



Análisis de costos y rentabilidad en una granja de paneles solares privada en
Bucaramanga 2024

Omar Alfredo Celis Morales

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

junio de 2024

Evaluación Económica de una Granja Solar Privada en Bucaramanga 2024

Análisis de costos y rentabilidad en una granja de paneles solares privada en Bucaramanga 2024

Omar Alfredo Celis Morales

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

Asesora
Doris Amanda Rosero García
Microbióloga, M.Sc., PhD.
Posdoctorado en Microbiología Ambiental

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos
junio de 2024

Contenido

| | |
|--|----|
| Lista de tablas | 5 |
| Lista de figuras | 6 |
| Lista de anexos | 7 |
| Resumen | 8 |
| Abstract | 9 |
| Introducción..... | 10 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 11 |
| 1.1 Descripción del problema..... | 12 |
| 1.1.1 Causas del problema..... | 13 |
| 1.1.2 Consecuencias del problema | 13 |
| 1.2 La pregunta de investigación | 14 |
| 1.3 Los objetivos de investigación | 14 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 14 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 14 |
| 1.4 Justificación de la investigación | 15 |
| 1.4.1 ¿Quién se beneficia? | 16 |
| 2. MARCO DE REFERENCIA | 17 |
| 2.1 Marco de Antecedentes | 17 |
| 2.2 Marco Teórico | 17 |
| 2.2.1. Energía solar y rentabilidad económica | 17 |
| 2.2.2. Incentivos fiscales y políticas gubernamentales | 18 |
| 2.2.3. Beneficios no financieros de la energía solar | 18 |
| 2.2.4. Análisis de costos operativos..... | 18 |
| 2.3 Marco normativo..... | 19 |
| 2.3.1. Legislación nacional e internacional | 19 |
| 2.3.2. Regulaciones locales | 19 |
| 2.3.3. Normas técnicas y estándares de calidad | 19 |
| 3. METODOLOGÍA | 20 |

Evaluación Económica de una Granja Solar Privada en Bucaramanga 2024

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1 | Enfoque y alcance de la investigación | 20 |
| 3.2 | Población y muestra | 20 |
| 3.1.1. | Definición de la población | 20 |
| 3.1.2. | Cálculo y selección de la muestra | 20 |
| 3.3 | Instrumento(s) | 21 |
| 3.4 | Descripción de procedimientos | 23 |
| 3.5 | Análisis de información | 24 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 25 |
| 4.1 | Información general | 25 |
| 4.1.1. | Costos iniciales | 26 |
| 4.1.2. | Costos operativos | 27 |
| 4.1.3. | Beneficios financieros | 28 |
| 4.1.4. | Análisis de correlación | 30 |
| 4.2 | Discusión y análisis | 32 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 34 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 35 |
| | Referencias | 37 |
| | Anexos..... | 39 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Información básica sobre proyectos..... | 25 |
| Tabla 2. Costos iniciales (CI1 y CI2)..... | 26 |
| Tabla 3. Costos Operativos (CO1 y CO2)..... | 27 |
| Tabla 4. Beneficios Financieros (BF1 y BF2)..... | 29 |
| Tabla 5. Valores totales de costos y beneficios financieros recopilados. | 30 |
| Tabla 6. Medidas de tendencia real..... | 31 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Interfaz software opensource Google Colab..... | 24 |
| Figura 2. Costos iniciales empresas analizadas..... | 26 |
| Figura 3. Costos Operativos (CO1 y CO2)..... | 27 |
| Figura 4. ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares?..... | 28 |
| Figura 5. Beneficios financieros (BF1 y BF2)..... | 29 |
| Figura 6. Diagrama pastel de otros beneficios financieros..... | 30 |
| Figura 7. Gráfico de dispersión del análisis de correlación..... | 31 |

Lista de anexos

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Encuestas de Recopilación de Datos (CI, CO y BF)..... | 39 |
| Anexo 2. Código del Análisis de correlación. | 51 |

Resumen

Este proyecto se centra en evaluar la viabilidad económica y financiera de la implementación de una granja de paneles solares privada en Bucaramanga durante el año 2024. La introducción destaca la creciente importancia de las fuentes de energía sostenibles, específicamente en el contexto de la segunda ciudad con mayor autogeneración a pequeña escala de energía solar. La investigación se plantea ante el desafío fundamental que enfrentan las empresas: determinar la rentabilidad a largo plazo de la inversión en energía solar.

