmentos de clientes, propuestas de valor y estructuras de costos, sino que también organiza estos componentes de una manera que es tanto visualmente atractiva como fácil de entender.

Además, el Modelo CANVAS mejora la comunicación y colaboración entre los distintos interesados del proyecto. Su naturaleza visual y sintética es particularmente útil para compartir ideas y estrategias con un grupo diverso que incluye inversores, socios, empleados y clientes, asegurando que todos estén en la misma página y comprendan el plan de negocio en su totalidad. Esta característica es especialmente valiosa en un sector tan dinámico y en constante evolución como el de la energía solar.

La adaptabilidad y flexibilidad son otras ventajas clave del Modelo CANVAS. Permite a los usuarios ajustar y modificar rápidamente su plan de negocio en respuesta a los cambiantes entornos de mercado, nuevas oportunidades o desafíos inesperados. Esta capacidad de adaptación es crucial para mantener la relevancia y efectividad del proyecto en un campo innovador.

Resultados - Análisis de Perfil del Negocio de la Energía Solar

El sistema eléctrico es esencial para el desarrollo socioeconómico de las naciones, influenciado por el crecimiento demográfico y la industrialización, factores que incrementan la demanda energética global (McMahon, 1999). Esta demanda ha generado un interés creciente en diversificar la matriz energética, especialmente con fuentes renovables, debido a las limitaciones y el impacto ambiental de los hidrocarburos (Castañeda et al., 2019).

En Colombia, a pesar de su alta dependencia de la hidroelectricidad y su vulnerabilidad a fenómenos climáticos como El Niño, se están promoviendo proyectos de energía eólica y solar respaldados por la Ley 1715 de 2014. Esta normativa fomenta la inversión en energías renovables, lo cual resulta vital para diversificar la matriz energética y asegurar la estabilidad del suministro eléctrico (Congreso de la República de Colombia, 2014).

América Latina está adoptando energías renovables para enfrentar desafíos como el crecimiento poblacional y el cambio climático. Países como México, Argentina y Brasil están desarrollando proyectos eólicos y solares, aprovechando sus recursos naturales y reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles (Estéves Acuña & Ortiz Villarreal, 2018).

En Colombia, el proyecto de energía renovable propuesto se enfoca en la implementación de tecnologías solares y eólicas para mitigar la vulnerabilidad del sistema hidroeléctrico y fomentar la sostenibilidad. Este proyecto se desarrollará en varias fases: análisis de recursos y viabilidad, diseño y planificación, financiamiento y alianzas,

construcción e implementación, y operación y mantenimiento (Ladino, 2011; Rumbo Prieto, 2020).

Síntesis del Análisis de la Idea de Negocio

La idea de negocio se enfoca en la implementación de proyectos de generación de energía renovable en Colombia, aprovechando los recursos naturales del país y contribuyendo al desarrollo sostenible. La transición hacia fuentes de energía renovable no solo es crucial para mitigar los impactos ambientales negativos de las energías no renovables, sino también para garantizar la seguridad energética y la estabilidad económica del país.

El proyecto se centrará en el desarrollo de instalaciones solares y eólicas, considerando la vulnerabilidad del sistema hidroeléctrico colombiano a fenómenos climáticos como El Niño. Con el respaldo de la Ley 1715 de 2014, se busca incentivar la inversión en energías renovables, creando un entorno favorable para el desarrollo de estos proyectos. Además, la diversificación de la matriz energética contribuirá a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y aumentar la resiliencia del sistema eléctrico.

Desarrollo de la Idea de Negocio por Medio de CANVAS

A través del modelo CANVAS se realiza la descripción detallada del segmento de los clientes y el relacionamiento, la propuesta de valor, el establecimiento de los canales de distribución, fuentes de ingreso, los recursos clave, actividades esenciales y alianzas estratégicas.

La propuesta se enfoca en la generación de energía limpia y sostenible a través de fuentes renovables como la solar. Su objetivo es reducir la dependencia de combustibles fósiles, energía comercial convencional, disminuir el impacto ambiental y generar un

desarrollo económico y social a empresas y mejorar la calidad de vida. En esta se realiza la implementación y ejecución de las diferentes actividades para la determinación de la idea de negocio, donde se identifican los clientes, el segmento de valor, establecimiento de los canales de comunicación con clientes y de distribución, además de detallar los recursos claves para la ejecución de la idea de manera estratégica.

La propuesta de valor que se presenta en la implementación de iluminación a base de energía solar como lo muestra el punto 1 de la figura es la generación de energía limpia y sostenible. Proporcionar energía renovable que reduce la dependencia de energía convencionales y minimiza el impacto ambiental, como la reducción de la huella de carbono ayuda a las empresas y comunidades a cumplir con sus objetivos de sostenibilidad y reducción de emisiones de CO₂. Lo que contribuye al desarrollo económico y social, impulsando el desarrollo energético en regiones rurales y remotas, proporcionando empleo y mejorando la calidad de vida.

También se hace énfasis en el segmento de clientes que se presenta en el punto 2 de la figura donde convergen interesados como empresas industriales y comerciales, grandes consumidores de energía, hogares y comunidades locales, residencias y comunidades que buscan acceso a energía fiable, sostenible, renovable, el gobierno y entidades públicas, organismos que apoyan proyectos de energía renovable y buscan cumplir con políticas ambientales y de sostenibilidad interesados en reducir sus costos energéticos y su huella de carbono.

Los canales se determinan en el punto 3 de la figura se relaciona con ventas directas a grandes consumidores con contratos de suministro a largo plazo con empresas industriales y comerciales, alianzas con distribuidores de energía, empresas de distribución de energía

para integrar la producción renovable en la red, programas de incentivos gubernamentales participación de subsidios e incentivos para proyectos de energías renovables

Relación con los clientes se establecen en el punto 4 de la figura mediante asistencia técnica y soporte continuo, servicios de mantenimiento y soporte técnico para asegurar el funcionamiento óptimo de las instalaciones. Programas de fidelización y beneficios incentivos para clientes leales y programas de beneficios por el uso de energía renovable. comunicación transparente y efectiva: informes regulares y canales de comunicación abiertos para mantener a los clientes informados y satisfechos.

Fuentes de ingresos se determinaron en el punto 5 y se basan en la venta de energía generada, ingresos por la venta de electricidad a empresas y comunidades. incentivos y subsidios gubernamentales fondos y subsidios obtenidos por cumplir con objetivos de energías renovables. financiamiento y alianzas estratégicas, fondos obtenidos a través de inversiones y colaboraciones con entidades financieras y tecnológicas.

Recursos clave denotado en el punto 6 de la figura presenta la infraestructura de generación (parques solares), instalaciones, equipos para la generación y almacenamiento de energía renovable, tecnología avanzada y conocimiento técnico, expertos y tecnologías de vanguardia para asegurar la eficiencia y fiabilidad de las operaciones, red de socios y colaboradores, alianzas con gobiernos, empresas tecnológicas y financieras para el desarrollo y expansión del proyecto.

Actividades clave en el punto 7 de la figura presenta el desarrollo y construcción de instalaciones, diseño, construcción y puesta en marcha de parques solares, mantenimiento y operación de parques energéticos, operaciones diarias, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías innovación y mejora continua en tecnologías de energía renovable.

Socios clave presentado en el punto 8 de la figura determina a gobiernos locales y nacionales para la colaboración y gestión de permisos, incentivos y apoyo en la implementación del proyecto. Empresas tecnológicas y de construcción, proveedores de tecnología y servicios de construcción especializados en energías renovables. Instituciones financieras y de investigación, financiamiento y apoyo en investigación para el desarrollo de tecnologías avanzadas y modelos de negocio sostenibles.

Estructura de costos en el punto 9 de la figura inversión inicial en infraestructura y tecnología, costos asociados a la construcción e instalación de parques solares y eólicos. Costos operativos y de mantenimiento, gastos continuos para la operación y mantenimiento de las instalaciones, gastos en investigación y desarrollo, inversiones en innovación y mejora de tecnologías y procesos.



9.Estructura de costos	5.Fuentes de ingreso
Costos fijos organizacionales	
Costos variables de operación y mantenimiento	Venta de la energía generada
Publicidad y marketing	Incentivos gubernamentales y subsidios
Planificación, diseño y montaje de instalaciones	Alianzas con bancos
Gastos de innovación y desarrollo de tecnologías	Fondos financieros

Nota. El modelo CANVAS para la implementación de luminarias solares fotovoltaicas en las zonas comunes de unidades residenciales en Medellín presenta una estrategia integral que promueve la sostenibilidad mediante el uso de energía limpia. Al enfocarse en diversos segmentos de clientes, desde hogares hasta entidades gubernamentales, y utilizar canales de distribución innovadores, el proyecto busca generar ingresos sostenibles y fortalecer relaciones a través de una atención personalizada. Además, las alianzas estratégicas con socios clave y un enfoque en la innovación tecnológica aseguran un funcionamiento eficiente y un impacto positivo en la comunidad, alineándose con las tendencias hacia la energía renovable y la responsabilidad ambiental.

Análisis DOFA de la Idea de Negocio

A continuación, se realiza un análisis con la herramienta DOFA de las debilidades, oportunidades internas de la idea de negocio, así como las fortalezas y amenazas que pueden darse durante la planificación de la idea de negocio.

Donde en la tabla, se describe las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas relacionadas con el proyecto de energía renovable, ayudando a identificar las áreas clave

para el desarrollo y la planificación estratégica. La implementación de energía solar para proyectos de iluminación representa una solución innovadora y sostenible en el contexto actual, donde la búsqueda de alternativas energéticas eficientes y respetuosas con el medio ambiente es cada vez más urgente. Dicho modelo de negocio no solo responde a la creciente demanda de fuentes de energía renovable, sino que también ofrece beneficios económicos significativos, como la reducción de costos en las facturas eléctricas a largo plazo. Sin embargo, al evaluar la viabilidad de esta iniciativa, es fundamental realizar un análisis DOFA que permita identificar las fortalezas y debilidades internas, así como las oportunidades y amenazas del entorno externo.

Tabla 3

DOFA

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Abundancia de recursos naturales (sol).	Iniciativas gubernamentales y privadas para la energía renovable.	Dependencia del sistema hidroeléctrico.	Fluctuaciones en los precios de los combustibles fósiles y fuentes convencionales
Ahorro de costos energéticos.	Expansión del mercado	Costo inicial	Desinformación

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Marco legal favorable (Ley 1715 de 2014).	Reducción de costos de tecnologías renovables.	Falta de infraestructura adecuada en las regiones.	Fenómenos climáticos extremos que pueden afectar la producción.
Creciente demanda de energía limpia.	Acceso a financiamiento internacional para proyectos sostenibles.	Desafíos logísticos y técnicos en la implementación.	Competencia con otras fuentes de energía.

Nota. El análisis sirve como base para el desarrollo de estrategias efectivas que impulsen el éxito de la propuesta y contribuyan a la transición hacia un futuro más sostenible.

Tabla 4*Estrategias DOFA para el Proyecto de Energía Renovable en Colombia*

Estrategias	Descripción
FO	<p data-bbox="407 449 773 483">(Fortalezas - Oportunidades)</p> <p data-bbox="407 527 1380 772">Aprovechar la Abundancia de Recursos Naturales y el Marco Legal Favorable: Utilizar la abundancia de sol y viento junto con los incentivos de la Ley 1715 de 2014 para desarrollar proyectos de energía renovable que atraigan inversiones tanto nacionales como internacionales.</p> <p data-bbox="407 821 1380 1066">Iniciativas Gubernamentales y Privadas: Aprovechar la creciente demanda de energía limpia para establecer alianzas estratégicas con el sector público y privado, promoviendo el desarrollo de infraestructuras y tecnologías avanzadas.</p> <p data-bbox="407 1115 1380 1430">Reducción de Costos y Financiamiento Internacional: Utilizar la disminución de costos de tecnologías renovables y el acceso a financiamiento internacional para implementar proyectos de energía solar y eólica a gran escala, mejorando la competitividad del sector energético colombiano.</p>
DA	(Debilidades - Amenazas)

Estrategias	Descripción
	<p>Diversificación de la Matriz Energética: Mitigar la dependencia del sistema hidroeléctrico diversificando la matriz energética con la incorporación de energía solar y eólica, reduciendo así la vulnerabilidad a fenómenos climáticos extremos y fluctuaciones en los precios de los combustibles fósiles.</p> <p>Mejora de Infraestructura: Invertir en la mejora de infraestructura en regiones con recursos naturales ricos para superar los desafíos logísticos y técnicos, asegurando un suministro de energía renovable más fiable y continuo.</p> <p>Preparación ante Competencia y Desastres Naturales: Desarrollar planes de contingencia y estrategias de resiliencia para enfrentar la competencia con otras fuentes de energía y minimizar los impactos de eventos climáticos extremos en la producción de energía renovable.</p>
OD	(Oportunidades - Debilidades)

Estrategias	Descripción
	<p>Aprovechar Iniciativas para Infraestructura: Aprovechar las iniciativas gubernamentales y privadas para mejorar la infraestructura en áreas rurales y remotas, facilitando la implementación y operación de proyectos de energía renovable.</p> <p>Financiamiento para Soluciones Logísticas: Utilizar el acceso a financiamiento internacional para superar desafíos logísticos y técnicos, invirtiendo en tecnologías de transporte y almacenamiento de energía avanzada.</p>
	<p>Innovación en Tecnologías Renovables: Aprovechar la reducción de costos de tecnologías renovables para introducir innovaciones que mejoren la eficiencia y la viabilidad económica de los proyectos, asegurando una integración más robusta en el mercado energético.</p>
OA	(Oportunidades - Amenazas)
	<p>Incentivos para la Estabilidad de Precios: Implementar programas que aprovechen los incentivos gubernamentales para estabilizar los precios de la energía renovable, mitigando el impacto de las fluctuaciones en los precios de los combustibles fósiles.</p> <p>Proyectos Resilientes al Cambio Climático: Desarrollar proyectos de energía renovable que sean resilientes a fenómenos climáticos extremos, utilizando tecnologías avanzadas y prácticas de construcción adaptadas a condiciones ambientales adversas.</p>

Estrategias	Descripción
	Fortalecimiento del Marco Legal: Colaborar con el gobierno para fortalecer el marco legal y regulatorio, asegurando un entorno favorable para la inversión continua en energías renovables y reduciendo la competencia desleal de otras fuentes de energía.

Nota. El análisis sirve como base para el desarrollo de estrategias efectivas que impulsen el éxito de la propuesta y contribuyan a la transición hacia un futuro más sostenible.

Análisis de Resultados de la Idea de Negocio Según CANVAS y DOFA

El sistema eléctrico es un pilar fundamental para el desarrollo socioeconómico de las naciones, y su evolución está estrechamente vinculada al crecimiento demográfico y la industrialización. En dicho contexto, la diversificación de la matriz energética se presenta como una estrategia crucial para satisfacer la creciente demanda y mitigar los impactos ambientales asociados con las fuentes no renovables. En Colombia, la Ley 1715 de 2014 ha impulsado el avance hacia energías renovables, promoviendo proyectos eólicos y solares que buscan reducir la dependencia de la hidroelectricidad y enfrentar la vulnerabilidad a fenómenos climáticos.

El enfoque en energías renovables no solo responde a la necesidad de asegurar un suministro eléctrico estable, sino también a la urgencia de combatir el cambio climático. América Latina, con países como México, Argentina y Brasil, está a la vanguardia en la adopción de estas tecnologías, aprovechando sus recursos naturales para fomentar la sostenibilidad energética. El proyecto propuesto en Colombia, al integrar tecnologías

solares y eólicas, representa un paso significativo hacia una matriz energética más resiliente y diversificada.

El análisis DOFA resalta tanto las oportunidades como los desafíos en el proceso, mientras que el modelo CANVAS establece una clara propuesta de valor centrada en la generación de energía limpia y sostenible. La implementación exitosa del proyecto no solo fortalecerá la infraestructura energética del país, sino que también contribuirá a un futuro más sostenible y menos dependiente de fuentes fósiles y convencionales, alineándose con los objetivos globales de desarrollo y conservación ambiental. Destaca fortalezas como la abundancia de recursos naturales y oportunidades como iniciativas gubernamentales y reducción de costos de tecnologías renovables, mientras que las debilidades incluyen la dependencia del sistema hidroeléctrico y desafíos logísticos. Las estrategias propuestas buscan aprovechar las oportunidades y enfrentar las amenazas mediante la diversificación energética y la mejora de la infraestructura.

El modelo CANVAS para el proyecto incluye una propuesta de valor centrada en la generación de energía limpia, con ingresos provenientes de la venta de energía y subsidios gubernamentales, y actividades clave como el desarrollo y mantenimiento de infraestructuras energéticas.

Análisis de Resultados para Determinación de la Factibilidad

El proyecto de implementación de luminarias solares en unidades residenciales de Medellín responde a la creciente necesidad de soluciones energéticas limpias y sostenibles. Para determinar su viabilidad, se realizó un análisis integral basado en cinco dimensiones: mercado, técnica, organizacional, ambiental y legal. El estudio de mercado identificó oportunidades y desafíos para la adopción de tecnologías renovables, mientras que el análisis técnico evaluó la eficiencia y compatibilidad de los sistemas solares con las infraestructuras existentes. Desde la perspectiva organizacional, se exploraron los recursos y socios estratégicos necesarios para una gestión efectiva del proyecto, y el estudio ambiental destacó los beneficios en la reducción de emisiones de carbono y la mejora de la calidad de vida en las comunidades. Por último, se consideraron los marcos legales vigentes para garantizar el cumplimiento normativo.

Este enfoque multidimensional proporciona una base sólida para evaluar la factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto, posicionándolo como una solución viable para fomentar la sostenibilidad en Medellín. La implementación de luminarias solares no solo contribuirá a disminuir la dependencia de fuentes energéticas tradicionales, sino que también fortalecerá los objetivos de desarrollo urbano sostenible, asegurando beneficios sociales, económicos y ecológicos a largo plazo.

Estudio de Mercado

El estudio presente aborda la evaluación del mercado de luminarias solares fotovoltaicas en Medellín, integrando un análisis profundo del mercado de energía renovable en Colombia, específicamente el crecimiento proyectado y los desafíos enfrentados. Se anticipa que el mercado de energía renovable en Colombia crezca a una

tasa compuesta anual de más del 2,6% durante el período de pronóstico. A pesar del impacto negativo de COVID-19 en 2020, el mercado ha retomado niveles previos a la pandemia.

El estudio reconoce que el apoyo gubernamental y los esfuerzos para satisfacer la creciente demanda de energía con fuentes renovables serán factores clave para el crecimiento del mercado. Sin embargo, se identifican desafíos como las condiciones climáticas desfavorables y la competencia con fuentes de energía convencionales como el carbón y el gas natural. A pesar de estos retos, Colombia posee un gran potencial para la generación de energía renovable, lo cual presenta oportunidades de inversión significativas para empresas locales.

Análisis de Demanda del Mercado

El segmento de energía solar muestra un crecimiento prometedor, atribuido a la disminución en los costos de los módulos solares y su versatilidad para diversas aplicaciones. Se destaca un aumento considerable en la generación de energía solar en Colombia, desde 86 MW en 2020 a 1500 MW en 2024. La mayoría de los proyectos están ubicados en regiones con alta irradiación solar, como La Guajira y los Llanos Orientales, que ofrecen condiciones óptimas para la generación de energía solar. Elaboración propia

El crecimiento de estos proyectos también está respaldado por políticas gubernamentales favorables, como la Ley 1715 de 2014, y el marco regulatorio establecido por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), que incentiva la inversión en energías renovables.

Este desarrollo está ayudando a Colombia a avanzar hacia sus objetivos de sostenibilidad y a reducir la dependencia de fuentes de energía tradicionales, contribuyendo al cambio hacia una matriz energética más limpia y diversificada.

Actualmente en Colombia luego de pandemia se han desarrollado varios proyectos relevantes a nivel nacional que han sido conectados a la red nacional de distribución y se relacionan en la tabla 5.

Tabla 5

Proyectos Solares en Colombia desde 2021

Proyecto	Ubicación	Capacidad	Empresa
Planta solar El Paso	La Guajira	20MW	Solatio.
Parque Solar Yuruani	La Guajira	100MW	Green Power
Parque Solar Vanti	Boyacá	20MW	Vanti
Parque Solar Celsia	Valle del Cauca	30MW	Celsia
Parque Solar La Sombra	Meta	10MW	Atersa
Parque Solar Termales	Tolima	5MW	Termales de San Vicente
Parque Solar Zapatoca	Santander	15MW	Soltec

Nota. En los parques solares reflejan un creciente interés y desarrollo en el sector de energía solar en Colombia. Las inversiones en proyectos solares están alineadas con la estrategia nacional para diversificar la matriz energética y aumentar la participación de las energías renovables.

Para el caso minorista de generación se cuenta con la tabla 6 que relaciona el consumo promedio en iluminación de una vivienda, conjunto residencial según la cantidad

de viviendas o apartamentos que la constituyen para de esa manera poder analizar el perfil de los posibles consumidores que pueden requerir los servicios en nuevos proyectos de vivienda para la generación de energía solar para iluminación, para lo cual según análisis de estadísticas cerca del 30% del consumo se centra en la iluminación:

Tabla 6

Consumo Energético de Iluminación en Unidades Residenciales

Estrato	Costo \$ Kilovatio/hora	Consumo promedio mensual por bloque Aptos KW/H	Uso energético de iluminación 30% KW/H
1	\$357	13740	4122
2	\$456	13740	4122
3	\$666	13740	4122
4	\$784	13740	4122
5	\$850	13740	4122
6	\$941	13740	4122

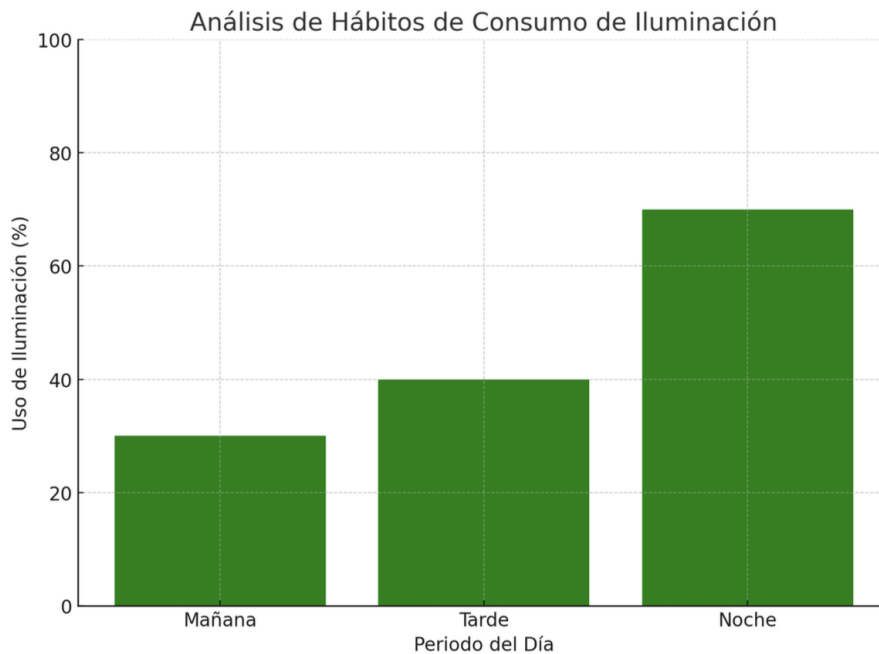
Nota. En la tabla 4 se denota la característica que tiene el uso de iluminación en las unidades residenciales en promedio en la ciudad de Medellín para un consumo de 4,122KW/H utilizados mensualmente con fin de iluminación con la diferencia de costo según estratos, donde los estratos más altos pueden valer el triple de los más bajos y se puede centrar esa población como la de mayor beneficio para la instalación y uso del producto. Tomado de datos actualizados de tarifas EPM septiembre 2024

Características de la Demanda Energética

El estudio también considera la viabilidad técnica y económica de la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en Medellín. Se examinan factores como la irradiación solar promedio en la región, los costos de instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos, y la aceptación y disposición de los residentes hacia estas tecnologías. Estos aspectos son cruciales para garantizar que la solución propuesta sea sostenible y eficiente a largo plazo. En la figura 2 se representa un análisis de datos acerca de los hábitos de consumos en cuanto a la iluminación utilizada en los hogares de acuerdo a las horas de uso:

Figura 2

Análisis de Hábitos de Consumo Residencial de Iluminación



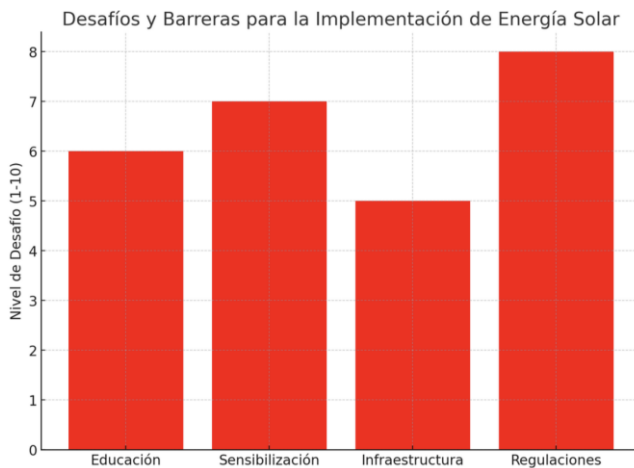
Nota. La Figura 2 denota otro componente vital en el estudio y es el análisis de los hábitos de consumo y las preferencias de los residentes en Medellín. Comprender cómo y cuándo se utiliza la iluminación en las áreas comunes permite diseñar sistemas que se alineen con las necesidades reales de los usuarios. Esto asegura que la implementación de la tecnología

solar no solo sea técnica y económicamente viable sino también socialmente aceptable y alineada con las prácticas locales.

El estudio también contempla los desafíos y barreras para la implementación de la energía solar en Medellín. Estos incluyen la necesidad de educación y sensibilización sobre los beneficios y el uso de la energía solar, la infraestructura existente y las regulaciones gubernamentales representados en la figura 3.

Figura 3

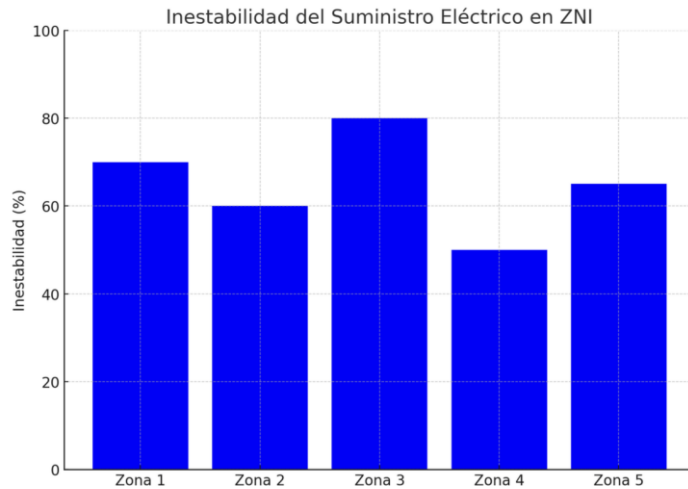
Desafíos y Barreras para la Implementación de Energía Solar



Nota. Estos factores pueden influir significativamente en la adopción y el éxito de los sistemas de iluminación solar en la ciudad. Al igual que la inestabilidad del suministro eléctrico en las zonas del sistema eléctrico en sectores rurales de la ciudad de Medellín tal y como lo muestra la figura 4 donde dicho suministro se encuentra entre 50 y 80% donde el servicio es inestable.

Figura 4

Inestabilidad de Suministro



Nota. La inestabilidad del servicio eléctrico en Medellín se debe a factores como la creciente demanda, la obsolescencia de la infraestructura y fenómenos climáticos. Esta situación plantea desafíos significativos para la implementación de energía solar, como la necesidad de inversiones iniciales, la adaptación de la red eléctrica y la integración de tecnologías de almacenamiento. Sin embargo, la energía solar puede ofrecer una solución sostenible y resiliente, diversificando la matriz energética y reduciendo la dependencia de fuentes tradicionales. Superar estos desafíos es crucial para garantizar un suministro eléctrico más estable y sostenible en el futuro.

Segmento del Mercado

Es el análisis que se realiza según la tabla de estratificación, donde se la caracterización por estratos socioeconómicos con el fin de evaluar las condiciones propicias para el ofrecimiento del producto y donde se tenga una mayor tasa de retorno a la inversión, para esta representación se considera analizar la siguiente tabla:

Tabla 7*Caracterización de Estratos Socioeconómicos*

Estrato	Características
1	Viviendas en barrios populares que generalmente no cuentan con administración de espacios comunes y que generalmente planean organizaciones para la comunidad sin estrategias claras. Este estrato no cuenta con una fuente recurrente de ingresos o que generalmente no supera 1 salario mínimo legal vigente.
2	Viviendas en barrios populares que generalmente no cuentan con administración de espacios comunes y que generalmente planean organizaciones para la comunidad sin estrategias claras. Este estrato cuenta con una fuente baja de ingresos que por lo general oscila entre 1 y 2 salarios mínimos legales vigentes.
3	Viviendas en barrios medios que generalmente cuentan con administración de espacios comunes. Este estrato cuenta con ingresos que oscila entre 2 y 4 salarios mínimos legales vigentes.
4	Viviendas en barrios medios que generalmente cuentan con administración de espacios comunes quienes se encargan de las operaciones de uso y mantenimientos de los espacios. Este estrato cuenta con ingresos que oscila entre 4 y 6 salarios mínimos legales vigentes.
5	Viviendas en barrios medios que generalmente cuentan con administración de espacios comunes quienes se encargan de las operaciones de uso y

Estrato	Características
6	<p data-bbox="358 306 1321 411">mantenimientos de los espacios. Este estrato cuenta con ingresos que oscila entre 6 y 10 salarios mínimos legales vigentes.</p> <p data-bbox="358 453 1349 703">Viviendas en barrios medios que generalmente cuentan con administración de espacios comunes quienes se encargan de las operaciones de uso y mantenimientos de los espacios. Este estrato cuenta con ingresos que superan los 10 salarios mínimos legales vigentes.</p>

Nota. Estratificación de posibles clientes y caracterización de escenarios de mercado.

Elaboración propia.

Determinación de la Población del Servicio

La selección de la población a enfocarse para la prestación del servicio se basa en el análisis de la tabla 7, la cual según los niveles de ingreso proporciona la información requerida para la toma de decisión de enfoque en los estratos altos donde es más factible el uso de la energía debido a costos iniciales y orden en el uso de recursos de administración. En ese orden los estratos 4, 5 y 6 son los más propicios a evaluar y ofrecer el producto, siendo este último el de mayor proyección y retorno de la inversión debido a los costos actuales de energía.

En la ciudad de Medellín se tiene una población estimada de 2'700.000 personas en el 2024 esto debido a la última encuesta realizada por el DANE en el año 2023. En la tabla 8 se representa en porcentajes según la estratificación, número de habitantes y un promedio de habitantes por hogar de 5 personas en cada uno tomando este dato como estimación de mayor densidad residencial, el cual tiende a bajar según estudios del DANE.

Tabla 8*Cantidad de Población*

Estrato	Porcentaje poblacional	Cantidad de habitantes	Número de hogares
1	25%	675.000	135.000
2	20%	540.000	108.000
3	30%	810.000	162.000
4	15%	405.000	81.000
5	7%	189.000	37.800
6	3%	81.000	16.200

Nota. En la anterior se indica que la población objetiva en la ciudad de Medellín se calcula en 675.000 personas de enfoque para el producto, lo que representa un 25% total de la población, la cual se encuentra inmersa en un total de 135.000 hogares como población más idónea para la prestación y presentación del servicio, de la cual se tiene una estimación del 10% del mercado, lo que representaría un enfoque a 13.500 hogares. Elaboración según DANE 2023.

Análisis de la Oferta del Producto

La capacidad total instalada de los parques solares mencionados entre 2023 y 2024 representa una adición significativa a la matriz energética de Colombia. Aunque estos proyectos suman varias centenas de megavatios, aún representan una fracción pequeña comparada con la capacidad total de energía del país. La expansión de proyectos solares en diversas regiones del país indica un enfoque en la diversificación geográfica, lo que ayuda a mitigar riesgos asociados con la intermitencia del recurso solar y asegura un suministro más

equilibrado a nivel nacional. Los proyectos varían en tamaño, desde pequeños parques de 5 MW hasta grandes instalaciones de 100 MW. Esta variedad en el tamaño de los proyectos refleja diferentes estrategias y objetivos, desde la integración de energía solar en redes locales hasta la generación de grandes volúmenes de energía para el mercado mayorista.

Empresas como Enel Green Power, Vanti, Celsia, Solatio y Atersa están liderando el desarrollo de proyectos solares, mostrando una participación tanto de grandes corporaciones como de empresas locales en el mercado. La presencia de estos actores sugiere un entorno competitivo y en crecimiento. La adición de energía solar ayuda a reducir la dependencia de fuentes de energía tradicionales, como la hidroeléctrica, y contribuye a una matriz energética más resiliente y sostenible. La energía solar es una fuente limpia que contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, apoyando los objetivos de sostenibilidad y cambio climático del país.

Actualmente en la ciudad de Medellín hay cerca de 10 empresas que se dedican a ofrecer servicios relacionados con la energía solar o renovables y temas de iluminación, entre ellas se encuentran: Energía Solar Colombia, Sustentación Solar, Soluciones Energéticas, Celsia, Ecoluz, SolarLatam, Energía Solar Antioquia, Ingesol, Prosol, Alternativas Energéticas. Entre estas Celsia y Ecoluz tienen en sus portafolios la instalación de iluminación solar interior requerida para el uso en zonas comunes, pero ninguna se enfoca en el uso para unidades residenciales con planta de generación, sin embargo, presta sus servicios a grandes empresas para servicios interconectados a la red comercial.

Análisis del Producto

La implementación de luminarias a base de energía solar fotovoltaica permite garantizar la iluminación de zonas concurridas y necesarias para la normal ejecución de

actividades cotidianas especialmente en las horas de la noche especialmente en unidades residenciales de la ciudad de Medellín, donde las personas que requieran tiempo y momentos de interacción y disfrute de sus horas de descanso puedan contar con espacios óptimos con la correspondiente iluminación para dicho disfrute. Este producto se proyecta como una posibilidad de cambio a corto plazo del uso energías convencionales a energías limpias e iniciar la independencia para garantizar una sostenibilidad ambiental sin interferir a futuro en las actividades cotidianas humanas en horas nocturnas.

Producto y Servicio

Producto. El producto está compuesto por los respectivos materiales requeridos para la instalación como lo son: los paneles solares (500W), el equipamiento de regulación de voltaje, estructuras metálicas, cableado eléctrico, baterías, luminarias, sensores de proximidad y consumibles.

Servicio de Instalación. Este servicio es necesario para la implementación de las luminarias donde dependiendo de las características y necesidades del cliente se realiza el análisis y planificación según la demanda energética se cuenta con los siguientes planes de generación:

Generación 15 KW(Kilovatios). Este producto es ideal para unidades residenciales de un solo bloque, con un promedio de 80 apartamentos, el cual cuenta con los respectivos equipos para la iluminación de hasta 20 pisos de áreas comunes, zonas verdes y parqueaderos con un total de 300 unidades de iluminación y un área de instalación de 75 metros cuadrados lo cual constituye un 10% del área total del techo del edificio básico de 60 metros de largo por 20 metros de ancho.

Generación 30 KW(Kilovatios). Este producto es ideal para unidades residenciales de dos bloques, con un promedio de 160 apartamentos, el cual cuenta con los respectivos equipos para la iluminación de hasta 20 pisos de áreas comunes, zonas verdes y parqueaderos con un total de 600 unidades de iluminación y un área de instalación de 150 metros cuadrados lo cual constituye un 20% del área total del techo del edificio básico de 60 metros de largo por 20 metros de ancho.

Generación 50 KW(Kilovatios). Este producto es ideal para unidades residenciales de tres bloques, con un promedio de 240 apartamentos, el cual cuenta con los respectivos equipos para la iluminación de hasta 20 pisos de áreas comunes, zonas verdes y parqueaderos con un total de 900 unidades de iluminación y un área de instalación de 300 metros cuadrados lo cual constituye un 30% del área total del techo del edificio básico de 60 metros de largo por 20 metros de ancho.

Generación 100 KW (Kilovatios). Este producto es ideal para unidades residenciales de cuatro bloques, con un promedio de 320 apartamentos, el cual cuenta con los respectivos equipos para la iluminación de hasta 20 pisos de áreas comunes, zonas verdes y parqueaderos con un total de 1200 unidades de iluminación y un área de instalación de 600 metros cuadrados lo cual constituye un 50% del área total del techo del edificio básico de 60 metros de largo por 20 metros de ancho.

En este sentido el uso de las azoteas de los edificios son el lugar propicio para el uso al máximo del recurso solar para la implementación de luminarias en las unidades residenciales, esto debido a que por lo general se usa para la instalación de tanques de suministro de agua expuestos totalmente al ambiente externo y condiciones climáticas.

Evaluación de Precios

Los precios de la energía en Colombia pueden variar significativamente según la región, el tipo de contrato y las condiciones del mercado. Para 2024, se cuenta con precios del kilovatio hora (kWh) en diferentes contextos en Colombia. En el mercado mayorista, los precios de la energía eléctrica pueden fluctuar debido a diversos factores como la oferta y la demanda, el clima, y el nivel de almacenamiento en represas hidroeléctricas. En 2024, el precio promedio del mercado mayorista ha estado en torno a aproximadamente en \$300 COP por kWh. Este precio puede variar dependiendo de la temporada y las condiciones específicas del mercado.

Para los usuarios residenciales, los precios están regulados por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). En 2024, los precios promedio para usuarios residenciales han estado alrededor de \$450 a \$1100 COP por kWh. Este rango puede variar dependiendo del estrato socioeconómico del usuario, el consumo, y la región.

Las empresas y grandes consumidores a menudo negocian contratos directos con generadores o comercializadores de energía, lo que puede llevar a precios más competitivos y pueden estar en el rango de \$200 a \$350 COP por kWh, dependiendo del contrato y las condiciones del mercado.

Para proyectos de energía solar, los precios también pueden variar dependiendo de la escala del proyecto y el tipo de contrato. A nivel de proyectos a gran escala, los precios para energía solar han ido disminuyendo, con costos aproximados de entre \$150 a \$250 COP por kWh.

Estos precios están influenciados por la disminución de los costos de tecnología solar y los incentivos gubernamentales para energías renovables, aunque la energía solar

está ofreciendo precios competitivos que pueden generar un mayor cambio a mediano plazo.

Actualmente se evaluaron las empresas del sector las cuales no tienen un portafolio solido de servicios alternativos para unidades residenciales, sin un dimensionamiento claro del servicio al que se le realiza el análisis donde se evalúa los servicios prestados y el costo total de la instalación semejante a la propuesta relacionada en la tabla 9.

Tabla 9

Análisis de Precios

Ítem	Empresa	Oferta de servicios	Servicio Iluminación por KW instalado
1	Energía Solar Colombia	Publico o exterior	\$ 7'550.000
2	Sustentación Solar	Publico o exterior	\$ 7'820.000
3	Soluciones Energéticas	Publico o exterior	\$ 7'913.000
4	Celsia	Publico exterior e interior	\$ 7'924.000
5	Ecoluz	Publico exterior e interior	\$ 7'523.000
6	Solarlatam	Publico o exterior	\$ 8'220.000
7	Energía Solar Antioquia	Publico o exterior	\$ 8'240.000
8	Ingesol	Publico o exterior	\$ 7'920.000
9	Prosol	Publico o exterior	\$ 7'735.000
10	Alternativas Energéticas	Publico o exterior	\$ 7'753.000
	Promedio		\$ 7'859.800

Nota. En ese orden el promedio de precios se encuentra en \$ 7'859.800 de pesos que en representación podrían considerarse por debajo con el fin de establecer una ventaja luego

del estudio y estructura económica a analizar. Por su parte actualmente el consumo de energía según los precios estipulados en la tabla 9, se llega a realizar la operación y conversión a KW/H esta tendría un costo total de \$9'408.000 solo para el estrato 4, lo cual sugiere que estar por debajo del promedio de la competencia daría un plus importante para la empresa de implementación.

Estrategia de Precios

La estrategia de precios no solo debe reflejar los costos de instalación y mantenimiento de los sistemas solares, sino que también debe tener en cuenta factores como la percepción del valor por parte del cliente, las tendencias del mercado y la regulación gubernamental. A través de un análisis profundo del comportamiento del consumidor y de la estructura de costos, se busca establecer un precio que no solo sea competitivo, sino que también maximice la rentabilidad y la penetración en el mercado.

Además, en un entorno donde las innovaciones tecnológicas son constantes, es fundamental adaptar la estrategia de precios a los cambios en el mercado y a las expectativas del consumidor. Este documento detalla las directrices y tácticas que se implementarán para establecer un enfoque de precios que impulse el crecimiento y la sostenibilidad de nuestra empresa en el sector de energía solar. La tabla 10 nos presenta una proyección de ventas según el producto teniendo como base el promedio del precio estimado por KW en \$ 7'500.000 debajo del promedio.

Tabla 10*Proyección de Ventas Mínima*

Producto	Precio a costo	Precio de venta	Estimado ventas 2025	Total
Planta 15KW	\$91'125.000	\$112'500.000	4	\$450'000.000
Planta 30KW	\$182'250.000	\$225'000.000	3	\$675'000.000
Planta 50KW	\$303'750.000	\$375'000.000	2	\$750'000.000
Planta 100KW	\$607'500.000	\$750'000.000	1	\$750'000.000
	\$1.184'625.000	\$1.462'500.000		\$2.625'000.000

Nota. La tabla 10 presenta una proyección de ventas mínima para diferentes tipos de plantas eléctricas en el año 2025. Cada fila corresponde a un modelo específico, mostrando los datos relacionados.

Comercialización del Producto

La comercialización de energía solar en Colombia, al igual que en otros mercados emergentes, implica varios aspectos clave que incluyen la oferta, la demanda, la estructura del mercado y las estrategias de venta. A continuación, se detalla un análisis de la comercialización del producto, el cual cuenta con los elementos claves para dicha comercialización.

Mercadeo

Para analizar el mercadeo del producto es necesaria la investigación de las condiciones de los mercados, actualmente en cuestiones de producción a gran escala en cuanto a la generación de electricidad se encuentra muy marcado en la instalación de grandes proyectos. Por parte del uso residencial este sistema fotovoltaico tiene mayor arraigo en zonas rurales y no interconectadas al sistema eléctrico nacional, por ende, es importante tener un plan de mercadeo que permita dar a conocer el producto como de fácil acceso y como alternativa a la energía comercial convencional.

Mercado Mayorista

Los precios en el mercado mayorista están determinados por la oferta y la demanda. Las empresas generadoras venden energía a distribuidores y comercializadores en este mercado.

Mercado Minorista

Los consumidores finales, incluidos hogares y empresas, compran electricidad a través de contratos con distribuidores y comercializadores. Los precios pueden variar según la región y el tipo de contrato.

Fracción del Mercado y ventas

Según el análisis realizado en la tabla de segmentación del mercado, donde se define la caracterización de la clientela en la cual se determinó un total del 25% de un público objetivo o nuevos proyectos residenciales en los estratos 4, 5 y 6 como principales usuarios para el producto, quienes tendrán a mediano plazo un beneficio de retorno importante garantizando a la vez una sostenibilidad energética a la mano.

Tabla 11*Proyección de Ventas Total de Productos*

Año	Número de proyectos	Crecimiento anual	Hogares intervenidos
2025	20	0	3200
2026	22	10%	3520
2027	24	10%	3872
2028	27	10%	4260
2029	30	10%	4686
2030	33	10%	5154
2031	36	10%	5669
2032	39	10%	6236
2033	43	10%	6860
2034	48	10%	7546

Nota. Esta proyección de ventas se puede relacionar en la tabla 11, donde se realiza la estimación de crecimiento del 10% anual para un crecimiento del 120% al cabo del décimo año.

Punto de Equilibrio (Break-Even Point)

Es el nivel de ventas en el que los ingresos totales de un proyecto o negocio igualan los costos totales, es decir, el punto en el que no hay ni ganancias ni pérdidas. Se calcula para determinar cuántas unidades de un producto o servicio deben venderse, o cuánto debe ser el ingreso total, para cubrir todos los costos fijos y variables. Superar el punto de equilibrio resulta en beneficios, mientras que no alcanzarlo implica pérdidas. Este indicador

es crucial para la planificación financiera, ya que ayuda a evaluar la viabilidad y la sostenibilidad económica del proyecto y la podemos identificar en la tabla 12.

Tabla 12

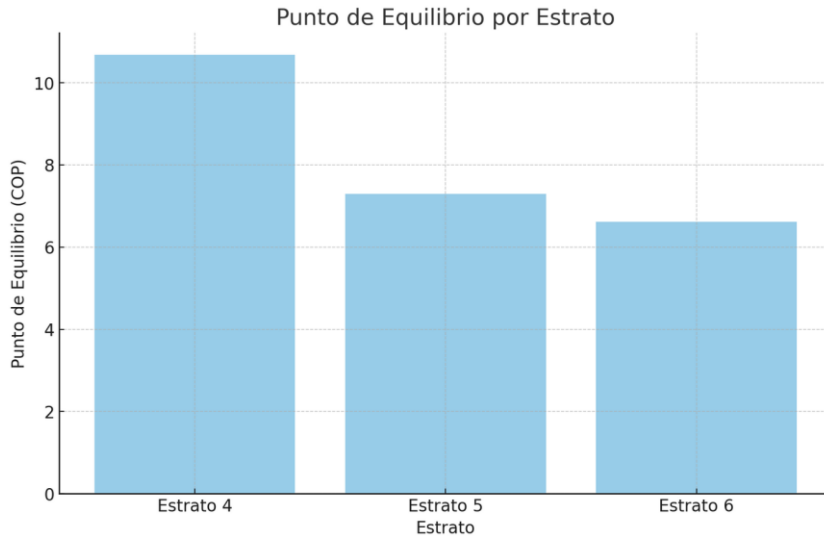
Punto de Equilibrio

Estrato	Punto de Equilibrio (COP)
Estrato 4	10.68
Estrato 5	7.29
Estrato 6	6.62

Nota. El punto de equilibrio, calculado en millones de COP, indica la cantidad de ingresos necesarios para cubrir todos los costos fijos asociados con el proyecto. En este caso, se observa que el punto de equilibrio es más alto para el Estrato 4 y disminuye progresivamente para los Estratos 5 y 6. Esto sugiere que, bajo las condiciones actuales, se requiere una mayor generación de ingresos en el Estrato 4 para alcanzar el punto de equilibrio en comparación con los Estratos 5 y 6. Este análisis del punto de equilibrio es esencial para entender la viabilidad económica del proyecto, ya que proporciona una medida clara de cuánto ingreso debe generarse para que el proyecto sea rentable. Sin embargo, es crucial considerar que estos valores son simplificaciones y deben ser interpretados dentro del contexto más amplio del proyecto y sus condiciones específicas. Además, factores como la variabilidad en los costos de operación, los cambios en los precios de la energía y las posibles fluctuaciones en la demanda deben ser tenidos en cuenta para una comprensión más completa de la situación financiera del proyecto.

Figura 5

Punto de Equilibrio



Nota. La Figura 5 muestra de manera visual esta relación, destacando cómo varía el punto de equilibrio entre los diferentes estratos. Es importante notar que estos cálculos se basan en el promedio del precio por KWH calculado a partir de los ingresos generados, que es de aproximadamente 16,793.49 COP.

Política de Compras, Proveedores y Clientes

Establecer un marco claro para la adquisición de bienes y servicios, la gestión de proveedores y el tratamiento de los clientes, asegurando calidad, sostenibilidad y cumplimiento normativo en todas las transacciones comerciales.

Principios Generales

Transparencia. Todas las actividades de compras y relaciones con proveedores y clientes se llevarán a cabo de manera abierta y transparente.

Sostenibilidad. Se priorizarán proveedores que demuestren prácticas sostenibles y responsables con el medio ambiente.

Equidad. Se garantizará un trato justo y equitativo a todos los proveedores y clientes, sin discriminación.

Proceso de Compras

Identificación de Necesidades. Las necesidades de bienes y servicios serán identificadas y comunicadas por los departamentos correspondientes.

Selección de Proveedores. Se llevará a cabo un proceso de selección que incluya la evaluación de la calidad, precios, capacidades de entrega y referencias de proveedores potenciales.

Solicitudes de Propuestas (RFP). Se emitirán RFPs para adquisiciones significativas, permitiendo a varios proveedores presentar sus ofertas.

Evaluación de Ofertas. Todas las ofertas se evaluarán de manera objetiva y conforme a criterios preestablecidos, priorizando la calidad y el costo total de propiedad.

Gestión de Proveedores

Relaciones a Largo Plazo. Se fomentará el establecimiento de relaciones de largo plazo con proveedores que cumplan con los estándares de calidad y sostenibilidad.

Evaluación Continua. Se realizará una evaluación periódica del desempeño de los proveedores, considerando calidad, cumplimiento de plazos y servicio al cliente.

Diversificación. Se buscará diversificar la base de proveedores para minimizar riesgos y fomentar la competencia.

Relación con Clientes

Atención al Cliente. Se implementarán canales de atención al cliente accesibles y efectivos, garantizando respuestas rápidas y soluciones a sus inquietudes.

Compromiso con la Calidad. Se garantizará que los productos y servicios ofrecidos cumplan con altos estándares de calidad y satisfacción del cliente.

Educación y Conciencia. Se promoverá la educación sobre energía solar y sostenibilidad entre los clientes, fomentando un entendimiento claro de los beneficios y el funcionamiento de nuestros productos.

Cumplimiento Normativo

Regulaciones. Se asegurará el cumplimiento con todas las leyes y regulaciones locales, nacionales e internacionales aplicables en materia de compras, contratación y relaciones comerciales.

Ética Empresarial. Se promoverá un comportamiento ético en todas las transacciones, evitando conflictos de interés y prácticas desleales.

Revisión y Actualización de la Política

Esta política será revisada anualmente o según sea necesario para adaptarse a cambios en el entorno regulatorio, de mercado o empresarial.

Estrategias de Comercialización. La comercialización del producto se centra primordialmente en el desarrollo e integración de elementos con última tecnología que permita el uso de la energía solar de manera cómoda sin interferir en las actividades cotidianas, en este caso la utilización de sensores de proximidad en áreas internas garantiza el uso adecuado y sostenible de la energía almacenada. La utilización de materiales de buena calidad que den la plena garantía de la vida proyectada del producto.

Desarrollo de Productos Novedosos. Las empresas desarrollan y gestionan grandes proyectos solares que venden energía a través de contratos a largo plazo con distribuidores o directamente a grandes consumidores.

Venta de Energía. Los contratos a largo plazo con precios fijados garantizan ingresos estables para los desarrolladores y precios predecibles para los compradores.

Instalación de Sistemas Solares Residenciales y Comerciales. Para usuarios residenciales y comerciales, empresas como Celsia, Enel, y otras ofrecen servicios de instalación de sistemas solares. Estos sistemas suelen incluir paneles solares, inversores y servicios de mantenimiento.

Contratos de Compra de Energía (PPA). Los contratos de compra de energía (PPA) son acuerdos a largo plazo entre proveedores de sistemas solares y consumidores. Los consumidores pagan por la energía generada a una tarifa fija, a menudo con opciones de financiamiento.

Modelos de Financiamiento

Para este modelo se plantea el fortalecimiento de alianzas con el sector financiero donde por medio de los incentivos se permita acceder de manera fácil a créditos que permitan adquirir el producto teniendo como base el retorno proyectado de la inversión a mediano y largo plazo dependiendo de las expectativas del cliente.

Compra Directa. Los consumidores compran sistemas solares y se benefician de ahorros en sus facturas de electricidad.

Arrendamiento y Financiamiento. Opciones como el arrendamiento solar y los préstamos para instalación permiten a los consumidores acceder a la energía solar sin una inversión inicial alta.

Marketing y Ventas

Educación del Cliente. La educación sobre los beneficios y ahorros potenciales de la energía solar es clave para atraer clientes. Esto incluye seminarios, campañas publicitarias y asesoramiento personalizado.

Incentivos y Subsidios. Las campañas que destacan los incentivos gubernamentales y subsidios pueden atraer a más clientes interesados en la energía solar.

Desafíos en la Comercialización

Falta de Conocimiento. A pesar del crecimiento, la falta de conocimiento sobre los beneficios de la energía solar y cómo funciona puede limitar la adopción. La educación del consumidor es fundamental.

Inversión Inicial. Aunque los costos de la tecnología solar han disminuido, la inversión inicial sigue siendo una barrera para los hogares y empresas. Los modelos de financiamiento ayudan a mitigar este problema, pero no lo eliminan completamente.

Infraestructura de Red

Capacidad de Integración. La infraestructura para integrar la energía solar en la red eléctrica necesita estar bien desarrollada para manejar la generación distribuida y garantizar un suministro estable.

Estrategia promocional. Se basa en promocionar el producto mediante el uso de motores de búsqueda vía internet, redes sociales como Facebook, Instagram, tiktok y proveedores donde se muestre el uso y los beneficios que traen consigo el uso de energías renovables.

Políticas del servicio

Propósito. Nuestra política de servicio al cliente tiene como objetivo garantizar que cada cliente reciba un servicio excepcional y personalizado en cada etapa de su experiencia con nosotros.

Atención. Proporcionar atención individualizada y asesoramiento adaptado a las necesidades específicas de cada cliente.

Transparencia. Ofrecer información clara y precisa sobre nuestros productos, servicios y tarifas, asegurando que nuestros clientes entiendan lo que están comprando.

Resolución. Establecer un proceso ágil para la resolución de cualquier inquietud o problema que pueda surgir, garantizando una respuesta rápida y efectiva.

Educación. Brindar recursos educativos sobre energía solar, su funcionamiento y beneficios, para empoderar a nuestros clientes en su decisión.

Sostenibilidad. Promover prácticas sostenibles y responsables, reflejando nuestros valores en el servicio que ofrecemos.

Canales. Nuestros clientes pueden contactarnos a través de los siguientes canales:

Teléfono: [Número de contacto]

Correo Electrónico: [Email]

Chat en Línea: Disponible en nuestra página web durante [horarios de atención].

Redes Sociales: [Listar plataformas]

Horario. Atendemos a nuestros clientes de 8am a 5pm de lunes a viernes

Feedback. Valoramos la opinión de nuestros clientes y la utilizamos para mejorar continuamente nuestro servicio. Fomentamos que nos envíen sus comentarios a través de nuestras encuestas de satisfacción o directamente a nuestro equipo de atención al cliente.

Compromiso. Realizamos auditorías periódicas de nuestro servicio al cliente para asegurar que cumplimos con nuestros estándares y los de nuestros clientes.

La comercialización de energía solar en Colombia está en expansión, con un enfoque en la venta de grandes proyectos solares y la instalación de sistemas residenciales y comerciales. Las estrategias incluyen contratos a largo plazo, opciones de financiamiento y campañas educativas para aumentar la adopción. Sin embargo, desafíos como la inversión inicial, la falta de conocimiento y la regulación siguen siendo áreas clave que necesitan atención para fortalecer la comercialización y facilitar el crecimiento del mercado solar en el país.

La generación de energía solar en el país experimenta un crecimiento notable, especialmente en la región de La Guajira, con un potencial estimado de generación eólica de 18 GW. El parque Yurani solar que es uno de los proyectos más grandes para este 2024 y las futuras instalaciones solares reflejan un compromiso creciente con esta fuente de energía. La iniciativa del Ministerio de Minas y Energía de Colombia para lanzar la primera ronda de arrendamiento eólico marino augura un futuro prometedor para la energía eólica en el país.

El mercado colombiano de energías renovables está moderadamente consolidado, con empresas líderes como Celsia SAESP, DNV GL AS, Enel Green Power SpA, Ventus Ingeniería S.R.L, y EDP Renovaveis SA desempeñando roles significativos. Estos actores del mercado y sus estrategias forman parte del análisis competitivo incluido en este estudio.

El estudio también incorpora noticias relevantes del mercado, como la Iniciativa Terra lanzada por Greenwood Energy y la Confederación Indígena Tayrona, y el proyecto solar de Trina Solar Co., Ltd en Camboya. Estos eventos subrayan la relevancia y

dinamismo del sector de energías renovables a nivel global y su impacto en el mercado colombiano.

Estudio Técnico

El estudio actual se centra en la base de los estudios de mercado para analizar el potencial de implementar luminarias mediante sistemas eléctricos solares fotovoltaicos en zonas comunes de unidades residenciales en Medellín. Teniendo en cuenta la creciente demanda de energía y la necesidad de soluciones sostenibles, se analiza el potencial de las energías renovables, en particular la solar, para satisfacer las necesidades de iluminación en la ciudad de Medellín.

Determinar la Ubicación del Proyecto

El primer aspecto del estudio aborda la situación de las Zonas No Interconectadas (ZNI) en Colombia, donde la iluminación juega un papel crucial en la vida diaria. En estas áreas, la inestabilidad y la discontinuidad del suministro eléctrico afectan significativamente las actividades cotidianas. Este contexto resalta la importancia de encontrar alternativas sostenibles y eficientes como la energía solar, que no solo pueden mejorar la calidad de vida en las ZNI sino también en zonas urbanas como Medellín.

En Medellín, las unidades residenciales de los estratos 4, 5 y 6 tanto en el área urbana como rural, representan un segmento clave para la introducción de la tecnología de iluminación solar. Estas áreas comunes, utilizadas para reuniones, actividades recreativas y como pasillos, requieren un suministro de iluminación constante y fiable. La implementación de sistemas solares fotovoltaicos en estas zonas no solo reduciría la dependencia de la red eléctrica convencional, sino que también fomentaría prácticas sostenibles en la comunidad. Medellín cuenta con una buena irradiación solar durante todo

el año, lo que la convierte en un lugar ideal para proyectos de energía solar. Las zonas como el centro, El Poblado y Laureles tienen un potencial significativo. La ubicación del proyecto debe ser fácilmente accesible para facilitar la instalación y el mantenimiento de los paneles solares. Además, debe estar cerca de la infraestructura necesaria, como caminos y redes eléctricas. Es fundamental considerar las normativas locales y los permisos necesarios para la instalación de sistemas solares. Medellín tiene políticas de sostenibilidad que pueden facilitar la implementación. En la figura se detallan aspectos de ubicación, estratificación y acceso tanto energético como en cuestiones de transporte y facilidad de llegada a los sitios.

Tabla 13

Matriz de Ubicación del Proyecto de Implementación de Luminarias a Base de Energía Solar en la Ciudad de Medellín

Zona	Comuna/Corregimiento	Estrato	Accesibilidad energética/Transporte
Urbana	Calasanz	4	Alta
Urbana	Laureles	4-5-6	Alta
Urbana	Belén	4-5	Alta
Rural	Belén	4-5	Media
Urbana	Guayabal	4	Alta
Urbana	Poblado	5-6	Alta
Rural	Santa Elena	4	Media
Rural	Palmas	6	Media

Nota. Con base en la tabla 13 podemos concluir que existen zonas de mayor potencial de espacios que son las áreas rurales donde se tienen algunas dificultades de acceso energético y vial que puede llevar a centrarse en las necesidades de nuevos proyectos residenciales.

Determinar el Tamaño y Diseño

De acuerdo con los análisis realizados con respecto a la demanda y oferta del uso de la energía solar para iluminación en la ciudad de Medellín, las características de radiación solar, los efectos regulatorios y el aumento de proyectos nuevos de vivienda en los sectores antes mencionados en la zona tanto urbana como rural se consideran que anualmente se tiene proyecto un aumento del 10% en expansión urbanística y construcción de nuevas unidades debido al auge del turismo en la ciudad. Con un número organizacional de entre 10 y 20 colaboradores y de acuerdo con los niveles de ingreso se determina como una pequeña empresa con la estimación de crecimiento anual representada en la tabla 14, de tal manera que en la proyección de 10 años se pueda duplicar el personal y a la vez la cantidad de proyectos a realizar.

Tabla 14*Análisis de Crecimiento de la Empresa*

Año	Número de proyectos	Hogares intervenidos	Colaboradores
2025	20	3200	11
2026	22	3520	12
2027	24	3872	13
2028	27	4260	15
2029	30	4686	15
2030	33	5154	17
2031	36	5669	19
2032	39	6236	21
2033	43	6860	22
2034	48	7546	22

Nota. En la Tabla 14 se relaciona un total de 3200 hogares, los cuales se intervendrán en un rango no menor a 10 meses durante el año, lo que sigue hacer 320 hogares de manera mensual o 2 servicios, lo cual con el personal operativo de 6 colaboradores es factible, en otras condiciones de más servicios se debe considerar el aumento de este según la demanda y necesidades.

Determinar Materiales y Equipos

Para la implementación de plantas solares para iluminación es de vital importancia tener en consideración que materiales y equipos son básicamente necesarios con el fin de gestionarlos para su ejecución, estos pueden caracterizarse dependiendo de varios

componentes como lo son: mecánico, eléctrico, funcionalidad, comercialización y normativa RETIE. Actualmente varias empresas en Colombia abarcan el tema de comercialización y distribución de estos tales como: ENSA, SOLTEC, ENERGIA SOLAR, TECNOSOLAR, SOLAR LATAM, ENERGY SOLAR, SOLARTECH entre otras.

Tabla 15

Materiales y Equipos

	Ítem	Costo Unitario (\$)	Cantidad	Costo Total (\$)
1	Computador oficina	1,600,000	3	4,800,000
2	Impresora/Escáner	1,200,000	1	1,200,000
3	Celular	800,000	3	2,400,000
4	Escritorio	750,000	4	3,000,000
5	Sistema de cámaras de vigilancia	4,000,000	1	4,000,000
6	Kit Muebles	3,500,000	1	3,500,000
7	Kit Herramientas	24,000,000	1	24,000,000
8	Equipos especiales de medición	9,000,000	1	9,000,000
9	Papelería, utensilios y consumibles	2,300,000	1	2,300,000
19	Cafetería	1,250,000	1	1,250,000
11	Kit emergencia	1,600,000	1	1,600,000
	Total			57,300,000

Nota. En la tabla 15 se relacionan los equipos y materiales requeridos para el inicio del proyecto de implementación de energía solar para iluminación en unidades residenciales.

Determinar el Recurso Técnico

Para la ejecución de estos proyectos es de vital importancia contar con personal calificado en gestión y dirección de proyectos, los cuales se relacionan en la tabla 16 donde

se estima el tipo de personal con experiencia en temas relacionados con la energía renovable con énfasis en la solar, además de personal operativo electricista, mecánico y auxiliares administrativos para nomina, seguridad, ventas y marketing. La adecuada planificación, junto con un enfoque en la viabilidad técnica y económica, así como en la aceptación social, puede llevar a una transición exitosa hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles en la ciudad. El estudio subraya la importancia de considerar un enfoque integral que abarque no solo aspectos técnicos y económicos, sino también culturales y sociales, para garantizar la efectividad y sostenibilidad a largo plazo de estas iniciativas.

Tabla 16*Recurso Técnico*

Cargo	Perfil	Cantidad de Personas
Coordinador	Persona con conocimiento electromecánico operacional de sistemas solares e iluminación	1
Analista	Persona especialista en marketing y ventas	1
Analista seguridad	Persona con conocimiento en parámetros de seguridad en el trabajo con riesgo mecánico y eléctrico	1
Electricista	Persona con experiencia y experticia en electricidad, instalaciones eléctricas residenciales y sistemas solares	2
Mecánico	Persona con experiencia y experticia en ensamblaje de estructuras, soldadura y montaje electromecánico	2
Ayudante Operativo	Persona con conocimientos básicos de seguridad, electricidad y mecánica	2

Nota. La implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en Medellín presenta una oportunidad prometedora para mejorar la sostenibilidad y eficiencia energética en zonas residenciales.

Estudio Organizacional

En un contexto global donde la sostenibilidad y la transición hacia fuentes de energía renovables se han convertido en prioridades clave, el desarrollo de proyectos de energía solar presenta una oportunidad significativa para transformar la matriz energética de Medellín. Este estudio organizacional tiene como objetivo analizar la viabilidad y el impacto del proyecto de energía solar en el entorno empresarial y social de la ciudad.

La creciente demanda de energía, junto con la necesidad de reducir las emisiones de carbono, impulsa la búsqueda de soluciones sostenibles. Medellín, con su clima favorable y políticas de apoyo a la energía renovable, se posiciona como un lugar estratégico para la implementación de tecnologías solares. A través de este estudio, se evaluarán aspectos fundamentales como la estructura organizativa del proyecto, los recursos humanos necesarios, las capacidades técnicas, así como el marco normativo que rige la operación de sistemas de energía solar en la región.

Además, se abordarán las oportunidades y desafíos que enfrenta la empresa en el ámbito local, analizando la competencia, las tendencias del mercado y la percepción de la comunidad respecto a la energía solar. Al final del estudio, se ofrecerán recomendaciones para optimizar la operación del proyecto y maximizar su impacto positivo tanto en la sostenibilidad ambiental como en el desarrollo económico de la comunidad.

Este análisis no solo busca facilitar la correcta implementación del proyecto, sino también establecer una base sólida para futuras iniciativas en el sector de las energías renovables en Medellín.

Estructura Organizacional

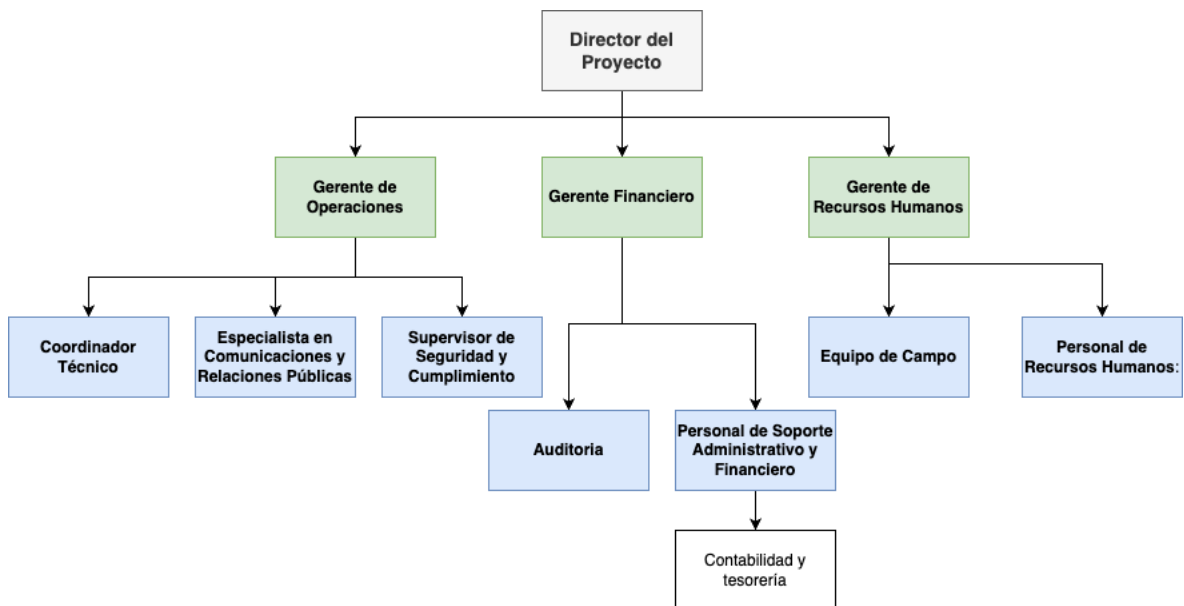
En el contexto del proyecto sobre la implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en zonas comunes de unidades residenciales en Medellín, el estudio organizacional es un componente crucial. Este estudio asegura que la estructura organizativa sea adecuada para llevar a cabo el proyecto de manera eficiente.

Organigrama

En respuesta a la creciente necesidad de soluciones sostenibles y eficientes en el ámbito de la energía, el presente proyecto de iluminación a base de energía solar en la ciudad de Medellín busca transformar espacios públicos y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Este organigrama representado en la figura 6, detalla la estructura organizativa del proyecto, resaltando las funciones y responsabilidades de cada integrante del equipo.

Figura 6

Organigrama



Nota. El organigrama del proyecto para la implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en Medellín está encabezado por el director del Proyecto, seguido por tres gerentes clave: Operaciones, Finanzas y Recursos Humanos.

Estos gerentes supervisan áreas específicas como ejecución operativa, finanzas y administración de personal. A nivel técnico y especializado, se incluyen roles como el Coordinador Técnico, el Especialista en Comunicaciones y el Supervisor de Seguridad, reportando al Gerente de Operaciones. En la base, el Equipo de Campo y el personal de soporte llevan a cabo las tareas operativas y de soporte, bajo la supervisión directa de sus respectivos jefes. Esta estructura jerárquica facilita la toma de decisiones, la comunicación clara y la gestión eficaz del proyecto.

Identificación de la Organización

Para la organización es fundamental la determinación específica de los roles a cumplir dentro del equipo de trabajo para la gestión humana con el fin de que cada individuo reconozca su función y responsabilidad.

La estructura organizacional presentada es esencial para el éxito del proyecto de implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica, ya que asegura una distribución clara y eficiente de roles y responsabilidades. Al contar con un director del Proyecto que supervisa la estrategia global y gerentes especializados en operaciones, finanzas y recursos humanos, se garantiza un liderazgo efectivo en todas las áreas críticas. Los coordinadores y especialistas técnicos aportan experiencia específica, esencial para la implementación técnica y la comunicación externa. En el nivel operativo, los técnicos de campo realizan las tareas prácticas de instalación y mantenimiento, mientras que el

personal de soporte garantiza la fluidez de las operaciones administrativas y de recursos humanos. Esta estructura facilita la coordinación, optimiza la gestión de recursos y mejora la toma de decisiones, lo que es fundamental para alcanzar los objetivos del proyecto de manera eficiente y efectiva.

Identificación de Roles y Habilidades

El éxito de un proyecto de energía solar depende no solo de la tecnología y los recursos disponibles, sino también de la adecuada identificación de roles y habilidades dentro de la organización. En un sector en constante evolución como el de las energías renovables, es fundamental contar con un equipo multidisciplinario que combine conocimientos técnicos, habilidades de gestión y un enfoque centrado en el cliente. requiera.

Tabla 17*Roles y Funciones*

Nivel en la Organización	Cargo	Cantidad de Personas	Funciones y Responsabilidades
Superior	Director	1	<p>Liderazgo global del proyecto.</p> <p>Toma de decisiones estratégicas.</p> <p>Comunicación con <i>stakeholders</i> clave.</p> <p>Supervisión de la ejecución diaria.</p> <p>Gestión de equipos.</p>
Gerencial	Gerente de Operaciones	1	Reporte de avances al director.
Gerencial	Gerente Financiero	1	<p>Gestión financiera y presupuestaria.</p> <p>Análisis financiero.</p> <p>Reporte financiero al director.</p>

Nivel en la Organización	Cargo	Cantidad de Personas	Funciones y Responsabilidades
Gerencial	Gerente de Recursos Humanos	1	Gestión de contrataciones y desarrollo del personal. Implementación de políticas de RRHH. Reporte al director.
Coordinación/Especialización	Coordinador Técnico	1	Liderazgo en diseño e implementación técnica. Coordinación con proveedores y técnicos. Reporte al Gerente de Operaciones.
Coordinación/Especialización	Especialista en Comunicaciones y RRPP	1	Gestión de la comunicación externa. Relaciones públicas.

Nivel en la Organización	Cargo	Cantidad de Personas	Funciones y Responsabilidades
Coordinación/Especialización	Supervisor de Seguridad y Cumplimiento	1	<p>Reporte al Gerente de Operaciones.</p> <p>Asegurar cumplimiento de normativas.</p> <p>Supervisión de la seguridad en el proyecto.</p>
Operativo	Técnico de Campo	5 a 10	<p>Reporte al Gerente de Operaciones.</p> <p>Instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.</p> <p>Reporte al Coordinador Técnico.</p>

Nivel en la Organización	Cargo	Cantidad de Personas	Funciones y Responsabilidades
Soporte	Personal de Soporte Administrativo y Financiero	2 a 3	Asistencia en tareas administrativas y financieras. Reporte al Gerente Financiero.
Soporte	Personal de Recursos Humanos	1 a 2	Asistencia en tareas de gestión de personal. Reporte al Gerente de Recursos Humanos.

Nota. En la tabla 17 se realiza la relación determinando el cargo, función o responsabilidad según se evidencia.

Lineamientos de Dirección y Gestión de Proyectos

Tener lineamientos claros de dirección y gestión es fundamental para garantizar la eficiencia, calidad y éxito de los proyectos que se van a ejecutar. Se determinaron nueve lineamientos que debe seguir paso a paso la organización con el fin de tener mejores prácticas empresariales que apoyen la dirección:

Definir alcance. Ayuda a fijar una meta de acuerdo con las características del cliente según su necesidad y uso de la energía.

Desarrollar un cronograma. Permite controlar cada uno de los hitos a cumplir para objetivo y alcance general del proyecto, desde la planificación hasta el cierre del proyecto

Definir equipo de trabajo. Fundamental para el desarrollo de las tareas y se define luego de determinar el alcance y cronograma, esto ayuda a garantizar la normal ejecución del proyecto

Gestion de proveedores. proceso de supervisar y coordinar las relaciones con los proveedores o proveedores de servicios para asegurar que se cumplan los requisitos del proyecto o de la organización de manera eficiente y efectiva. Este proceso es crucial para garantizar que los bienes y servicios necesarios se entreguen a tiempo, dentro del presupuesto y con la calidad esperada.

Gestion de riesgo. Proceso sistemático para identificar, evaluar, y priorizar los riesgos en un proyecto o en una organización, seguido por la aplicación de recursos para minimizar, controlar o eliminar los efectos negativos de esos riesgos. Su objetivo es asegurar que los objetivos del proyecto o de la organización se alcancen de manera eficiente y efectiva, a pesar de las incertidumbres y posibles problemas.

Gestion de calidad. Proceso integral que se enfoca en garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares y expectativas de calidad establecidos. Su objetivo es mejorar la eficiencia, reducir los defectos y asegurar la satisfacción del cliente.

Gestion de información y reporte. Proceso estratégico que implica la recolección, almacenamiento, organización, protección, y distribución de la información dentro de una

organización o proyecto. Su objetivo es asegurar que la información sea precisa, accesible, segura y útil para apoyar la toma de decisiones, la eficiencia operativa, y la consecución de los objetivos organizacionales.

Gestion de clientes. Es el proceso que permite mantener y optimizar las relaciones con los clientes para maximizar su satisfacción, fidelidad y valor a lo largo del tiempo. Este proceso incluye una serie de actividades y estrategias diseñadas para asegurar que las necesidades y expectativas de los clientes sean atendidas de manera efectiva y eficiente, y para fomentar relaciones duraderas y mutuamente beneficiosas.

Costos Organizacionales

En este se representa el costo de los ítems que se requieren para la operación de la empresa donde se especifican aspectos de transporte, recurso humano, oficina y herramientas considerados para la operación administrativa y organizacional de manera mensual, sin embargo, estos valores pueden ser variables dependiendo de la cantidad de proyectos obtenidos en el mismo lapso. En la tabla 18 se relacionan los costos organizacionales en el primer año de operación donde se tienen en cuenta aspectos salariales, transportes y servicios complementarios. Estos costos abarcan desde el transporte de materiales y personal, esencial para llevar los componentes al sitio de instalación, hasta la instalación técnica y mecánica precisa de paneles solares y estructuras de soporte, asegurando la máxima eficacia y durabilidad del sistema. Además, incluyen aspectos fundamentales como el tendido de cableado, la configuración de baterías y la verificación de parámetros preoperativos, todos vitales para el rendimiento óptimo y la seguridad del sistema. La inversión en estos costos operativos y de administración no solo facilita una instalación adecuada y conforme a los estándares técnicos, sino que también contribuye a la

longevidad y fiabilidad del sistema, maximizando así los beneficios económicos y ambientales a largo plazo del proyecto de energía renovable.

Tabla 18

Relación de Costos Organizacionales

Ítem	Costo Unitario (\$)	Cantidad	Costo Total (\$)	
1	Transporte de materiales	1,200,000	24	28,800,000
2	Transporte de personal y herramientas	250,000	240	72,000,000
3	Salarios	37,960,000	12	455,520,000
4	Servicios de vigilancia y aseo	4,050,000	12	48,600,000
5	Servicios públicos	1,200,000	12	14,400,000
6	Alquiler Bodega/Oficina	4,500,000	12	54,000,000
Total				673,320,000

Nota. Los costos operativos y de administración delineados en la Tabla 18 son cruciales para garantizar la implementación exitosa y el funcionamiento eficiente del proyecto de iluminación solar fotovoltaica.

Estudio Ambiental

El estudio ambiental en el contexto de implementar sistemas de iluminación solar fotovoltaica en áreas comunes de unidades residenciales, especialmente en una ciudad como Medellín. La creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de transitar hacia fuentes de energía más sostenibles han convertido a la energía solar en una alternativa viable y atractiva a nivel global. En este contexto, el presente estudio ambiental tiene como objetivo evaluar el impacto ecológico del proyecto de energía solar en Medellín,

así como identificar medidas para mitigar posibles efectos negativos en el entorno natural y social. Se tiene en cuenta los siguientes elementos clave.

Evaluación Ambiental y Social

Para realizar la gestión ambiental y social de este proyecto se debe establecer una identificación de aspectos relevantes del entorno que rodea la ubicación donde se ejecutará el proyecto como en el ámbito organizacional, esto con el fin de establecer los parámetros y definición de riesgos. Estos factores tienen un orden de acuerdo con su naturaleza, ya que pueden ser del carácter externo como interno y que tienen un factor importante de incidencia y los podemos caracterizar en este caso como:

Organizacional. Hace parte estructural de la organización y va ligado a la misión, visión y madurez organizacional para la determinación de la solidez organizacional.

Recursos Humanos. Determinación y gestión del nivel de liderazgo y equipo de trabajo

Tecnológico. Desarrollo empresarial en cuestiones de innovación y estándares vanguardistas del mercado para la identificación de oportunidades

Demográfico. Se cuenta con una población estándar estimada del proyecto inicialmente de cerca de doscientos mil habitantes.

Político. Verificación de normas acopladas a la ley de solvencia energética para beneficios por uso de energías renovables.

Económico. Actualmente se tiene un evento coyuntural donde las tasas de desempleo en la zona se encuentran por debajo del 10%, con un factor de inflación de alrededor del 6%, lo que permite de cierta manera tener cierto grado de positivismo en la implementación de los paneles solares para unidades residenciales

Cultural. Es un reto importante socializar los beneficios y características que tiene la implementación de paneles solares para la generación de energía limpia para el uso de iluminación en las unidades residenciales, estos del carácter ambiental, económico y social.

Evaluación del Riesgo Ambiental y Social

Luego de la evaluación de los factores ambientales y sociales a considerar para el plan de gestión de cada uno se va a identificar los respectivos riesgos asociados de tal manera que se vea reflejado a cualquier nivel bien sea mínimo o de alto impacto. Para las consideraciones ambientales se tiene como referencia la inclusión de las actividades humanas que generan daños en el entorno tales como la contaminación con residuos, deforestación, lo cual genera un daño en los suelos, la fauna, deterioro de aire y degradación de la capa de ozono. Plagas y enfermedades debido a características biológicas y químicas que generan una reconfiguración ambiental.

Dentro de las consideraciones sociales está el factor cultural que se refleja con el uso de las nuevas tecnologías de uso del recurso energético asociado al nivel de conocimiento y educación con respecto al tema de energías limpias y renovables además del uso consciente.

Para este proyecto se puede determinar que uso se hace con los residuos generados por el montaje de equipos que generalmente pueden ser materiales para reciclar, como lo son: Cartón, plásticos, caucho, metal, esto con un plan de separación. En cuanto a lo social se debe contar con un plan de sensibilización de las nuevas tecnologías que se implementan para la generación de energía renovable como la solar.

Impacto ambiental y Social

El impacto ambiental y social de un proyecto de iluminación solar fotovoltaica en Medellín es un aspecto fundamental por considerar para garantizar su sostenibilidad y aceptación por parte de la comunidad. La implementación de este tipo de proyectos no solo busca la generación de energía limpia y renovable, sino que también apunta a generar un cambio positivo en el entorno y la sociedad. Es crucial evaluar tanto los beneficios como los posibles efectos adversos para maximizar los primeros y mitigar los segundos, asegurando así un equilibrio entre el desarrollo tecnológico y la preservación del bienestar ambiental y social. La tabla 19 representa el impacto ambiental y social que genera la implementación de luminarias a base de energía solar en las unidades residenciales de la ciudad de Medellín de acuerdo con factores externos y los encargados de la gestión de los mismos. Los responsables asignados garantizan que haya puntos de contacto claros para cada aspecto del impacto, mientras que las externalidades reflejan los efectos más amplios que el proyecto puede tener en el entorno y la sociedad. La evaluación de estos impactos es esencial para la toma de decisiones informada y la implementación de estrategias que promuevan la sostenibilidad y la integración comunitaria en el desarrollo del proyecto.

Tabla 19*Impacto Ambiental y Social*

Impacto	KPIs	Descripción	Evaluación	Responsables	Externalidades
Ambiental	Reducción de CO2	Cantidad de reducción en emisiones de CO2 gracias al proyecto.	Cuantitativa	Equipo de proyecto	Mejora de la calidad del aire, mitigación del cambio climático.
Ambiental	Uso de suelo	Impacto en el uso del suelo debido a la instalación de paneles solares.	Cualitativa	Equipo ambiental	Cambios en el ecosistema local, efectos en la biodiversidad.
Social	Creación de empleo	Número de empleos generados directa e indirectamente por el proyecto.	Cuantitativa	Equipo de RRHH	Desarrollo económico local, mejora en el nivel de vida.

Impacto	KPIs	Descripción	Evaluación	Responsables	Externalidades
Social	Participación comunitaria	Grado de participación e involucramiento de la comunidad en el proyecto.	Cualitativa	Equipo de comunicación	Empoderamiento comunitario, aceptación del proyecto.

Nota. La Tabla 19 muestra una clara distinción entre los impactos ambientales y sociales, identificando los KPIs relevantes que ayudarán a medir y evaluar el rendimiento del proyecto en estas áreas.

Indicadores de EIA

El plan de evaluación ambiental para el proyecto de luminarias solares en Medellín incluye la revisión de diversos indicadores. Estos se dividen en evaluaciones iniciales, como el impacto en la flora, fauna, suelo, agua, y el impacto visual, así como en monitoreos continuos, como la gestión de residuos, el efecto en el microclima, y la evaluación de ruido. Cada indicador tiene un responsable asignado, desde biólogos y arquitectos paisajistas hasta ingenieros y climatólogos, con tiempos y roles específicos para asegurar un análisis. La evaluación del impacto ambiental (EIA) para la implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en Medellín es un proceso complejo que requiere un análisis detallado de varios aspectos. Inicialmente, el estudio se enfoca en comprender el impacto durante la fase de construcción de estas instalaciones. Durante esta fase, es crucial analizar y minimizar los efectos sobre el suelo, la vegetación local y la fauna. Por ejemplo, la perturbación del suelo

y la vegetación durante la instalación de paneles solares en áreas residenciales podría tener un impacto temporal, pero significativo, en el ecosistema local.

Además, la EIA contempla el impacto operativo a largo plazo de los sistemas fotovoltaicos. Esto incluye no solo su funcionamiento sino también el mantenimiento periódico. Aunque los sistemas fotovoltaicos son generalmente de bajo impacto una vez instalados, su mantenimiento puede requerir el uso de vehículos y equipo que podría perturbar temporalmente el entorno local. Por ejemplo, el acceso regular a los sitios de instalación para mantenimiento podría aumentar la compactación del suelo y afectar la permeabilidad del agua en el área.

Otro aspecto crucial es la evaluación del impacto visual y estético de los paneles solares en el entorno urbano. Aunque los paneles solares son generalmente considerados una tecnología limpia y discreta, su presencia puede alterar significativamente el paisaje urbano. Por ejemplo, en áreas residenciales con una estética arquitectónica uniforme, la introducción de paneles solares podría percibirse como una intrusión visual. Esta consideración es especialmente relevante en Medellín, donde la armonía estética de los barrios residenciales es valorada.

La EIA también considera la influencia de los sistemas fotovoltaicos en la biodiversidad local. Aunque en general se considera que tienen un impacto mínimo en la fauna, es importante evaluar cualquier posible efecto negativo, especialmente en áreas que sirven como hábitats para especies locales. Por ejemplo, es necesario asegurarse de que la instalación de paneles solares no interfiera con rutas migratorias de aves o con el hábitat de especies endémicas.

Tabla 20*Indicadores EIA*

Indicador	Tiempo Estimado	Responsable
Impacto en la Flora y Fauna	Inicial - 6 meses	Biólogo Ambiental
Efectos en el Suelo y Agua	Inicial - 3 meses	Ingeniero Ambiental
Impacto Visual y Estético	Inicial - 2 meses	Arquitecto Paisajista
Perturbación durante la Construcción	Duración de la Construcción	Gerente de Proyecto
Evaluación de Ruido	Inicial - 1 mes	Acústico Ambiental
Gestión de Residuos	Continuo	Responsable de Residuos
Efecto en el Microclima Local	Continuo	Climatólogo
Análisis de la Biodiversidad	Inicial - 4 meses	Ecólogo
Impacto de la Radiación Solar	Inicial - 2 meses	Físico Ambiental
Gestión del Reciclaje (Fin de Vida Útil)	Largo Plazo	Gerente de Sostenibilidad

Nota. La tabla 20 determina que el estudio evalúa el efecto acumulativo de estos sistemas en la ciudad como un todo. Por ejemplo, aunque un solo sistema fotovoltaico tiene un impacto ambiental mínimo, la instalación de múltiples sistemas a lo largo de la ciudad podría tener efectos más significativos que necesitan ser evaluados y gestionados.

Esto incluye el análisis de la absorción de calor de los paneles y su posible efecto en el microclima local.

Finalmente, la EIA aborda los posibles efectos de la generación de residuos y la gestión del reciclaje al final de la vida útil de los paneles solares. Aunque los paneles solares tienen una vida útil relativamente larga, usualmente de 25 a 30 años, su disposición

al final de su vida útil es un aspecto ambiental importante. La correcta gestión de estos residuos, incluyendo el reciclaje de materiales como el silicio, es fundamental para minimizar el impacto ambiental del proyecto a largo plazo.

Análisis de la Huella de Carbono

La implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en Medellín representa una iniciativa significativa en la reducción de la huella de carbono, un aspecto crítico en la lucha contra el cambio climático. La huella de carbono se refiere a la totalidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), expresadas en equivalentes de dióxido de carbono (CO₂), que se generan directa o indirectamente por actividades humanas. En el contexto de sistemas de iluminación solar, este cálculo implica evaluar las emisiones evitadas al sustituir fuentes de energía basadas en combustibles fósiles por energía solar.

La relevancia de este análisis radica en su contribución al entendimiento global de cómo las alternativas energéticas sostenibles, como la solar fotovoltaica, pueden disminuir el impacto ambiental. Por ejemplo, la producción de electricidad mediante paneles solares no emite CO₂ durante su funcionamiento. En contraste, la generación de energía eléctrica a partir de carbón libera aproximadamente 1 kg de CO₂ por cada kWh generado. Al reemplazar fuentes de energía convencionales con sistemas solares fotovoltaicos en áreas residenciales, se reduce significativamente la emisión de gases contaminantes.

Para cuantificar este beneficio, se considera la capacidad instalada de los sistemas solares y su eficiencia. Suponiendo que un sistema fotovoltaico en Medellín tenga una capacidad de 1 MW y opere con una eficiencia promedio del 15% en condiciones climáticas locales, se puede estimar la producción anual de energía y las emisiones de CO₂

evitadas. Con una irradiación solar promedio, un sistema de esta magnitud podría generar aproximadamente 1.300 MWh al año. Al reemplazar la energía generada por combustibles fósiles, este sistema podría evitar la emisión de alrededor de 1.300 toneladas de CO₂ anualmente, considerando el factor de emisión del carbón.

Este representa los valores a tomar en cuenta de análisis del funcionamiento del sistema en cuestiones energéticas, consumo, eficiencia y emisiones generales de la generación de energía solar a considerar dentro de un determinado valor de generación. Basándose en el factor de emisión estándar de carbón, se estima que este sistema podría evitar la emisión de alrededor de 1300 toneladas de CO₂ anualmente

Este análisis de la huella de carbono también incluye la evaluación del ciclo de vida de los sistemas fotovoltaicos, desde la fabricación de los paneles solares hasta su disposición final. Aunque la fabricación de paneles solares involucra emisiones de GEI, estas se compensan significativamente durante la vida útil del sistema, que suele ser de más de 25 años. Las emisiones iniciales se amortizan en términos de carbono en un período relativamente corto, dependiendo de la intensidad solar del lugar de instalación.

Además, es crucial considerar los avances en la tecnología de paneles solares que han mejorado su eficiencia y reducido la energía y los recursos necesarios para su producción. Los fabricantes de paneles solares están cada vez más enfocados en prácticas sostenibles, lo que contribuye a disminuir aún más la huella de carbono de estos sistemas. En el futuro, se espera que la eficiencia de los paneles solares continúe aumentando, lo que mejorará la relación entre la energía producida y las emisiones de GEI durante su ciclo de vida.

Tabla 21*Huella Carbono*

Concepto	Valor
Capacidad del Sistema Solar (MW)	1
Eficiencia Promedio (%)	15
Energía Generada Anualmente (MWh)	1300
Factor de Emisión de Carbón (kg CO ₂ /kWh)	1
Emisiones de CO ₂ Evitadas Anualmente (Toneladas)	1300

Nota. La Tabla 21 muestra los cálculos estimados para un sistema solar fotovoltaico de 1 MW de capacidad en Medellín. Con una eficiencia promedio del 15%, el sistema puede generar aproximadamente 1300 MWh de energía al año.

Plan de Gestión Ambiental y Social

En el estudio ambiental para la implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en áreas comunes de unidades residenciales, un aspecto crucial es la gestión de residuos y reciclaje. Este enfoque se centra en minimizar el impacto ambiental generado por los residuos durante la instalación y el desmantelamiento de los sistemas fotovoltaicos. Se estima que, durante la instalación de sistemas solares, se generan aproximadamente 2 a 3 kilos de residuos por metro cuadrado, mayormente compuestos de materiales de empaque y componentes obsoletos. La gestión adecuada de estos residuos es fundamental para reducir la contaminación y promover prácticas sostenibles.

Un componente esencial de la gestión de residuos es el reciclaje de paneles solares al final de su vida útil, que típicamente es de 25 a 30 años. A nivel global, se espera que

para el año 2050, se generen alrededor de 78 millones de toneladas de desechos de paneles solares. En Medellín, la implementación a gran escala de estos sistemas podría contribuir significativamente a esta cifra, lo que resalta la importancia de desarrollar e implementar estrategias de reciclaje eficaces. Estas estrategias deben ser capaces de recuperar materiales valiosos como el silicio, el vidrio y los metales preciosos, que constituyen una proporción considerable de los paneles.

El proceso de reciclaje de paneles solares implica varias etapas técnicas, empezando por la desinstalación segura y el transporte de los paneles a las instalaciones de reciclaje. Seguidamente, se procede a la separación de los componentes, donde se recuperan materiales como el vidrio (aproximadamente el 75% del panel) y el silicio. Se estima que, mediante procesos de reciclaje eficientes, se puede recuperar hasta un 90% de ciertos materiales, lo que subraya su valor económico y ambiental. Además, la gestión de residuos durante la instalación de los sistemas solares también es un componente vital. Esto incluye la disposición adecuada de materiales como cables, inversores y baterías, que pueden contener sustancias tóxicas. Las prácticas de gestión de residuos en esta etapa deben cumplir con las normativas locales e incorporar principios de reducción, reutilización y reciclaje. Por ejemplo, en la ciudad de Medellín, se deberían establecer protocolos específicos para la recolección y disposición de estos residuos, en colaboración con entidades municipales y empresas especializadas en reciclaje.

La educación y concienciación de los residentes y trabajadores involucrados en el proyecto son igualmente importantes. Se debe fomentar una cultura de responsabilidad ambiental, asegurando que todos los participantes estén informados sobre la importancia de una adecuada gestión de residuos y reciclaje. Talleres y programas de formación pueden ser

herramientas efectivas para transmitir conocimientos y habilidades relacionadas con la sostenibilidad ambiental en el contexto de la energía solar fotovoltaica.

Tabla 22

Relación entre la Vida Útil de un Sistema de Iluminación Solar Fotovoltaica y su Costo-Beneficio

Años de Vida Útil	Costo Inicial Estimado (USD)	Ahorro Anual Estimado (USD/año)	Ahorro Total Acumulado (USD)	Costo Neto Acumulado (USD)
5	10,000	1,000	5,000	5,000
10	10,000	1,000	10,000	0
15	10,000	1,000	15,000	-5,000
20	10,000	1,000	20,000	-10,000
25	10,000	1,000	25,000	-15,000
30	10,000	1,000	30,000	-20,000

Nota. En la Tabla 22, el Costo Inicial Estimado se mantiene constante a lo largo de los años, mientras que el Ahorro Anual Estimado refleja el beneficio económico anual obtenido por el uso del sistema. El Ahorro Total Acumulado aumenta con el tiempo, reflejando la suma total de ahorros obtenidos hasta ese punto. El Costo Neto Acumulado muestra la diferencia entre el costo inicial y el ahorro acumulado, ilustrando cómo el sistema se vuelve económicamente ventajoso a medida que pasa el tiempo.

Evaluación de la Sostenibilidad a Largo Plazo

La evaluación de la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de iluminación solar fotovoltaica en Medellín abarca múltiples aspectos que trascienden la mera eficiencia energética y la mitigación del cambio climático. Este análisis se profundiza en la durabilidad y el mantenimiento de estos sistemas, asegurando su funcionamiento óptimo y continuo a lo largo del tiempo. La expectativa de vida útil de los paneles solares, generalmente estimada en alrededor de 25 a 30 años, juega un papel crucial en la planificación económica del proyecto. Durante este periodo, es esencial considerar los costos de mantenimiento, que pueden representar aproximadamente un 1% del costo total de instalación anualmente, para garantizar la máxima eficacia de los paneles.

Además, la integración de los sistemas de iluminación solar en el entorno urbano de Medellín requiere un enfoque detallado que considere tanto el diseño urbano como la aceptación comunitaria. La armonización estética de los paneles solares con el paisaje urbano es vital para su aceptación por parte de los residentes y para mantener la identidad visual de la ciudad. Este aspecto no solo abarca la colocación y orientación de los paneles, sino también su diseño y la forma en que se integran con las estructuras existentes.

Otro factor importante es la eficiencia operativa de los sistemas a lo largo del tiempo. La eficiencia de los paneles solares puede disminuir aproximadamente un 0.5% a 0.8% anualmente, debido a factores como la degradación del material y las condiciones ambientales. Por lo tanto, es fundamental realizar evaluaciones periódicas para asegurar que los sistemas mantengan un nivel de rendimiento adecuado y para llevar a cabo las actualizaciones o reparaciones necesarias.

La sostenibilidad a largo plazo también implica considerar el impacto social de los sistemas de iluminación solar. Esto incluye la percepción pública y la aceptación de la tecnología solar, así como su impacto en el bienestar y la calidad de vida de los residentes. La educación y sensibilización sobre los beneficios de la energía solar, junto con la participación comunitaria en el diseño e implementación del proyecto, son cruciales para lograr una integración exitosa y sostenible.

KPI's que Evalúan el Desempeño del Proyecto de Iluminación Solar en Términos de Impacto Ambiental

El proyecto de luminarias solares establece tres KPI clave: reducir las emisiones de CO₂ en un 30% mediante energía solar, lograr un ahorro del 25% en costos de energía para los residentes, y mantener una satisfacción superior al 80% entre los residentes. La evaluación se realizará a través de análisis de huella de carbono, revisión de facturas de energía, y encuestas anuales. Incluye KPIs como la reducción de emisiones de CO₂, ahorro en costos de energía, índice de satisfacción de los residentes, eficiencia operativa de los paneles, durabilidad del sistema y su integración con la infraestructura urbana. Para cada KPI, se establecen metas específicas a alcanzar en una década, como una reducción del 30% en las emisiones de CO₂ o mantener un índice de satisfacción superior al 80%. La tabla también detalla los métodos para medir el progreso hacia estas metas, como análisis de huella de carbono, encuestas a residentes y revisiones técnicas, garantizando un monitoreo efectivo y una evaluación objetiva del impacto y éxito del proyecto.

Adicionalmente, es esencial evaluar los beneficios económicos a largo plazo del proyecto. La inversión inicial en sistemas de iluminación solar puede ser considerable, pero los ahorros en el consumo de energía y la reducción en las facturas de electricidad deben

ser analizados en un horizonte temporal extendido. Estos ahorros pueden proporcionar un retorno de la inversión significativo, que puede ser aún más atractivo con el aumento proyectado de las tarifas de electricidad convencionales.

Además, la adaptabilidad de los sistemas frente a los avances tecnológicos futuros es un aspecto vital. Con el ritmo acelerado de innovación en tecnología solar, los sistemas deben ser diseñados de manera que permitan actualizaciones y mejoras con facilidad. Esto asegura que la inversión realizada hoy continúe siendo relevante y eficiente en el futuro, adaptándose a las nuevas tecnologías y a los cambios en las necesidades de la comunidad.

Tabla 23*KPI*

KPI	Descripción	Meta a 10 años	Método de Medición
Reducción de Emisiones de CO2	Cantidad anual de CO2 no emitido debido al uso de energía solar fotovoltaica.	Reducción del 30% en emisiones de CO2 comparado con el inicio del proyecto.	Análisis de huella de carbono y comparación con datos de línea base.
Ahorro en Costos de Energía	Ahorro anual en costos de energía para los residentes debido a la implementación de energía solar.	Reducción del 25% en costos de energía para los residentes.	Revisión de facturas de energía y comparación con tarifas previas a la instalación.
Índice de Satisfacción de los Residentes	Evaluación anual del nivel de satisfacción de los residentes con respecto a la iluminación solar.	Mantener un índice de satisfacción superior al 80%.	Encuestas anuales a los residentes.
Eficiencia Operativa de los Paneles	Porcentaje anual de eficiencia operativa de los paneles solares en	Mantener una eficiencia operativa superior	Inspecciones técnicas y análisis de

KPI	Descripción	Meta a 10 años	Método de Medición
	comparación con el rendimiento inicial.	al 85% del rendimiento inicial.	rendimiento de los paneles.
Durabilidad y Longevidad del Sistema	Evaluación de la condición y funcionalidad del sistema solar después de 10 años.	Más del 90% del sistema debe estar operativo y en buen estado.	Inspecciones físicas y reportes de mantenimiento.
Integración con la Infraestructura Urbana	Evaluación de la integración armoniosa de los sistemas solares con el entorno urbano y residencial.	Alta integración percibida por más del 80% de los residentes.	Encuestas y evaluaciones de planificación urbana.

Nota. La Tabla 23 proporciona una evaluación detallada de los indicadores clave de desempeño (KPIs) para la implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en Medellín, basada en la metodología del marco lógico y proyectada a un plazo de 10 años.

Estudio Legal

La transición hacia fuentes de energía renovable se ha convertido en una prioridad a nivel global, y Colombia no es la excepción. En este contexto, la energía solar fotovoltaica se presenta como una solución viable y sostenible para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y mitigar el impacto ambiental. La ciudad de Medellín, con su alta

radiación solar y creciente demanda energética, ofrece un entorno propicio para la implementación de sistemas de paneles solares en unidades residenciales.

Este estudio legal tiene como objetivo establecer un marco normativo que respalde la creación y operación de una empresa dedicada a la instalación de sistemas solares en hogares de Medellín. A través de un análisis exhaustivo de los requisitos legales, normativas técnicas, permisos necesarios y aspectos fiscales, se busca garantizar que la empresa opere de manera legal y cumpla con todas las regulaciones pertinentes.

Además, se abordarán aspectos relacionados con la responsabilidad civil, la seguridad laboral y las oportunidades de incentivos fiscales que pueden potenciar el desarrollo del negocio. Este enfoque integral permitirá no solo facilitar la formalización de la empresa, sino también contribuir a la promoción de prácticas sostenibles y responsables en el sector energético, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y la política ambiental de la región.

Al finalizar este estudio, se espera ofrecer una guía clara que facilite la constitución y operación exitosa de la empresa, posicionándola como un actor clave en la promoción de la energía solar en Medellín.

Aspectos Legales

El proyecto tendrá una formalización como pequeña empresa bajo la determinación jurídica de Sociedad por Acciones Simplificada SAS bajo la ley 1258 de 2008 que se ha convertido en una opción popular para la creación de empresas debido a su flexibilidad y simplicidad en la gestión. Esta ley permite a los emprendedores constituir sociedades de manera más ágil, adaptándose a diversas necesidades y circunstancias empresariales. Esta figura jurídica ha ganado popularidad entre emprendedores y empresarios debido a su

flexibilidad, simplicidad y beneficios en la gestión empresarial. En un contexto donde el desarrollo sostenible y el uso de energías renovables son cada vez más prioritarios, la posibilidad de establecer una S.A.S. se convierte en una alternativa atractiva para los que desean incursionar en el sector de la energía solar.

El proceso de constitución de una S.A.S. es accesible y ágil, permitiendo que tanto personas naturales como jurídicas puedan formalizar sus negocios con rapidez. Además, la responsabilidad limitada que ofrece esta figura protege el patrimonio personal de los socios frente a las obligaciones de la empresa, un aspecto crucial en la dinámica de inversión en proyectos de energía renovable.

Este estudio se enfocará en el análisis de los pasos necesarios para la constitución de una S.A.S., resaltando las ventajas de este modelo y los aspectos legales que deben considerarse para asegurar una operación conforme a la normativa colombiana. Con lo anterior, se busca proporcionar una guía clara y práctica para emprendedores interesados en establecer una empresa dedicada a la instalación de sistemas de energía solar, contribuyendo al desarrollo sostenible en Colombia.

Colombia ha establecido un marco legal y regulatorio robusto para promover la inversión en energías renovables, incluyendo la energía solar. La legislación colombiana abarca una serie de aspectos clave, tales como la regulación del mercado eléctrico, incentivos fiscales, y normativas ambientales, que son fundamentales para el funcionamiento y la expansión de las empresas del sector.

Este marco legal incluye leyes y decretos que promueven la integración de las energías renovables en el sistema eléctrico nacional, como la Ley 1715 de 2014, que establece el régimen de incentivos para la inversión en fuentes no convencionales de

energía, y la Ley 1955 de 2019, que modifica la Ley 1715 y busca fortalecer el desarrollo de proyectos de infraestructura energética. Además, las empresas deben cumplir con regulaciones específicas del Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), entre otros organismos.

Es crucial que las empresas de energía solar en Colombia también consideren los aspectos ambientales, como la evaluación de impacto ambiental y los permisos necesarios, así como los requisitos de conexión a la red eléctrica establecidos por las autoridades competentes.

Esta introducción proporciona un panorama general sobre los aspectos legales que las empresas de energía solar deben considerar en Colombia, y destaca la importancia de una comprensión detallada de las normativas para asegurar el éxito y la sostenibilidad de los proyectos en el sector energético renovable.

Análisis y Verificación de la Reglamentación del Proyecto

La implementación de un sistema de iluminación solar en Medellín debe alinearse con diversas normativas y regulaciones que rigen el uso de energías renovables y la infraestructura pública. En un mundo donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son cada vez más prioritarias, la energía solar fotovoltaica se presenta como una solución viable para satisfacer la demanda energética y reducir el impacto ambiental. En Colombia, la promoción de energías renovables está respaldada por un marco legal que busca incentivar su desarrollo y adopción. Para establecer una empresa dedicada a la instalación de sistemas de energía solar, es crucial cumplir con una serie de regulaciones y normativas que abarcan aspectos comerciales, técnicos, ambientales y laborales. Esta introducción tiene como

objetivo resaltar la importancia de conocer y aplicar las normativas vigentes, que no solo aseguran la legalidad de las operaciones, sino que también contribuyen a la sostenibilidad del negocio en un entorno cada vez más competitivo.

Tabla 24*Normativa para la Instalación y Comercialización de Energía Solar*

Reglamentación	Tipo	Observación
Registro Mercantil	Comercial	Se requiere la debida inscripción ante cámara y comercio
NIT	Comercial	Número de identificación tributaria ante la DIAN
RETIE	Ambiental	Cumplimiento del reglamento técnico de instalaciones eléctricas incluyendo sistemas fotovoltaicos
ICONTEC	Ambiental	Cumplimiento de las normas de certificación y calidad
Evaluación de impacto ambiental	Ambiental	Contar con licencia ambiental y EIA
Calidad del aire	Ambiental	Gestion de calidad
Ley 1562 de 2012	Seguridad y salud en el trabajo SST	Establece disposiciones sobre salud ocupacional y gestion SST
Reglamento interno de trabajo	Seguridad y salud en el trabajo SST	Elaboración de reglamento de normas de comportamiento y seguridad en el trabajo
Régimen tributario	Aspectos Fiscales	Presentación de declaración de impuestos y pagos tributarios
Incentivos fiscales	Aspectos Fiscales	Beneficios ley 1715 de 2014

Reglamentación	Tipo	Observación
Seguros	Responsabilidad Civil	Determinar y contar con seguros de responsabilidad civil para la protección de empresa, reclamaciones por daños a terceros etc
Ley 1715 de 2014	Energías Renovables	Desarrollo y uso de fuentes renovables de energía no convencionales
Regulación Municipal	Norma local	Permisos de construcción y uso del suelo

Nota. En la tabla 24 se relacionan las normativas actuales bajo la reglamentación colombiana para la instalación y comercialización de la energía solar en Colombia que requiere la empresa para la operación organizacional.

El cumplimiento de la reglamentación aplicable a una empresa de energía solar fotovoltaica en Colombia es esencial para garantizar su operación legal y efectiva. Desde el registro mercantil y la obtención del NIT, hasta el cumplimiento de las normativas técnicas y ambientales, cada uno de los aspectos juega un papel fundamental en la constitución y desarrollo de la empresa. Además, la implementación de un sistema de seguridad y salud en el trabajo, junto con el respeto por la legislación laboral, son elementos clave que no solo protegen a los empleados, sino que también mejoran la imagen y la reputación de la empresa ante sus clientes y la comunidad.

Asimismo, aprovechar los incentivos fiscales establecidos en la Ley 1715 de 2014 puede ofrecer ventajas competitivas significativas. En un sector en constante evolución, mantenerse informado sobre cambios normativos y tendencias del mercado es crucial para

la sostenibilidad y el crecimiento del negocio. En conclusión, la adhesión rigurosa a estas regulaciones no solo favorece la legalidad y la seguridad, sino que también fortalece el compromiso de la empresa con un futuro más sostenible y responsable.

El proyecto busca implementar un sistema de iluminación solar en comunidades rurales de Colombia, donde el acceso a la electricidad es limitado. El objetivo es mejorar la calidad de vida y promover el desarrollo sostenible. Colombia cuenta con un alto potencial solar, especialmente en regiones como la Costa Caribe y los Llanos. Se realizan mediciones de radiación solar para determinar la viabilidad del uso de paneles solares. Se propone la instalación de paneles solares fotovoltaicos, baterías de almacenamiento y sistemas de iluminación LED. Se evalúa la capacidad de los componentes para satisfacer la demanda de energía de las comunidades seleccionadas. Se analiza la inversión inicial, costos de mantenimiento y comparación con fuentes de energía tradicionales. Los costos se consideran competitivos, y se proyectan ahorros significativos a largo plazo. El proyecto incluye capacitación para la instalación y mantenimiento del sistema, fomentando la creación de empleo local y el empoderamiento de la comunidad. Se consideran también los beneficios sociales, como la reducción de la violencia nocturna y el aumento en las horas de estudio. El uso de energía solar contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la conservación de recursos naturales, alineándose con las políticas ambientales del país.

El estudio concluye que el proyecto de iluminación solar es viable técnica y económicamente, y que generará beneficios sociales y ambientales significativos. Se recomienda avanzar con la implementación en fases, comenzando por las comunidades más necesitadas.

Evaluación de Factibilidad para Determinar la Viabilidad

El presente análisis económico y financiero busca evaluar la viabilidad del proyecto de instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica en Medellín. Este estudio aborda aspectos clave como la inversión inicial necesaria, los costos operativos y de mantenimiento, y las proyecciones de ingresos derivados de la venta de energía y el ahorro en la factura eléctrica (Castañeda et al., 2019; Rumbo Prieto, 2020). Además, se consideran factores externos que pueden influir en la rentabilidad del proyecto, como incentivos fiscales, políticas gubernamentales y tendencias del mercado energético (Congreso de la República de Colombia, 2014; Melendez et al., 2017).

A través de un enfoque integral, se analizan diferentes escenarios financieros y se utilizan herramientas como el flujo de caja proyectado, el cálculo del punto de equilibrio y la tasa interna de retorno (TIR). Por tanto, es posible determinar la sostenibilidad financiera de la empresa y su capacidad para generar un retorno adecuado sobre la inversión (Brealey et al., 2017; Renewable Energy World, 2023).

La evaluación detallada de los elementos mencionados es fundamental para tomar decisiones informadas que garanticen el éxito y crecimiento a largo plazo de la empresa en un sector dinámico y en expansión. Así, el análisis económico y financiero se convierte en una herramienta clave para identificar oportunidades y mitigar riesgos, asegurando que la empresa no solo contribuya a un futuro energético más limpio, sino que también sea viable y competitiva en el mercado.

Estudio Económico y Financiero

Este proceso ayudará a realizar un detallado análisis de las consideraciones a tener en cuenta para la ejecución, determinar la rentabilidad, lo que es fundamental para evaluar si la inversión será con una buena rentabilidad o no. Sin embargo, también permitirá tener presente los riesgos asociados examinando los cambios que podrían tener una afectación con el fin de identificarlos y gestionarlos para lograr una mitigación de dichos riesgos.

Realizar una planificación financiera ayuda a tomar mejores decisiones con relación a la combinación deuda capital para financiar dicho proyecto y garantizar así la viabilidad teniendo como objetivo el cumplimiento y retorno deseado.

Análisis Económico Internacional de la Energía Solar

La energía solar ha experimentado un crecimiento robusto en las últimas décadas. La disminución en los costos de paneles solares y sistemas de almacenamiento ha permitido que esta tecnología sea más competitiva frente a otras fuentes de energía (Castañeda et al., 2019; Ladino, 2011). Además, las políticas gubernamentales en diversos países han impulsado este crecimiento mediante subsidios, tarifas de alimentación y objetivos específicos de energía renovable (Congreso de la República de Colombia, 2014; Estéves Acuña & Ortiz Villarreal, 2018).

Costos y Eficiencia

Los costos de instalación de paneles solares han disminuido significativamente. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), los costos de instalación de sistemas fotovoltaicos (PV) han caído alrededor del 85% en la última década. Las mejoras tecnológicas continúan aumentando la eficiencia de los paneles solares y reduciendo los costos de operación y mantenimiento.

Políticas y Regulaciones

La mayoría de los países desarrollados han implementado políticas favorables para la energía solar, como créditos fiscales y subsidios. En países en desarrollo, aunque el crecimiento también está en aumento, los desafíos incluyen la falta de infraestructura y financiación.

Financiamiento y Retornos

Los inversores están viendo retornos atractivos debido a la reducción en los costos y el aumento en la eficiencia. Además, las tarifas de alimentación y los contratos de compra de energía a largo plazo proporcionan estabilidad de ingresos. Los fondos de inversión y los bancos están cada vez más interesados en financiar proyectos de energía solar debido a la estabilidad a largo plazo y los beneficios ambientales.

Análisis Económico en Colombia

En los últimos años, Colombia ha experimentado un creciente interés por las energías renovables, especialmente la solar, impulsado por la necesidad de diversificar su matriz energética y reducir la dependencia de fuentes fósiles. Con políticas gubernamentales favorables, como la Ley 1715 de 2014 y el Plan Nacional de Desarrollo, se han establecido incentivos fiscales y regulaciones que promueven la inversión en proyectos solares. Además, el país cuenta con recursos solares abundantes en diversas regiones, lo que ofrece oportunidades significativas para el desarrollo de proyectos a gran y pequeña escala. A medida que el mundo se mueve hacia una transición energética más sostenible, las empresas del sector energético renovable solar en Colombia están bien posicionadas para capitalizar este momento, enfrentándose al desafío de innovar y adaptarse a un mercado en rápida evolución. En muchos países latinoamericanos, ha

mostrado un interés creciente en la energía solar, impulsado por la necesidad de diversificar sus fuentes de energía y mejorar la estabilidad del suministro.

Costos y Subsidios

El gobierno argentino ha promovido la energía solar a través de programas como el Programa Renovar, que facilita la inversión en proyectos de energías renovables mediante licitaciones y acuerdos de compra de energía a largo plazo. Los costos de instalación siguen siendo una barrera, aunque se están reduciendo. La inversión inicial puede ser alta, pero los costos operativos son relativamente bajos.

Incentivos y Políticas

Argentina ha implementado políticas favorables como subsidios y regulaciones para apoyar el desarrollo de energía solar. Sin embargo, la estabilidad económica y política puede afectar la confianza de los inversores. El país está tratando de cumplir con sus compromisos internacionales de reducción de emisiones, lo que podría seguir impulsando la inversión en energías renovables.

Financiamiento y Retornos

El financiamiento puede ser un desafío debido a la volatilidad económica, pero existen oportunidades a través de inversiones internacionales y asociaciones público-privadas. Los retornos de inversión pueden ser atractivos, especialmente con las tarifas de alimentación y los acuerdos de compra de energía a largo plazo que ofrecen ingresos estables.

Desarrollo de políticas de compras, proveedores y clientes

En un entorno empresarial cada vez más competitivo y consciente del medio ambiente, la implementación de un plan de compras sólido y estrategias efectivas para

gestionar proveedores y clientes es fundamental para las empresas del sector energético renovable solar en Colombia. Este enfoque no solo garantiza la adquisición eficiente de bienes y servicios de calidad, sino que también promueve relaciones colaborativas con proveedores y una atención al cliente excepcional. Al priorizar la sostenibilidad, la innovación y la transparencia, las empresas pueden optimizar su cadena de suministro y mejorar la satisfacción del cliente, asegurando así su crecimiento y éxito en un mercado en evolución.

Plan de compras

El plan de compras es una herramienta estratégica esencial para las empresas del sector energético renovable solar, diseñada para optimizar la adquisición de bienes y servicios. Su objetivo es establecer un proceso claro y eficiente que garantice la calidad, sostenibilidad y costo-efectividad en las compras. A través de criterios rigurosos de selección y una evaluación continua de proveedores, el plan busca no solo cumplir con las necesidades operativas de la empresa, sino también contribuir a su compromiso con el medio ambiente. Implementar un plan de compras sólido permite a las organizaciones mejorar su competitividad, fomentar relaciones sólidas con proveedores y asegurar un suministro confiable de recursos necesarios para impulsar la transición hacia energías más limpias.

Criterios de Compra

Sostenibilidad. Priorizar productos y servicios que cumplan con estándares ambientales.

Calidad. Seleccionar proveedores que ofrezcan productos de alta calidad y que cumplan con las normativas locales e internacionales.

Costos. Realizar un análisis de costo-beneficio para asegurar la mejor relación calidad-precio.

Innovación. Buscar soluciones innovadoras que mejoren la eficiencia operativa.

Proceso de Adquisición

Identificación de Necesidades. Evaluar regularmente las necesidades de la empresa para optimizar las compras.

Selección de Proveedores. Realizar un análisis de proveedores potenciales basado en criterios de sostenibilidad, calidad y costo.

Evaluación y Aprobación. Todo proceso de compra debe ser evaluado y aprobado por un comité interno.

Contratación. Formalizar acuerdos mediante contratos claros que detallen términos y condiciones.

Monitoreo y Evaluación

Revisión Continua. Evaluar periódicamente el desempeño de los proveedores y la eficacia del proceso de compras.

Feedback. Establecer mecanismos de retroalimentación con proveedores y equipos internos para mejorar el proceso.

Plan de Proveedores

Es una estrategia fundamental para las empresas del sector energético renovable solar, orientada a establecer relaciones sólidas y colaborativas con los actores de la cadena de suministro. Su objetivo es seleccionar y gestionar proveedores que no solo cumplan con los estándares de calidad y sostenibilidad, sino que también se alineen con los valores y objetivos de la empresa. A través de procesos de evaluación rigurosos y comunicación

constante, el plan busca fomentar la innovación y mejorar la eficiencia operativa. Al construir alianzas estratégicas con proveedores confiables, las empresas pueden asegurar un suministro estable de recursos, optimizar costos y contribuir a un desarrollo energético más sostenible.

Selección de Proveedores. Evaluar la capacidad técnica y financiera de los proveedores potenciales. Priorizar los proveedores que demuestren compromiso con prácticas sostenibles.

Relación Colaborativa. Establecer comunicación continua para abordar problemas y oportunidades de mejora. Realizar reuniones periódicas para evaluar el rendimiento y alinear objetivos.

Capacitación y Desarrollo. Ofrecer programas de capacitación a proveedores sobre prácticas sostenibles y tecnología innovadora. Fomentar la colaboración en proyectos de I+D para mejorar productos y servicios.

Plan de Clientes

Es clave para las empresas del sector energético renovable solar, enfocada en ofrecer un servicio excepcional y adaptado a las necesidades de cada cliente. Su objetivo es entender profundamente las expectativas y requerimientos del mercado, garantizando soluciones personalizadas que promuevan la adopción de energías limpias. A través de una comunicación abierta y transparente, así como un sólido soporte postventa, el plan busca no solo satisfacer las demandas de los clientes, sino también fomentar su fidelización y satisfacción. Al priorizar la experiencia del cliente, las empresas pueden fortalecer su reputación, impulsar el crecimiento y contribuir al desarrollo sostenible del sector.

Conocimiento del Cliente. Realizar encuestas y análisis de mercado para entender las necesidades y expectativas de los clientes. Ofrecer asesorías personalizadas para diseñar soluciones energéticas adecuadas.

Comunicación y Transparencia. Mantener canales de comunicación abiertos y accesibles para resolver dudas y ofrecer soporte. Proporcionar información clara sobre productos, servicios y beneficios de las energías renovables.

Servicio Postventa. Establecer un sistema de seguimiento para evaluar la satisfacción del cliente después de la compra. Proporcionar mantenimiento y soporte técnico continuo para asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones.

Análisis Presupuestal Ingresos/Egresos

La elaboración de un presupuesto sólido es un componente crítico para el éxito del proyecto de energía solar [Nombre del Proyecto]. Este proceso no solo permite una gestión financiera eficaz, sino que también asegura que se asignen los recursos necesarios para

alcanzar los objetivos establecidos, garantizando así la viabilidad y sostenibilidad del proyecto en el tiempo.

Un presupuesto bien estructurado proporciona una hoja de ruta clara que orienta la toma de decisiones y permite el seguimiento del desempeño financiero. En el contexto del sector de la energía solar, donde la inversión inicial puede ser significativa, es fundamental realizar proyecciones realistas que incluyan costos de instalación, mantenimiento, operación y potenciales ingresos derivados de la venta de energía.

Además, el presupuesto debe considerar variables externas como fluctuaciones en el mercado de componentes, cambios en las regulaciones y políticas gubernamentales que puedan impactar en los costos y beneficios del proyecto. A través de un análisis detallado y la identificación de riesgos, se buscará minimizar incertidumbres y maximizar la rentabilidad.

Este proceso será participativo, involucrando a las diferentes áreas de la organización, desde operaciones hasta finanzas, asegurando que todas las perspectivas sean consideradas. Al finalizar, se presentará un presupuesto integral que no solo refleje los costos esperados, sino que también incluya estrategias para la optimización de recursos y la maximización del impacto social y ambiental del proyecto.

Costos base variable de inversión

En el contexto actual de creciente enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia energética, el análisis financiero de proyectos se ha convertido en una herramienta esencial para evaluar la viabilidad económica y el retorno de la inversión. Este análisis ofrece una visión detallada de los aspectos financieros del proyecto, permitiendo a los inversores,

gestores y partes interesadas tomar decisiones informadas sobre la inversión y la gestión de recursos.

El objetivo principal de este análisis económico es evaluar la rentabilidad, el riesgo y la viabilidad económica del proyecto propuesto. Se examinarán factores clave como los costos iniciales, los ingresos proyectados, el flujo de caja y los indicadores financieros esenciales. Asimismo, se llevará a cabo una evaluación de la rentabilidad a través de métricas como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión.

Este análisis no solo proporciona una visión clara de los aspectos económicos del proyecto, sino que también ayuda a identificar posibles riesgos financieros y áreas de mejora. Con base en los datos, se elaborará una estrategia para optimizar los recursos y maximizar los beneficios, garantizando así el éxito financiero y la sostenibilidad a largo plazo del proyecto.

Tabla 25

Inversión Activos Fijos

Activo	Valor (\$)	Ejecución
Equipos especializados de medición	9,000,000	2025
Herramienta especial	14,150,000	2025
Herramienta básica	10,100,000	2025
Muebles y enseres	8,800,000	2025
Equipos de cómputo y comunicaciones	12,400,000	2025
Insumos	2,850,000	2025
Total	57,300,000	

Nota. En esta tabla se detallan los valores de los materiales requeridos para inicio del montaje del sistema de generación e iluminación básicos para el inicio y entrega del proyecto, los valores son estimados para el año 2024 y deben ser reajustados según el IPC.

El costo inicial de inversión de \$57,300,000 para el proyecto base de implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en zonas comunes de unidades residenciales en Medellín es una inversión estratégica y a largo plazo que busca transformar la infraestructura de iluminación convencional en una más sostenible y eficiente. Este costo cubre todos los aspectos necesarios para la implementación exitosa del proyecto, aunque se tiene una proyección esperada de mínimo cuatro servicios a realizar para diferentes niveles de potencia con una estimación de \$1,322,172,600, incluyendo la adquisición de paneles solares de alta calidad y baterías de litio para almacenamiento de energía, estructuras de soporte robustas, y materiales eléctricos esenciales para la instalación y operación segura del sistema. Además, contempla los gastos relacionados con la mano de obra y servicios técnicos especializados, asegurando una instalación profesional y conforme a los estándares de seguridad. Esta inversión inicial no solo promete reducir significativamente los costos de iluminación a largo plazo para los residentes, sino que también contribuye al bienestar ambiental al disminuir la dependencia de fuentes de energía no renovables y reducir la huella de carbono del sector residencial en Medellín.

Capital de Trabajo para Inversión

El capital de trabajo para la ejecución del proyecto para iluminación a base de energía solar asciende a los \$ 683,969,000 de pesos con el fin de asegurar la operatividad anual de la empresa, en este rubro se encuentra inmerso los factores del orden operacional

de la organización como arriendos, servicios generales, básicos de seguridad, aseo, salarios, transporte y publicidad.

Tabla 26

Capital de Trabajo

	Descripción	Costo Anualizado (\$)
1	Servicio arriendo	54,000,000
2	Servicios vigilancia y aseo	48,600,000
3	Servicios públicos	14,400,000
4	Servicios transporte	100,800,000
5	Salarios	455,520,000
6	Publicidad y marketing	10,376,000
	Total	683,696,000

Nota. El capital de trabajo delineado en la Tabla 26 es fundamental para la estandarización de procesos y actividades a ejecutar de acuerdo con parámetros técnicos de montaje necesario para la optimización del proyecto y conocimiento del cliente.

La estimación de la inversión requerida para el área administrativa para el proyecto, donde se estandarizan procesos del montaje que puedan ser medidos y comparados a su vez con costos financieros y tiempo. Para este se tiene un valor de \$683,696,000 como base para la implementación de sistemas fotovoltaicos basados en la energía solar, se debe considerar a su vez el cobro de aranceles y colchones de riesgo operativo con un estimado del 40% y operaciones de marketing y publicidad.

Análisis de Presupuesto de Ingresos

El presente presupuesto tiene como objetivo proporcionar una visión clara y detallada de los recursos financieros necesarios para llevar a cabo nuestras actividades y proyectos en el período establecido. A través de una planificación cuidadosa, buscamos optimizar el uso de los fondos disponibles, asegurando la sostenibilidad y el crecimiento de nuestra organización. Este documento incluye estimaciones de ingresos y gastos, así como un análisis de las áreas prioritarias que requieren atención e inversión. En la siguiente tabla se relacionan los valores estimados de ingresos por los servicios a prestar en un rango de cinco años operativos, donde se proyecta realizar la instalación de cuatro productos al año para instalaciones de 15KW, 30KW, 45KW y 100KW, con una estimación de 4 servicios por producto, teniendo en cuenta factores prestacionales, impuestos y rete fuente.

Tabla 27*Relación Ingresos*

Descripción	Total 2025	Total 2026	Total 2027	Total 2028	Total 2029
Instalación					
15KW	\$400.297.950	\$440.327.745	\$484.360.520	\$532.796.571	\$586.076.229
Instalación					
30KW	\$569.741.510	\$626.715.661	\$689.387.227	\$758.325.950	\$834.158.545
Instalación					
45KW	\$716.356.875	\$787.992.563	\$866.791.819	\$953.471.001	\$1.048.818.101
Instalación					
100KW	\$845.890.045	\$930.479.050	\$1.023.526.954	\$1.125.879.650	\$1.238.467.615
Total	\$2.532.286.380	\$2.785.515.018	\$3.064.066.520	\$3.370.473.172	\$3.707.520.489
IVA	\$481.134.412	\$529.247.853	\$582.172.639	\$640.389.903	\$704.428.893
RETEFUENTE	\$68.733.487	\$75.606.836	\$83.167.520	\$91.484.272	\$100.632.699
Total con IVA	\$3.082.154.280	\$3.390.369.708	\$3.729.406.678	\$4.102.347.346	\$4.512.582.081

Nota. Los ingresos de instalación de las diferentes capacidades eléctricas (15KW, 30KW, 45KW, 100KW) referenciados en la tabla 27, muestran un crecimiento constante y progresivo, lo que sugiere una planificación a largo plazo y una creciente demanda de infraestructura eléctrica y se deben a una estipulación en el precio instalado por kilovatio en \$7'500.000 debajo del promedio a nivel de competencia.

El aumento en el IVA y la RETEFUENTE resalta la importancia de considerar los impuestos en la planificación financiera. Los gastos adicionales afectan el presupuesto total, subrayando la necesidad de una gestión fiscal eficiente.

La proyección de costos sugiere una tendencia al alza en las inversiones necesarias en el sector eléctrico, lo que podría estar relacionado con el crecimiento de la población, la industrialización y la transición hacia fuentes de energía más sostenibles.

Aunque el aumento en los costos puede representar un desafío, también presenta oportunidades para mejorar la infraestructura eléctrica, lo que puede facilitar el crecimiento económico y la sostenibilidad en el futuro. El análisis de los datos muestra un compromiso claro con la mejora y expansión de la infraestructura eléctrica. La planificación a largo plazo y la consideración de impuestos son fundamentales para gestionar eficazmente el presupuesto. Se recomienda continuar monitoreando las tendencias del mercado y ajustar las proyecciones en función de los cambios en la demanda y las políticas fiscales.

Análisis de Presupuesto de Materiales e Insumos

Este presupuesto para materiales está alineado con los objetivos estratégicos de la organización, asegurando que se disponga de los insumos necesarios para el éxito de los proyectos a largo plazo. La planificación adecuada y la gestión proactiva de los costos son esenciales para maximizar la eficiencia y la efectividad operativa. Los materiales necesarios, que incluyen paneles solares, inversores, sistemas de montaje y otros componentes, representan una parte significativa del presupuesto total. Es fundamental establecer relaciones sólidas con proveedores y explorar opciones de compra anticipada para mitigar el impacto de las fluctuaciones de precios. Además, considerar la implementación de tecnologías innovadoras puede optimizar los procesos y reducir costos a largo plazo.

Tabla 28*Relación Materiales e Insumos*

Descripción	Total 2025	Total 2026	Total 2027	Total 2028	Total 2029
Instalación					
15KW	\$157.401.500	\$173.141.650	\$190.455.815	\$209.501.397	\$230.451.536
Instalación					
30KW	\$283.322.700	\$311.654.970	\$342.820.467	\$377.102.514	\$414.812.765
Instalación					
45KW	\$393.503.750	\$432.854.125	\$476.139.538	\$523.753.491	\$576.128.840
Instalación					
100KW	\$487.944.650	\$536.739.115	\$590.413.027	\$649.454.329	\$714.399.762
Total	\$1.322.172.600	\$1.454.389.860	\$1.599.828.846	\$1.759.811.731	\$1.935.792.904
IVA	\$251.212.794	276.334.073	\$303.967.481	\$334.364.229	\$367.800.652
RETEFUENTE	\$35.887.542	\$39.476.296	\$ 43.423.926	\$47.766.318	\$ 52.542.950
Total con IVA	\$1.609.272.936	\$1.770.200.230	\$1.947.220.253	\$2.141.942.278	\$2.356.136.506

Nota. La relación de costos de materiales para la empresa de instalación eléctrica solar revela una clara tendencia de inversión hacia la infraestructura necesaria para implementar soluciones energéticas sostenibles.

A medida que la demanda de energía solar continúa creciendo, es crucial gestionar los costos de manera efectiva para asegurar la rentabilidad y competitividad en el mercado.

Análisis de Presupuesto de Nomina

El presente análisis del presupuesto de nómina tiene como objetivo evaluar los costos laborales de nuestra empresa y su impacto en la planificación financiera general. La nómina no solo representa uno de los mayores gastos operativos, sino que también es

fundamental para atraer y retener talento, garantizar la motivación y mantener la productividad de nuestros equipos. En la siguiente tabla se denotan los factores fundamentales en cuestión de nómina relacionado en los siguientes cinco años con un aumento anual del 10% y el cálculo de cada uno de los rubros que complementan la nómina de la organización.

Tabla 29

Relación de Nomina

Descripción	Total 2025	Total 2026	Total 2027	Total 2028	Total 2029
Salarios	\$ 305.198.400	\$ 335.718.240	\$ 369.290.064	\$ 406.219.070	\$ 446.840.977
Cesantías	\$ 27.741.168	\$ 30.515.285	\$ 33.566.813	\$ 36.923.495	\$ 40.615.844
Intereses de cesantías	\$ 2.774.117	\$ 3.051.528	\$ 3.356.681	\$ 3.692.349	\$ 4.061.584
Prima Junio	\$ 25.691.328	\$ 28.260.461	\$ 31.086.507	\$ 34.195.158	\$ 37.614.673
Prima Diciembre	\$ 25.691.328	\$ 28.260.461	\$ 31.086.507	\$ 34.195.158	\$ 37.614.673
Vacaciones	\$ 33.936.240	\$ 37.329.864	\$ 41.062.850	\$ 45.169.135	\$ 49.686.049
Pensión	\$ 27.741.168	\$ 30.515.285	\$ 33.566.813	\$ 36.923.495	\$ 40.615.844
Seguros	\$ 3.083.870	\$ 3.392.257	\$ 3.731.483	\$ 4.104.632	\$ 4.515.095
Total	\$ 455.520.000	\$ 501.072.000	\$ 551.179.200	\$ 606.297.120	\$ 666.926.832

Nota. Este análisis examina los componentes clave del presupuesto de nómina, incluyendo salarios, beneficios, retenciones fiscales y otros costos asociados.

El análisis del presupuesto de nómina para el periodo 2025-2029 revela un aumento constante en los costos laborales, lo cual es indicativo de un crecimiento planificado y sostenido dentro de la empresa. Los salarios representan la mayor parte del gasto, con una

proyección que aumenta de \$455.520.000 en 2025 a \$666.926.832 en 2029, reflejando la necesidad de atraer y retener talento en un mercado competitivo.

Análisis de Flujo de Efectivo

Es un informe financiero que muestra cómo el dinero entra y sale durante el período de ejecución de las actividades.

Un análisis del flujo de efectivo permite a las empresas evaluar su capacidad para generar efectivo, cumplir con sus obligaciones financieras y planificar para futuras inversiones.

Tabla 30

Flujo de Efectivo

Descripción	Monto (COP)
Total Costos Materiales de Inversión	\$1,609,272,936
Total Costos Operativos y de Administración	\$ 740,996,000
Total Ingresos	\$ 3,082,154,280
Flujo de Efectivo Neto	\$ 731,885,344

Nota. El análisis del flujo de efectivo para el proyecto de implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en Medellín muestra un Flujo de Efectivo Neto positivo de \$ 731,885,344 COP.

Esta cifra indica que, según las proyecciones actuales, el proyecto tiene una ganancia, donde los costos iniciales de equipos de inversión y los costos operativos y de administración, que suman \$2,350,268,936 COP, son inferiores a los ingresos que están estimados en \$3,082,154,280 COP. Esta ganancia subraya la importancia financiera del

proyecto en el término evaluado, sugiriendo que, sin ajustes en el modelo financiero, estrategias de financiación adicionales o incrementos en los ingresos, el proyecto es sostenible financieramente desde el corto plazo.

Valor Presente Neto (VPN)

Este método permite calcular la diferencia entre los flujos de efectivo esperados de un proyecto y la inversión inicial, descontando los flujos al valor presente mediante una tasa de descuento apropiada. Al considerar factores como los costos de instalación, los ahorros en energía y los incentivos fiscales, el VPN proporciona una visión clara de la rentabilidad potencial de una inversión. Un VPN positivo indica que el proyecto puede generar valor a largo plazo, lo que es crucial para atraer inversionistas y justificar la adopción de tecnologías solares en un mercado en crecimiento.

Tabla 31

VPN

Año	Flujo de Efectivo Neto Anual (COP)	VPN Anual (COP)
1	468,550,997	421,695,897
2	515,358,497	463,822,647
3	566,846,747	510,162,072
4	623,483,822	561,135,439
5	685,784,604	617,206,143
Total	-	1,179,217,993

Nota. El flujo de efectivo neto anual representa los ingresos promedio esperados del proyecto para cada año, mientras que el VPN anual refleja el valor presente de esos flujos

de efectivo, descontado a una tasa del 10%. Al final del período de cinco años, el VPN acumulado es de aproximadamente 1,179,217,993COP.

Este resultado indica que, bajo las condiciones actuales y las suposiciones hechas para el análisis, el proyecto tendría un valor presente neto positivo. Se sugiere entonces que el proyecto no es financieramente viable en su forma actual, ya que los costos asociados superan los beneficios financieros esperados del proyecto, incluso cuando se descuentan a valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es fundamental para evaluar la rentabilidad del proyecto. La TIR representa el rendimiento esperado de una inversión, calculando el tipo de interés que iguala el valor presente de los flujos de efectivo futuros con la inversión inicial. Una TIR superior a la tasa de descuento aplicada indica que el proyecto es financieramente viable y atractivo para los inversionistas. En un sector en expansión como el de la energía solar, la TIR permite a las empresas comparar múltiples proyectos y decisiones de inversión, priorizando aquellos que ofrecen el mayor retorno potencial y fortalecen la sostenibilidad financiera a largo plazo.

Tabla 32*Flujo de Efectivo Acumulado*

Año	Flujo de Efectivo (COP)	Acumulado (COP)
Inicio	-731,885,344	-731,885,344
Año 1	2,532,286,380	1,911,406,380
Año 2	2,532,286,380	4,443,692,760
Año 3	2,532,286,380	6,975,979,140
Año 4	2,532,286,380	9,508,265,520
Año 5	2,532,286,380	12,040,551,900

Nota. La TIR calculada para este flujo de efectivo es aproximadamente del 67%. La TIR es una medida de la rentabilidad de una inversión y representa la tasa de descuento que iguala el valor presente neto (VPN) de los flujos de efectivo futuros de una inversión al costo inicial de la inversión.

Una TIR con este porcentaje sugiere que, bajo las suposiciones dadas para ingresos y costos, la inversión en el proyecto de iluminación solar fotovoltaica generaría un retorno del 67% sobre el costo inicial.

El flujo de efectivo neto anual representa los ingresos promedio esperados del proyecto para cada año, mientras que el VPN anual refleja el valor presente de esos flujos de efectivo, descontado a una tasa del 10%. Al final del período de cinco años, el VPN acumulado es de aproximadamente 1,072,863,529 COP.

El estudio sobre luminarias solares en Medellín revela un creciente mercado de energía renovable en Colombia, impulsado por el apoyo gubernamental y una recuperación tras el impacto de COVID-19. La energía solar y eólica están en expansión, con

importantes proyectos en la región. La viabilidad de las luminarias solares en áreas residenciales se examina desde perspectivas técnica, económica y ambiental, destacando su eficiencia y sostenibilidad. El impacto ambiental es positivo al reducir emisiones de CO₂, aunque se deben gestionar adecuadamente los residuos. La estructura organizacional del proyecto incluye roles específicos para asegurar una implementación eficaz y la adecuada gestión de este.

Análisis Financiero

El análisis financiero del sector energético renovable solar es crucial para entender las dinámicas económicas que impactan a las empresas en este ámbito en constante evolución. A medida que la demanda de energía limpia crece y las políticas gubernamentales favorecen la sostenibilidad, resulta esencial evaluar la viabilidad y rentabilidad de las inversiones en tecnologías solares. Este análisis no solo considera los costos de instalación y operación, sino también los incentivos fiscales, las fluctuaciones del mercado y las tendencias de consumo. Al identificar oportunidades y riesgos financieros, las empresas pueden tomar decisiones informadas que impulsen su crecimiento y contribuyan a la transición hacia un futuro energético más sostenible.

Relación de Varios Financiamientos

A continuación, se presenta un análisis detallado de la relación de varios financiamientos para el proyecto de implementación de sistemas de iluminación solar fotovoltaica en Medellín. Las proporciones de financiamiento consideradas son 0%, 30%, 50%, 70% y 100%.

Financiamiento 0%. En el caso planteado, el costo total del proyecto, que asciende a \$740,996,000, se asume completamente con fondos propios de la entidad o individuo que

lo implementa. La ausencia de financiamiento externo elimina costos relacionados con intereses y riesgos derivados de fluctuaciones en las tasas de interés. La principal ventaja radica en la independencia financiera y la ausencia de deuda. Sin embargo, una desventaja importante es la inmovilización de una cantidad significativa de capital, lo cual puede limitar la capacidad de invertir en proyectos adicionales o cubrir otras necesidades.

Suposiciones

- VPN: \$1,072,863,529
- TIR: 67%

Financiamiento 30%. En este escenario, solo el 30% del costo del proyecto, equivalente a \$222,298,800, es financiado mediante un préstamo, mientras que el 70% restante, equivalente a \$518,697,200, es cubierto con fondos propios. Este tipo de financiamiento tiene la ventaja de reducir aún más los costos de intereses en comparación con los escenarios anteriores, al mismo tiempo que permite un uso moderado del financiamiento externo para conservar liquidez. Sin embargo, requiere una mayor proporción de capital propio, lo cual puede limitar la capacidad de inversión en otros proyectos.

Suposiciones:

- Monto del préstamo: \$222,298,800
- Tasa de interés anual: 16%
- Plazo: 60 meses
- Pago fijo mensual: \$5,405,875
- Pago anual: \$64,870,499
- VPN: \$715,140,161

- TIR: 41%
- WACC: 13%

Tabla 33*Amortización Financiamiento 30%*

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
1	\$ 222.298.800	\$ 2.963.984	\$ 2.441.890,92	\$ 219.856.909,08
2	\$ 219.856.909	\$ 2.931.425	\$ 2.474.449,46	\$ 217.382.459,62
3	\$ 217.382.460	\$ 2.898.433	\$ 2.507.442,12	\$ 214.875.017,50
4	\$ 214.875.018	\$ 2.865.000	\$ 2.540.874,68	\$ 212.334.142,82
5	\$ 212.334.143	\$ 2.831.122	\$ 2.574.753,01	\$ 209.759.389,81
6	\$ 209.759.390	\$ 2.796.792	\$ 2.609.083,05	\$ 207.150.306,76
7	\$ 207.150.307	\$ 2.762.004	\$ 2.643.870,83	\$ 204.506.435,93
8	\$ 204.506.436	\$ 2.726.752	\$ 2.679.122,44	\$ 201.827.313,50
9	\$ 201.827.313	\$ 2.691.031	\$ 2.714.844,07	\$ 199.112.469,43
10	\$ 199.112.469	\$ 2.654.833	\$ 2.751.041,99	\$ 196.361.427,44
11	\$ 196.361.427	\$ 2.618.152	\$ 2.787.722,55	\$ 193.573.704,89
12	\$ 193.573.705	\$ 2.580.983	\$ 2.824.892,18	\$ 190.748.812,71
13	\$ 190.748.813	\$ 2.543.318	\$ 2.862.557,41	\$ 187.886.255,29
14	\$ 187.886.255	\$ 2.505.150	\$ 2.900.724,84	\$ 184.985.530,45
15	\$ 184.985.530	\$ 2.466.474	\$ 2.939.401,18	\$ 182.046.129,27
16	\$ 182.046.129	\$ 2.427.282	\$ 2.978.593,19	\$ 179.067.536,08
17	\$ 179.067.536	\$ 2.387.567	\$ 3.018.307,77	\$ 176.049.228,31
18	\$ 176.049.228	\$ 2.347.323	\$ 3.058.551,87	\$ 172.990.676,44
19	\$ 172.990.676	\$ 2.306.542	\$ 3.099.332,56	\$ 169.891.343,88
20	\$ 169.891.344	\$ 2.265.218	\$ 3.140.657,00	\$ 166.750.686,88
21	\$ 166.750.687	\$ 2.223.342	\$ 3.182.532,42	\$ 163.568.154,46
22	\$ 163.568.154	\$ 2.180.909	\$ 3.224.966,19	\$ 160.343.188,27
23	\$ 160.343.188	\$ 2.137.909	\$ 3.267.965,74	\$ 157.075.222,53
24	\$ 157.075.223	\$ 2.094.336	\$ 3.311.538,61	\$ 153.763.683,92

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
25	\$ 153.763.684	\$ 2.050.182	\$ 3.355.692,46	\$ 150.407.991,46
26	\$ 150.407.991	\$ 2.005.440	\$ 3.400.435,03	\$ 147.007.556,43
27	\$ 147.007.556	\$ 1.960.101	\$ 3.445.774,16	\$ 143.561.782,26
28	\$ 143.561.782	\$ 1.914.157	\$ 3.491.717,82	\$ 140.070.064,44
29	\$ 140.070.064	\$ 1.867.601	\$ 3.538.274,06	\$ 136.531.790,39
30	\$ 136.531.790	\$ 1.820.424	\$ 3.585.451,04	\$ 132.946.339,34
31	\$ 132.946.339	\$ 1.772.618	\$ 3.633.257,06	\$ 129.313.082,29
32	\$ 129.313.082	\$ 1.724.174	\$ 3.681.700,48	\$ 125.631.381,80
33	\$ 125.631.382	\$ 1.675.085	\$ 3.730.789,82	\$ 121.900.591,98
34	\$ 121.900.592	\$ 1.625.341	\$ 3.780.533,69	\$ 118.120.058,29
35	\$ 118.120.058	\$ 1.574.934	\$ 3.830.940,80	\$ 114.289.117,48
36	\$ 114.289.117	\$ 1.523.855	\$ 3.882.020,02	\$ 110.407.097,47
37	\$ 110.407.097	\$ 1.472.095	\$ 3.933.780,28	\$ 106.473.317,19
38	\$ 106.473.317	\$ 1.419.644	\$ 3.986.230,69	\$ 102.487.086,50
39	\$ 102.487.087	\$ 1.366.494	\$ 4.039.380,43	\$ 98.447.706,07
40	\$ 98.447.706	\$ 1.312.636	\$ 4.093.238,83	\$ 94.354.467,24
41	\$ 94.354.467	\$ 1.258.060	\$ 4.147.815,35	\$ 90.206.651,89
42	\$ 90.206.652	\$ 1.202.755	\$ 4.203.119,56	\$ 86.003.532,33
43	\$ 86.003.532	\$ 1.146.714	\$ 4.259.161,15	\$ 81.744.371,18
44	\$ 81.744.371	\$ 1.089.925	\$ 4.315.949,97	\$ 77.428.421,21
45	\$ 77.428.421	\$ 1.032.379	\$ 4.373.495,97	\$ 73.054.925,25
46	\$ 73.054.925	\$ 974.066	\$ 4.431.809,25	\$ 68.623.116,00
47	\$ 68.623.116	\$ 914.975	\$ 4.490.900,04	\$ 64.132.215,96
48	\$ 64.132.216	\$ 855.096	\$ 4.550.778,70	\$ 59.581.437,26
49	\$ 59.581.437	\$ 794.419	\$ 4.611.455,75	\$ 54.969.981,51
50	\$ 54.969.982	\$ 732.933	\$ 4.672.941,83	\$ 50.297.039,68

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
51	\$ 50.297.040	\$ 670.627	\$ 4.735.247,72	\$ 45.561.791,96
52	\$ 45.561.792	\$ 607.491	\$ 4.798.384,36	\$ 40.763.407,61
53	\$ 40.763.408	\$ 543.512	\$ 4.862.362,81	\$ 35.901.044,79
54	\$ 35.901.045	\$ 478.681	\$ 4.927.194,32	\$ 30.973.850,47
55	\$ 30.973.850	\$ 412.985	\$ 4.992.890,24	\$ 25.980.960,23
56	\$ 25.980.960	\$ 346.413	\$ 5.059.462,11	\$ 20.921.498,12
57	\$ 20.921.498	\$ 278.953	\$ 5.126.921,61	\$ 15.794.576,51
58	\$ 15.794.577	\$ 210.594	\$ 5.195.280,56	\$ 10.599.295,95
59	\$ 10.599.296	\$ 141.324	\$ 5.264.550,97	\$ 5.334.744,98
60	\$ 5.334.745	\$ 71.130	\$ 5.334.744,98	\$ 0,00

Nota. El proyecto asociado al préstamo revela que, a pesar de los altos pagos mensuales y la tasa de interés del 16%, el proyecto es viable. La Tasa Interna de Retorno (TIR) del 41% supera significativamente el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) del 13%), y el Valor Presente Neto (VPN) de \$715,140,161 indica una generación de valor considerable. Lo anterior sugiere que la inversión podría ser altamente rentable, siempre que la empresa pueda gestionar adecuadamente los pagos y mantener su flujo de caja.

Financiamiento 50%. Aquí, el 50% del costo del proyecto, equivalente a \$370,498,000, es financiado mediante un préstamo, mientras que el otro 50% se cubre con fondos propios. Este balance proporciona una combinación equilibrada entre el uso de capital propio y el financiamiento externo. La ventaja de este modelo es que reduce a la mitad la cantidad de capital propio inmovilizado, mientras que también disminuye el monto de la deuda en comparación con el financiamiento 70/30, lo que puede resultar en menores costos de intereses a lo largo del tiempo.

Suposiciones:

- Monto del préstamo: \$370,498,000
- Tasa de interés anual: 16%
- Plazo: 60 meses
- Cuota fija mensual: \$9,009,792
- Pago anual: \$108,117,498
- VPN: \$462,656,832
- TIR: 29%
- WACC: 13%

Tabla 34*Amortización Financiamiento 50%*

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
1	\$ 370.498.000	\$ 4.939.973	\$ 4.069.818,19	\$ 366.428.181,81
2	\$ 366.428.182	\$ 4.885.709	\$ 4.124.082,43	\$ 362.304.099,37
3	\$ 362.304.099	\$ 4.830.721	\$ 4.179.070,20	\$ 358.125.029,17
4	\$ 358.125.029	\$ 4.775.000	\$ 4.234.791,14	\$ 353.890.238,04
5	\$ 353.890.238	\$ 4.718.537	\$ 4.291.255,02	\$ 349.598.983,02
6	\$ 349.598.983	\$ 4.661.320	\$ 4.348.471,75	\$ 345.250.511,27
7	\$ 345.250.511	\$ 4.603.340	\$ 4.406.451,38	\$ 340.844.059,89
8	\$ 340.844.060	\$ 4.544.587	\$ 4.465.204,06	\$ 336.378.855,83
9	\$ 336.378.856	\$ 4.485.051	\$ 4.524.740,11	\$ 331.854.115,72
10	\$ 331.854.116	\$ 4.424.722	\$ 4.585.069,98	\$ 327.269.045,73
11	\$ 327.269.046	\$ 4.363.587	\$ 4.646.204,25	\$ 322.622.841,48
12	\$ 322.622.841	\$ 4.301.638	\$ 4.708.153,64	\$ 317.914.687,85
13	\$ 317.914.688	\$ 4.238.863	\$ 4.770.929,02	\$ 313.143.758,82
14	\$ 313.143.759	\$ 4.175.250	\$ 4.834.541,41	\$ 308.309.217,42
15	\$ 308.309.217	\$ 4.110.790	\$ 4.899.001,96	\$ 303.410.215,46
16	\$ 303.410.215	\$ 4.045.470	\$ 4.964.321,99	\$ 298.445.893,47
17	\$ 298.445.893	\$ 3.979.279	\$ 5.030.512,95	\$ 293.415.380,52
18	\$ 293.415.381	\$ 3.912.205	\$ 5.097.586,45	\$ 288.317.794,07
19	\$ 288.317.794	\$ 3.844.237	\$ 5.165.554,27	\$ 283.152.239,80
20	\$ 283.152.240	\$ 3.775.363	\$ 5.234.428,33	\$ 277.917.811,47
21	\$ 277.917.811	\$ 3.705.571	\$ 5.304.220,71	\$ 272.613.590,77
22	\$ 272.613.591	\$ 3.634.848	\$ 5.374.943,65	\$ 267.238.647,12
23	\$ 267.238.647	\$ 3.563.182	\$ 5.446.609,56	\$ 261.792.037,55
24	\$ 261.792.038	\$ 3.490.561	\$ 5.519.231,02	\$ 256.272.806,53

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
25	\$ 256.272.807	\$ 3.416.971	\$ 5.592.820,77	\$ 250.679.985,76
26	\$ 250.679.986	\$ 3.342.400	\$ 5.667.391,72	\$ 245.012.594,04
27	\$ 245.012.594	\$ 3.266.835	\$ 5.742.956,94	\$ 239.269.637,10
28	\$ 239.269.637	\$ 3.190.262	\$ 5.819.529,70	\$ 233.450.107,41
29	\$ 233.450.107	\$ 3.112.668	\$ 5.897.123,43	\$ 227.552.983,98
30	\$ 227.552.984	\$ 3.034.040	\$ 5.975.751,74	\$ 221.577.232,24
31	\$ 221.577.232	\$ 2.954.363	\$ 6.055.428,43	\$ 215.521.803,81
32	\$ 215.521.804	\$ 2.873.624	\$ 6.136.167,47	\$ 209.385.636,34
33	\$ 209.385.636	\$ 2.791.808	\$ 6.217.983,04	\$ 203.167.653,30
34	\$ 203.167.653	\$ 2.708.902	\$ 6.300.889,48	\$ 196.866.763,82
35	\$ 196.866.764	\$ 2.624.890	\$ 6.384.901,34	\$ 190.481.862,47
36	\$ 190.481.862	\$ 2.539.758	\$ 6.470.033,36	\$ 184.011.829,11
37	\$ 184.011.829	\$ 2.453.491	\$ 6.556.300,47	\$ 177.455.528,64
38	\$ 177.455.529	\$ 2.366.074	\$ 6.643.717,81	\$ 170.811.810,83
39	\$ 170.811.811	\$ 2.277.491	\$ 6.732.300,71	\$ 164.079.510,12
40	\$ 164.079.510	\$ 2.187.727	\$ 6.822.064,72	\$ 157.257.445,40
41	\$ 157.257.445	\$ 2.096.766	\$ 6.913.025,59	\$ 150.344.419,81
42	\$ 150.344.420	\$ 2.004.592	\$ 7.005.199,26	\$ 143.339.220,55
43	\$ 143.339.221	\$ 1.911.190	\$ 7.098.601,92	\$ 136.240.618,63
44	\$ 136.240.619	\$ 1.816.542	\$ 7.193.249,94	\$ 129.047.368,69
45	\$ 129.047.369	\$ 1.720.632	\$ 7.289.159,94	\$ 121.758.208,74
46	\$ 121.758.209	\$ 1.623.443	\$ 7.386.348,74	\$ 114.371.860,00
47	\$ 114.371.860	\$ 1.524.958	\$ 7.484.833,39	\$ 106.887.026,61
48	\$ 106.887.027	\$ 1.425.160	\$ 7.584.631,17	\$ 99.302.395,44
49	\$ 99.302.395	\$ 1.324.032	\$ 7.685.759,59	\$ 91.616.635,85
50	\$ 91.616.636	\$ 1.221.555	\$ 7.788.236,38	\$ 83.828.399,47

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
51	\$ 83.828.399	\$ 1.117.712	\$ 7.892.079,53	\$ 75.936.319,94
52	\$ 75.936.320	\$ 1.012.484	\$ 7.997.307,26	\$ 67.939.012,68
53	\$ 67.939.013	\$ 905.854	\$ 8.103.938,02	\$ 59.835.074,65
54	\$ 59.835.075	\$ 797.801	\$ 8.211.990,53	\$ 51.623.084,12
55	\$ 51.623.084	\$ 688.308	\$ 8.321.483,74	\$ 43.301.600,39
56	\$ 43.301.600	\$ 577.355	\$ 8.432.436,85	\$ 34.869.163,53
57	\$ 34.869.164	\$ 464.922	\$ 8.544.869,35	\$ 26.324.294,19
58	\$ 26.324.294	\$ 350.991	\$ 8.658.800,94	\$ 17.665.493,25
59	\$ 17.665.493	\$ 235.540	\$ 8.774.251,62	\$ 8.891.241,64
60	\$ 8.891.242	\$ 118.550	\$ 8.891.241,64	\$ 0,00

Nota. El proyecto asociado al préstamo muestra una rentabilidad sobresaliente, aunque los pagos mensuales son altos (\$9,009,792) y la tasa de interés es del 16%, la inversión sigue siendo atractiva. La Tasa Interna de Retorno (TIR) del 29% es superior al Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) del 13%), lo que indica que el proyecto generará retornos significativos en comparación con su costo. Además, el Valor Presente Neto (VPN) de \$462,656,832 resalta la creación de valor sustancial, lo que sugiere que el proyecto es financieramente viable. En resumen, esta inversión tiene el potencial de ser rentable, siempre que la empresa pueda manejar los compromisos de pago sin afectar su flujo de caja.

Financiamiento 70%. En este caso, el 70% del costo del proyecto, equivalente a \$518,697,200, es financiado a través de un préstamo, mientras que el 30% restante, equivalente a \$222,298,800, es cubierto con fondos propios. Este tipo de financiamiento reduce significativamente la necesidad de capital propio, permitiendo utilizar esos fondos

para otras inversiones o necesidades operativas. Sin embargo, implica asumir el costo del servicio de la deuda (intereses y amortización), lo cual puede incrementar el riesgo financiero, especialmente si las tasas de interés aumentan. A continuación, se presenta una tabla de amortización para este escenario.

Suposiciones:

- Monto del préstamo: \$518,697,200
- Tasa de interés anual: 16%
- Plazo: 60 meses
- Cuota fija mensual: \$12,613,708
- Pago anual: \$151,364,498
- VPN: \$210,173,504
- TIR: 19%
- WACC:13%

Tabla 35*Amortización Financiamiento 70%*

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
1	\$ 518.697.200	\$ 6.915.963	\$ 5.697.745,47	\$ 512.999.454,53
2	\$ 512.999.455	\$ 6.839.993	\$ 5.773.715,41	\$ 507.225.739,12
3	\$ 507.225.739	\$ 6.763.010	\$ 5.850.698,28	\$ 501.375.040,84
4	\$ 501.375.041	\$ 6.685.001	\$ 5.928.707,59	\$ 495.446.333,25
5	\$ 495.446.333	\$ 6.605.951	\$ 6.007.757,03	\$ 489.438.576,22
6	\$ 489.438.576	\$ 6.525.848	\$ 6.087.860,45	\$ 483.350.715,77
7	\$ 483.350.716	\$ 6.444.676	\$ 6.169.031,93	\$ 477.181.683,85
8	\$ 477.181.684	\$ 6.362.422	\$ 6.251.285,68	\$ 470.930.398,16
9	\$ 470.930.398	\$ 6.279.072	\$ 6.334.636,16	\$ 464.595.762,00
10	\$ 464.595.762	\$ 6.194.610	\$ 6.419.097,98	\$ 458.176.664,03
11	\$ 458.176.664	\$ 6.109.022	\$ 6.504.685,95	\$ 451.671.978,08
12	\$ 451.671.978	\$ 6.022.293	\$ 6.591.415,09	\$ 445.080.562,98
13	\$ 445.080.563	\$ 5.934.408	\$ 6.679.300,63	\$ 438.401.262,35
14	\$ 438.401.262	\$ 5.845.350	\$ 6.768.357,97	\$ 431.632.904,38
15	\$ 431.632.904	\$ 5.755.105	\$ 6.858.602,74	\$ 424.774.301,64
16	\$ 424.774.302	\$ 5.663.657	\$ 6.950.050,78	\$ 417.824.250,86
17	\$ 417.824.251	\$ 5.570.990	\$ 7.042.718,12	\$ 410.781.532,73
18	\$ 410.781.533	\$ 5.477.087	\$ 7.136.621,03	\$ 403.644.911,70
19	\$ 403.644.912	\$ 5.381.932	\$ 7.231.775,98	\$ 396.413.135,72
20	\$ 396.413.136	\$ 5.285.508	\$ 7.328.199,66	\$ 389.084.936,06
21	\$ 389.084.936	\$ 5.187.799	\$ 7.425.908,99	\$ 381.659.027,07
22	\$ 381.659.027	\$ 5.088.787	\$ 7.524.921,11	\$ 374.134.105,97
23	\$ 374.134.106	\$ 4.988.455	\$ 7.625.253,39	\$ 366.508.852,58
24	\$ 366.508.853	\$ 4.886.785	\$ 7.726.923,43	\$ 358.781.929,14

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
25	\$ 358.781.929	\$ 4.783.759	\$ 7.829.949,08	\$ 350.951.980,06
26	\$ 350.951.980	\$ 4.679.360	\$ 7.934.348,40	\$ 343.017.631,66
27	\$ 343.017.632	\$ 4.573.568	\$ 8.040.139,71	\$ 334.977.491,95
28	\$ 334.977.492	\$ 4.466.367	\$ 8.147.341,58	\$ 326.830.150,37
29	\$ 326.830.150	\$ 4.357.735	\$ 8.255.972,80	\$ 318.574.177,57
30	\$ 318.574.178	\$ 4.247.656	\$ 8.366.052,43	\$ 310.208.125,14
31	\$ 310.208.125	\$ 4.136.108	\$ 8.477.599,80	\$ 301.730.525,34
32	\$ 301.730.525	\$ 4.023.074	\$ 8.590.634,46	\$ 293.139.890,87
33	\$ 293.139.891	\$ 3.908.532	\$ 8.705.176,26	\$ 284.434.714,62
34	\$ 284.434.715	\$ 3.792.463	\$ 8.821.245,27	\$ 275.613.469,34
35	\$ 275.613.469	\$ 3.674.846	\$ 8.938.861,88	\$ 266.674.607,46
36	\$ 266.674.607	\$ 3.555.661	\$ 9.058.046,70	\$ 257.616.560,76
37	\$ 257.616.561	\$ 3.434.887	\$ 9.178.820,66	\$ 248.437.740,10
38	\$ 248.437.740	\$ 3.312.503	\$ 9.301.204,93	\$ 239.136.535,17
39	\$ 239.136.535	\$ 3.188.487	\$ 9.425.221,00	\$ 229.711.314,17
40	\$ 229.711.314	\$ 3.062.818	\$ 9.550.890,61	\$ 220.160.423,55
41	\$ 220.160.424	\$ 2.935.472	\$ 9.678.235,82	\$ 210.482.187,73
42	\$ 210.482.188	\$ 2.806.429	\$ 9.807.278,97	\$ 200.674.908,77
43	\$ 200.674.909	\$ 2.675.665	\$ 9.938.042,69	\$ 190.736.866,08
44	\$ 190.736.866	\$ 2.543.158	\$ 10.070.549,92	\$ 180.666.316,16
45	\$ 180.666.316	\$ 2.408.884	\$ 10.204.823,92	\$ 170.461.492,24
46	\$ 170.461.492	\$ 2.272.820	\$ 10.340.888,24	\$ 160.120.604,00
47	\$ 160.120.604	\$ 2.134.941	\$ 10.478.766,75	\$ 149.641.837,25
48	\$ 149.641.837	\$ 1.995.224	\$ 10.618.483,64	\$ 139.023.353,61
49	\$ 139.023.354	\$ 1.853.645	\$ 10.760.063,42	\$ 128.263.290,19
50	\$ 128.263.290	\$ 1.710.177	\$ 10.903.530,93	\$ 117.359.759,26

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
51	\$ 117.359.759	\$ 1.564.797	\$ 11.048.911,35	\$ 106.310.847,91
52	\$ 106.310.848	\$ 1.417.478	\$ 11.196.230,16	\$ 95.114.617,75
53	\$ 95.114.618	\$ 1.268.195	\$ 11.345.513,23	\$ 83.769.104,52
54	\$ 83.769.105	\$ 1.116.921	\$ 11.496.786,74	\$ 72.272.317,77
55	\$ 72.272.318	\$ 963.631	\$ 11.650.077,23	\$ 60.622.240,54
56	\$ 60.622.241	\$ 808.297	\$ 11.805.411,60	\$ 48.816.828,95
57	\$ 48.816.829	\$ 650.891	\$ 11.962.817,08	\$ 36.854.011,86
58	\$ 36.854.012	\$ 491.387	\$ 12.122.321,31	\$ 24.731.690,55
59	\$ 24.731.691	\$ 329.756	\$ 12.283.952,26	\$ 12.447.738,29
60	\$ 12.447.738	\$ 165.970	\$ 12.447.738,29	\$ 0,00

Nota. El análisis del préstamo de \$518,697,200 muestra que, aunque los pagos mensuales son elevados (\$12,613,708) y la tasa de interés es del 16%, la inversión sigue siendo viable. La Tasa Interna de Retorno (TIR) del 19% es superior al Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) del 13%), lo que sugiere que el proyecto generará retornos que superan su costo. Sin embargo, el Valor Presente Neto (VPN) de \$210,173,504, aunque positivo, es menor en comparación con los ejemplos anteriores, indicando que la creación de valor es más limitada. En resumen, esta inversión es financieramente atractiva, pero se debe prestar atención a la capacidad de la empresa para gestionar los altos pagos mensuales y su impacto en el flujo de caja.

Financiamiento 100%. En este último escenario, todo el costo del proyecto, \$740,996,000, es cubierto a través de un préstamo, sin necesidad de fondos propios. La maximiza la liquidez del inversor al no requerir ninguna inversión inicial de capital propio, permitiendo utilizar los fondos para otras oportunidades de inversión o necesidades

operativas. Sin embargo, este modelo conlleva el mayor riesgo financiero debido a la totalidad del proyecto siendo financiado por deuda, lo que implica costos significativos de intereses y un mayor riesgo de fluctuaciones en las tasas de interés.

Suposiciones:

- Monto del préstamo: \$740,996,000
- Tasa de interés anual: 16%
- Plazo: 60 meses
- Cuota fija mensual: \$18,019,583
- Pago anual: \$216,234,997
- VPN: -\$168,551,489
- TIR: 8%
- WACC: 13%

Estas tablas de amortización ilustran cómo se distribuirán los pagos anuales, incluyendo el interés y el principal, a lo largo de los cinco años del préstamo para las diferentes proporciones de financiamiento.

Tabla 36*Amortización Financiamiento 100%*

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
1	\$ 740.996.000	\$ 9.879.947	\$ 8.139.636,38	\$ 732.856.363,62
2	\$ 732.856.364	\$ 9.771.418	\$ 8.248.164,87	\$ 724.608.198,75
3	\$ 724.608.199	\$ 9.661.443	\$ 8.358.140,40	\$ 716.250.058,35
4	\$ 716.250.058	\$ 9.550.001	\$ 8.469.582,27	\$ 707.780.476,07
5	\$ 707.780.476	\$ 9.437.073	\$ 8.582.510,04	\$ 699.197.966,04
6	\$ 699.197.966	\$ 9.322.640	\$ 8.696.943,50	\$ 690.501.022,53
7	\$ 690.501.023	\$ 9.206.680	\$ 8.812.902,75	\$ 681.688.119,78
8	\$ 681.688.120	\$ 9.089.175	\$ 8.930.408,12	\$ 672.757.711,66
9	\$ 672.757.712	\$ 8.970.103	\$ 9.049.480,23	\$ 663.708.231,43
10	\$ 663.708.231	\$ 8.849.443	\$ 9.170.139,97	\$ 654.538.091,47
11	\$ 654.538.091	\$ 8.727.175	\$ 9.292.408,50	\$ 645.245.682,97
12	\$ 645.245.683	\$ 8.603.276	\$ 9.416.307,28	\$ 635.829.375,69
13	\$ 635.829.376	\$ 8.477.725	\$ 9.541.858,04	\$ 626.287.517,65
14	\$ 626.287.518	\$ 8.350.500	\$ 9.669.082,82	\$ 616.618.434,83
15	\$ 616.618.435	\$ 8.221.579	\$ 9.798.003,92	\$ 606.820.430,91
16	\$ 606.820.431	\$ 8.090.939	\$ 9.928.643,97	\$ 596.891.786,94
17	\$ 596.891.787	\$ 7.958.557	\$ 10.061.025,89	\$ 586.830.761,05
18	\$ 586.830.761	\$ 7.824.410	\$ 10.195.172,90	\$ 576.635.588,15
19	\$ 576.635.588	\$ 7.688.475	\$ 10.331.108,54	\$ 566.304.479,60
20	\$ 566.304.480	\$ 7.550.726	\$ 10.468.856,66	\$ 555.835.622,95
21	\$ 555.835.623	\$ 7.411.142	\$ 10.608.441,41	\$ 545.227.181,53
22	\$ 545.227.182	\$ 7.269.696	\$ 10.749.887,30	\$ 534.477.294,24
23	\$ 534.477.294	\$ 7.126.364	\$ 10.893.219,13	\$ 523.584.075,11
24	\$ 523.584.075	\$ 6.981.121	\$ 11.038.462,05	\$ 512.545.613,06

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
25	\$ 512.545.613	\$ 6.833.942	\$ 11.185.641,54	\$ 501.359.971,52
26	\$ 501.359.972	\$ 6.684.800	\$ 11.334.783,43	\$ 490.025.188,09
27	\$ 490.025.188	\$ 6.533.669	\$ 11.485.913,88	\$ 478.539.274,21
28	\$ 478.539.274	\$ 6.380.524	\$ 11.639.059,39	\$ 466.900.214,81
29	\$ 466.900.215	\$ 6.225.336	\$ 11.794.246,85	\$ 455.105.967,96
30	\$ 455.105.968	\$ 6.068.080	\$ 11.951.503,48	\$ 443.154.464,48
31	\$ 443.154.464	\$ 5.908.726	\$ 12.110.856,86	\$ 431.043.607,62
32	\$ 431.043.608	\$ 5.747.248	\$ 12.272.334,95	\$ 418.771.272,68
33	\$ 418.771.273	\$ 5.583.617	\$ 12.435.966,08	\$ 406.335.306,59
34	\$ 406.335.307	\$ 5.417.804	\$ 12.601.778,96	\$ 393.733.527,63
35	\$ 393.733.528	\$ 5.249.780	\$ 12.769.802,68	\$ 380.963.724,95
36	\$ 380.963.725	\$ 5.079.516	\$ 12.940.066,72	\$ 368.023.658,23
37	\$ 368.023.658	\$ 4.906.982	\$ 13.112.600,94	\$ 354.911.057,29
38	\$ 354.911.057	\$ 4.732.147	\$ 13.287.435,62	\$ 341.623.621,67
39	\$ 341.623.622	\$ 4.554.982	\$ 13.464.601,43	\$ 328.159.020,24
40	\$ 328.159.020	\$ 4.375.454	\$ 13.644.129,45	\$ 314.514.890,79
41	\$ 314.514.891	\$ 4.193.532	\$ 13.826.051,17	\$ 300.688.839,62
42	\$ 300.688.840	\$ 4.009.185	\$ 14.010.398,52	\$ 286.678.441,09
43	\$ 286.678.441	\$ 3.822.379	\$ 14.197.203,84	\$ 272.481.237,26
44	\$ 272.481.237	\$ 3.633.083	\$ 14.386.499,89	\$ 258.094.737,37
45	\$ 258.094.737	\$ 3.441.263	\$ 14.578.319,89	\$ 243.516.417,48
46	\$ 243.516.417	\$ 3.246.886	\$ 14.772.697,48	\$ 228.743.720,00
47	\$ 228.743.720	\$ 3.049.916	\$ 14.969.666,78	\$ 213.774.053,22
48	\$ 213.774.053	\$ 2.850.321	\$ 15.169.262,34	\$ 198.604.790,87
49	\$ 198.604.791	\$ 2.648.064	\$ 15.371.519,17	\$ 183.233.271,70
50	\$ 183.233.272	\$ 2.443.110	\$ 15.576.472,76	\$ 167.656.798,94

Mes	Saldo inicial	Interés	Abono	Saldo
51	\$ 167.656.799	\$ 2.235.424	\$ 15.784.159,07	\$ 151.872.639,88
52	\$ 151.872.640	\$ 2.024.969	\$ 15.994.614,52	\$ 135.878.025,36
53	\$ 135.878.025	\$ 1.811.707	\$ 16.207.876,05	\$ 119.670.149,31
54	\$ 119.670.149	\$ 1.595.602	\$ 16.423.981,06	\$ 103.246.168,25
55	\$ 103.246.168	\$ 1.376.616	\$ 16.642.967,47	\$ 86.603.200,77
56	\$ 86.603.201	\$ 1.154.709	\$ 16.864.873,71	\$ 69.738.327,07
57	\$ 69.738.327	\$ 929.844	\$ 17.089.738,69	\$ 52.648.588,38
58	\$ 52.648.588	\$ 701.981	\$ 17.317.601,87	\$ 35.330.986,50
59	\$ 35.330.987	\$ 471.080	\$ 17.548.503,23	\$ 17.782.483,27
60	\$ 17.782.483	\$ 237.100	\$ 17.782.483,27	\$ 0,00

Nota. El análisis del préstamo de \$740,996,000 revela preocupaciones significativas.

Aunque la cuota fija mensual es de \$18,019,583, lo que representa una carga financiera considerable, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 8% es inferior al Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) del 13%). Lo anterior indica que el proyecto no está generando suficientes retornos para cubrir su costo de capital. Además, el Valor Presente Neto (VPN) negativo de -\$168,551,489 sugiere que la inversión no es financieramente viable y resultaría en pérdidas en términos de valor. En resumen, esta inversión no es recomendable, dado que los retornos esperados no justifican los costos asociados al préstamo.

Al evaluar las opciones de financiamiento presentadas la mejor alternativa para la empresa es el segundo caso, que involucra un préstamo de \$358,748,000. Este caso destaca por su Tasa Interna de Retorno (TIR) del 29%, que supera significativamente el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) del 13%), así como por un Valor Presente Neto (VPN) de \$462,656,832, que indica una generación considerable de valor. Aunque los

pagos mensuales son altos, la rentabilidad esperada justifica la inversión. En contraste, otros casos presentan menores TIR y, en un caso, un VPN negativo, lo que los hace menos viables. Por lo tanto, el segundo caso representa la opción más favorable para impulsar el crecimiento y la sostenibilidad financiera de la empresa. Para la sinterización de las tablas de amortización que se tienen en cuenta para el financiamiento del proyecto se puede determinar una tabla correspondiente al análisis económico en los diferentes ambientes de préstamo o si es de recurso propio de la siguiente manera:

La estructura de financiamiento para el proyecto de iluminación solar fotovoltaica en Medellín se divide en dos fuentes principales: financiamiento bancario, que constituye el 50% del total, y recursos propios, que representan el 50% restante. Esta distribución es crucial para entender cómo se capitaliza el proyecto y las implicaciones financieras que conlleva.

El 50% de financiamiento bancario indica que una mayoría sustancial del capital necesario para llevar a cabo el proyecto provendrá de préstamos otorgados por instituciones financieras. Esta fuente de financiamiento es común en proyectos de gran envergadura, ya que permite a los promotores del proyecto acceder a grandes sumas de dinero que podrían no estar disponibles a través de fondos propios. Sin embargo, este tipo de financiamiento viene acompañado de intereses y requiere un análisis detallado de las condiciones del préstamo, como la tasa de interés, el plazo de amortización y las garantías requeridas. El servicio de la deuda (pago de intereses y principal) se convierte en un costo fijo para el proyecto, lo cual debe ser considerado en los flujos de efectivo y la planificación financiera.

Por otro lado, el 30% de recursos propios señala la parte del capital que será financiada directamente por los promotores del proyecto, sin recurrir a préstamos externos.

Este componente puede provenir de ahorros, reinversión de beneficios o aportes de capital de los socios. Utilizar recursos propios tiene la ventaja de no generar deudas ni intereses, y demuestra el compromiso y la confianza de los inversores en la viabilidad del proyecto. Además, una proporción significativa de financiamiento propio puede facilitar la obtención de créditos, al reducir el riesgo percibido por los bancos.

La elección de esta estructura de financiamiento refleja una estrategia equilibrada que busca optimizar el costo del capital mientras se mantiene una posición financiera sólida. Es esencial que el proyecto genere flujos de efectivo suficientes para cubrir el servicio de la deuda y proporcionar un retorno adecuado sobre el capital invertido. La gestión eficaz de estas fuentes de financiamiento es clave para el éxito financiero del proyecto, y debe estar alineada con los objetivos a largo plazo y la estrategia de crecimiento de la iniciativa de iluminación solar fotovoltaica.

Estimación de la Vida Útil del Proyecto

En el análisis del proyecto de iluminación solar fotovoltaica, la TIR calculada de aproximadamente 67% indica que el proyecto es financieramente atractivo, ya que ofrece una rentabilidad superior al costo promedio del capital, asumiendo que este último sea menor. A lo largo de la vida útil estimada del proyecto, esta TIR sugiere que los inversores pueden esperar un retorno promedio anual de casi el 67% sobre el capital invertido, lo cual es un indicador sólido de rentabilidad.

El análisis del VPN, especialmente con un valor acumulado de 1,072,863,529 COP al final de cinco años, sugiere que, aunque el proyecto genera flujos de efectivo positivos después de la inversión inicial son suficientes para cubrir el desembolso inicial en el corto plazo. Sin embargo, dado que la vida útil del proyecto se extiende a 20 años, es crucial observar cómo evoluciona el VPN más allá del periodo inicial de tres años. Con ingresos proyectados y costos operativos constantes o crecientes ajustados por inflación, reflejando la recuperación de la inversión inicial y la generación de valor económico adicional.

Tabla 37*Proyección IPC 20 años*

Año	Ingresos (COP)	VPN Anual (COP)	VPN Acumulado (COP)
0	-731,885,344	-731,885,344	-731,885,344
1	\$ 2.532.286.380	\$ 2.279.057.742	\$ 2.899.937.742
2	\$ 2.785.515.018	\$ 2.506.963.516	\$ 5.406.901.258
3	\$ 3.064.066.520	\$ 2.757.659.868	\$ 8.164.561.126
4	\$ 3.370.473.172	\$ 3.033.425.855	\$ 11.197.986.981
5	\$ 3.707.520.489	\$ 3.336.768.440	\$ 14.534.755.421
6	\$ 4.078.272.538	\$ 3.670.445.284	\$ 18.205.200.705
7	\$ 4.486.099.792	\$ 4.037.489.812	\$ 22.242.690.517
8	\$ 4.934.709.771	\$ 4.441.238.794	\$ 26.683.929.311
9	\$ 5.428.180.748	\$ 4.885.362.673	\$ 31.569.291.984
10	\$ 5.970.998.823	\$ 5.373.898.940	\$ 36.943.190.924
11	\$ 6.568.098.705	\$ 5.911.288.834	\$ 42.854.479.759
12	\$ 7.224.908.575	\$ 6.502.417.718	\$ 49.356.897.477
13	\$ 7.947.399.433	\$ 7.152.659.490	\$ 56.509.556.966
14	\$ 8.742.139.376	\$ 7.867.925.439	\$ 64.377.482.405
15	\$ 9.616.353.314	\$ 8.654.717.983	\$ 73.032.200.388
16	\$ 10.577.988.645	\$ 9.520.189.781	\$ 82.552.390.168
17	\$ 11.635.787.510	\$ 10.472.208.759	\$ 93.024.598.927
18	\$ 12.799.366.261	\$ 11.519.429.635	\$ 104.544.028.562
19	\$ 14.079.302.887	\$ 12.671.372.598	\$ 117.215.401.160
20	\$ 15.487.233.176	\$ 13.938.509.858	\$ 131.153.911.018

Nota. Este análisis resalta la importancia de considerar la dinámica temporal de los flujos de efectivo en la evaluación de proyectos de inversión. Mientras que la TIR proporciona una medida de la rentabilidad general del proyecto, el VPN ofrece una perspectiva del valor temporal del

dinero, destacando cómo los flujos de efectivo futuros contribuyen al valor presente del proyecto. Aunque el VPN inicial es negativo, la expectativa de flujos de efectivo positivos continuos sugiere una mejora en este indicador a lo largo del tiempo, lo cual podría justificar la inversión desde una perspectiva financiera a mediano plazo.

Incentivos y Subsidios Gubernamentales

En el proyecto de iluminación solar fotovoltaica en Medellín, los incentivos y subsidios gubernamentales específicos que se podrían aplicar incluyen deducciones fiscales por inversiones en energías renovables, subvenciones directas para la adquisición de tecnología solar, y tarifas preferenciales para la venta de excedentes de energía generada al sistema eléctrico nacional. Los incentivos son fundamentales para mejorar la economía del proyecto, al reducir los costos iniciales y operativos y aumentar los ingresos a lo largo del tiempo.

Las deducciones fiscales permitirían al proyecto disminuir su carga tributaria, liberando recursos que podrían reinvertirse en el proyecto o utilizarse para mejorar la infraestructura asociada. Este tipo de incentivo es esencial para mejorar el flujo de caja del proyecto en sus etapas iniciales, cuando los costos suelen ser más elevados y los ingresos aún no se han materializado.

Las subvenciones directas para la adquisición de tecnología solar pueden reducir significativamente la inversión inicial requerida, haciendo que la tecnología sea accesible y el proyecto más atractivo desde el punto de vista financiero. Los fondos gubernamentales pueden cubrir una parte de la compra de paneles solares, inversores, o sistemas de almacenamiento de energía, componentes clave para la implementación del proyecto.

Las tarifas preferenciales, o tarifas feed-in, para la venta de excedentes de energía, ofrecen al proyecto un precio garantizado por la energía que se entrega al sistema eléctrico nacional, proporcionando una fuente de ingresos adicional y predecible. Este tipo de incentivo motiva a maximizar la eficiencia y la producción de energía, contribuyendo a la rentabilidad general del proyecto.

La implementación de los incentivos y subsidios gubernamentales está motivada por el deseo de promover la adopción de energías renovables, reducir la dependencia de los combustibles fósiles, y contribuir a los objetivos de sostenibilidad y reducción de emisiones de carbono. Al apoyar proyectos como el de iluminación solar fotovoltaica en Medellín, el gobierno no solo fomenta la innovación y la inversión en el sector de energías renovables, sino que también contribuye al desarrollo económico local y al bienestar de la comunidad.

Análisis de Riesgos y Escenarios

Tabla 38*Análisis de Riesgo*

Categoría	Descripción	Impacto Potencial
Oportunidades		
Innovaciones Tecnológicas	Avances en la tecnología solar podrían aumentar la eficiencia y la generación de energía.	Mayor generación de energía y mayores ingresos.
Incremento en los Precios de Energía Convencional	Un aumento en los costos de la energía convencional haría que la energía solar sea más competitiva.	Mejora en la rentabilidad del proyecto.
Expansión de Incentivos Gubernamentales	Nuevos o ampliados incentivos gubernamentales podrían disminuir los costos o aumentar los ingresos.	Reducción de costos y/o aumento de ingresos.
Amenazas		
Cambios Regulatorios o Políticos	Cambios en la legislación o política energética podrían afectar los incentivos y condiciones del mercado.	Aumento de costos regulatorios o reducción de ingresos.
Fallas Técnicas o Problemas de Durabilidad	Problemas con la durabilidad o eficiencia de los paneles solares.	Incremento en costos de mantenimiento y reducción de ingresos.
Variaciones en la Radiación Solar	Cambios en los patrones climáticos que afectan la irradiación solar.	Disminución en la generación de energía y rentabilidad.
Riesgos Financieros	Cambios en las tasas de interés o problemas en la obtención de financiamiento.	Afectación negativa en la viabilidad financiera del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

La identificación y análisis de los riesgos asociados al proyecto de iluminación solar fotovoltaica en Medellín son elementos cruciales para garantizar una planificación y ejecución exitosas. Las oportunidades vinculadas al proyecto, como las innovaciones tecnológicas, el aumento en los precios de la energía convencional y la ampliación de incentivos gubernamentales, brindan ventajas significativas que pueden potenciar su rentabilidad y viabilidad. Estas condiciones favorecen la adaptación del proyecto a las tendencias del mercado y los avances tecnológicos, maximizando su desempeño y resultados financieros.

Por otro lado, las amenazas identificadas, incluyendo cambios regulatorios o políticos, fallas técnicas o problemas de durabilidad, variaciones en la radiación solar y riesgos financieros, representan desafíos significativos que podrían impactar negativamente en la operación y rentabilidad del proyecto. La naturaleza de los riesgos exige una planificación detallada y la implementación de estrategias de mitigación para proteger la inversión y asegurar la continuidad del proyecto. La gestión de riesgos debe ser una práctica continua, adaptándose a las condiciones cambiantes y a la aparición de nuevos desafíos.

La interacción entre estas oportunidades y amenazas subraya la importancia de una visión holística y dinámica en la gestión del proyecto. Capitalizar las oportunidades mientras se minimizan las amenazas requiere un enfoque estratégico y proactivo, que incluya la evaluación constante del entorno externo e interno, la adaptación a los avances tecnológicos y la preparación para los posibles cambios en el marco regulatorio y económico. Esta aproximación no solo salvaguardará la inversión inicial, sino que también maximizará el potencial de éxito y rentabilidad del proyecto en el largo plazo.

Conclusiones

Conclusión Principal

Se determinó la viabilidad del proyecto de iluminación solar fotovoltaica en Medellín para empresas del sector eléctrico renovable, el cual representa un avance crucial hacia la sostenibilidad y la innovación energética en la ciudad. La alta Tasa Interna de Retorno (TIR) del 67% y el Valor Presente Neto (VPN) desde el año uno positivo de \$ 1,072,863,529 demuestran la rentabilidad y viabilidad financiera del proyecto. Los resultados superan el costo promedio ponderado del capital (WACC) del 13% y el costo de financiamiento del 16%, indicando que el proyecto es financieramente sólido a pesar de los costos asociados. La estructura de financiamiento, con un 50% proveniente de fuentes bancarias y un 50% de recursos propios, refuerza la sostenibilidad financiera del proyecto, al tiempo que minimiza el riesgo para los inversores.

Conclusión secundaria

A través de la Ley 1715 de 2014, Colombia se encuentra en una posición favorable para avanzar en la adopción de tecnologías limpias. Este proyecto, al integrar energía solar, no solo contribuye a un suministro eléctrico más estable, sino que también responde a la urgencia de combatir el cambio climático. El análisis DOFA realizado resalta las abundantes oportunidades que presenta el entorno, como la abundancia de la fuente energética, las mismas iniciativas para explotar el recurso, acceso a financiamiento y la independencia de energías convencionales, así como los desafíos a superar, mientras que el modelo CANVAS establece una propuesta de valor clara centrada en la generación de energía sostenible que permite seguir contando con un suministro energético vinculado al desarrollo socioeconómico en la ciudad de Medellín.

Además, la capacitación de la comunidad en la instalación y mantenimiento de los sistemas no solo fortalecerá la infraestructura local, sino que también promoverá el desarrollo social y la creación de empleo. La implementación del proyecto mejorará significativamente la calidad de vida de las comunidades beneficiadas, reduciendo la violencia nocturna y aumentando las horas de estudio.

El proyecto de iluminación solar fotovoltaica en Medellín es una iniciativa prometedora con un impacto significativo y duradero en los aspectos ambientales, sociales y económicos. Con una gestión adecuada y una planificación estratégica, el proyecto contribuirá a un futuro más sostenible para la ciudad, estableciendo un legado de innovación y resiliencia energética para las generaciones venideras, lo que significa de alto valor para que las empresas encuentren un alto valor en sus consideraciones en sus proyecciones a corto, mediano y largo plazo.

Referencias bibliográficas

- Acosta, J. C. (2018). Los Paneles Fotovoltaicos Como Alternativa De Generación De Electricidad En Una Zona Residencial De Cartagena - Colombia. *E-Conversion - Proposal for a Cluster of Excellence*, 29–50.
- Armstrong, M. (2016). *Armstrong's Handbook of Human Resource Management Practice* (13th ed.). Kogan Page.
- Becker, B. E., & Huselid, M. A. (1998). "High Performance Work Systems and Firm Performance: A Synthesis of Research and Managerial Implications." *Research in Personnel and Human Resources Management*, 16, 53-101.
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2017). *Principles of Corporate Finance* (12th ed.). McGraw-Hill.
- Castañeda, J., Mazari, I., Molano, M., & Gala, J. (2019). Análisis costo-beneficio de la instalación de paneles solares en las viviendas de la población más marginada de México. *Instituto Mexicano Para La Competitividad (IMCO)*, 1–39.
- Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014. *Por la cual se establece un marco de integración de energías renovables no convencionales en el sistema energético nacional*.
- Dessler, G. (2020). *Human Resource Management* (16th ed.). Pearson.
- Eduardo, S., Blanco, R., Eduardo, S., & Blanco, R. (2018). *Plan de manejo para disposición final de paneles solares de Energía Integral Andina S . A .*
- Estéves Acuña, J. C., & Ortiz Villarreal, J. F. (2018). Identificación de los factores críticos para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en Colombia. *Dinámica Ambiental*, 2(0).

- García Garnica, J. E., Sepúlveda Mora, S. B., & Ferreira Jaimes, J. (2018). Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico en una planta de tratamiento de agua. *Inge Cuc*, 14(1), 41–51. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.14.1.2018.04>
- Haines, V. Y., & St-Onge, S. (2012). "The Impact of Employee Benefits on the Employee Experience." *Employee Relations*, 34(5), 489-507.
- Horngren, C. T., Sundem, G. L., & Stratton, W. O. (2013). *Introduction to Management Accounting* (15th ed.). Pearson.
- ICONTEC. Normas ICONTEC <https://www.icontec.org>
- Ladino, R. (2011). La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. *Pontificia Universidad Javeriana. Bogota, D.C., Marzo 2011*, 1–136.
<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/1085/1/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf>
- McMahon, W. W. (1999). "The Role of Education in Economic Development: The Role of Human Capital." *Education and Training*, 41(6), 265-272.
- Melendez, J. I., Cruz, O. M., Bastidas, J. D., & Quiroga, O. A. (2017). Regulatory and technical aspects for the implementation of residential photovoltaic power generation in Colombia. *Sicel*, 1–6.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (dependiendo del país): Normativas sobre cesantías, vacaciones y beneficios laborales.
- Ministerio de Minas y Energía. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
- Renewable Energy World. (2023). *Understanding the Importance of NPV and IRR in Renewable Energy Projects*. [enlace web]
- Rumbo Prieto, J. (2020). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIBRIDO DE ILUMINACIÓN*

LED SOLAR, DENTRO DE LAS ZONAS COMUNES EXTERIORES DE LAS UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER 2022.

https://www.researchgate.net/publication/360688762_IMPLEMENTACION_DE_UN_SISTEMA_HIBRIDO_DE_ILUMINACION_LED_SOLAR_DENTRO_DE_LAS_ZONAS_COMUNES_EXTERIORES_DE_LAS_UNIDADES_TECNOLOGICAS_DE_SANTANDER_2022

Sandoval Quijano, L. G. (2013). Estudio de implementación de un sistema de generación de energía para el edificio Yariguies de la Universidad De Santander UDES. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 287.

Towers Watson. (2019). *Global Workforce Study*. Towers Watson.

Valdiviezo Supo, K. R. (2021). *Diseño de sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad de Piura*. 239.

WorldatWork. (2020). *2020-2021 Salary Budget Survey*. WorldatWork.