El planteamiento del problema aborda los aspectos críticos de los costos iniciales, los costos operativos y los beneficios financieros asociados con una granja de paneles solares privada en Bucaramanga en 2024. Se destaca la necesidad de evaluar con precisión la inversión inicial, optimizar los costos operativos a lo largo de la vida útil y analizar los beneficios tanto financieros como no financieros.

La elección de Bucaramanga como el escenario principal de este estudio no es accidental; más bien, se basa en su posición destacada como la segunda ciudad con mayor autogeneración a pequeña escala de energía solar. Este dato resalta la receptividad y el interés creciente de la comunidad empresarial en la implementación de fuentes de energía sostenibles.

Sin embargo, a pesar de esta tendencia, las empresas se enfrentan a un desafío fundamental, comprender la rentabilidad a largo plazo de la inversión en energía solar. Es en este contexto que se sitúa la investigación.

Palabras clave: Viabilidad económica, Granja de paneles solares, Rentabilidad, Autogeneración, Energía sostenible.

Abstract

This project focuses on evaluating the economic and financial feasibility of implementing a private solar panel farm in Bucaramanga during the year 2024. The introduction highlights the growing importance of sustainable energy sources, specifically in the context of the second largest city with small-scale self-generation of solar energy. The research addresses the fundamental challenge faced by companies: determining the long-term profitability of investing in solar energy.

The problem statement addresses the critical aspects of upfront costs, operating costs, and financial benefits associated with a private solar panel farm in Bucaramanga in 2024. It highlights the need to accurately assess the first investment, refine lifetime operating costs, and analyze both financial and non-financial benefits.

The choice of Bucaramanga as the main scenario for this study is not accidental; rather, it is based on its prominent position as the second city with the highest self-generation of small-scale solar energy. This data highlights the receptiveness and growing interest of the business community in the implementation of sustainable energy sources.

However, despite this trend, businesses face a fundamental challenge in understanding the long-term return on investment in solar energy. It is in this context that the research is situated.

Keywords: Economic viability, Solar panel farm, Profitability, Self-generation, Sustainable energy.

Introducción

En la actualidad, la transición hacia fuentes de energía sostenibles se ha convertido en una prioridad tanto a nivel global como local. La adopción de tecnologías como la energía solar se ha posicionado como una alternativa clave para mitigar los efectos negativos del cambio climático y reducir la dependencia de combustibles fósiles. En este contexto, la evaluación de la viabilidad económica y financiera de proyectos de energía solar, como una granja de paneles solares privada en Bucaramanga, cobra una relevancia significativa.

Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2021), el costo de la energía solar ha experimentado una notable disminución en la última década, lo que ha estimulado su adopción en diferentes países. En Colombia, la Ley 1715 de 2014 ha impulsado el desarrollo de fuentes de energía renovable, incluyendo la solar, con el propósito de diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de los hidrocarburos (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

Bucaramanga, como la segunda ciudad en Colombia con mayor autogeneración a pequeña escala de energía solar, se destaca por su receptividad hacia las tecnologías sostenibles (Vanguardia, 2023). Este escenario ha despertado el interés de la comunidad empresarial en la implementación de proyectos de energía solar, motivados por el aumento de los costos de la energía eléctrica y los incentivos fiscales ofrecidos tanto a nivel nacional como local (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2023).

Sin embargo, ante el desafío fundamental de comprender la rentabilidad a largo plazo de la inversión en energía solar, surge la necesidad de realizar evaluaciones detalladas. Los costos iniciales, los costos operativos y los beneficios financieros asociados con una granja de paneles solares privada en Bucaramanga en el año 2024 representan elementos críticos a considerar en este análisis.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo general analizar la rentabilidad a largo plazo de la inversión en una granja de paneles solares privada en Bucaramanga para el año 2024. A través de la evaluación minuciosa de los costos iniciales, los costos operativos y los beneficios financieros, se busca proporcionar información valiosa para la toma de decisiones empresariales, en línea con las tendencias hacia la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa.

En un contexto donde la conciencia ambiental y la eficiencia económica se entrelazan, abordar la viabilidad económica y financiera de proyectos de energía solar no solo impacta en la rentabilidad de las empresas, sino también en su contribución a la mitigación del cambio climático y la promoción de prácticas empresariales sostenibles.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La adopción de la energía solar como una fuente de generación de energía en empresas privadas es una tendencia creciente, pero la evaluación de su rentabilidad a largo plazo es un desafío crucial. Esta problemática se hace especialmente pertinente en el caso de una granja de paneles solares privada en Bucaramanga en el año 2024, donde factores como los costos iniciales, los costos operativos y los beneficios financieros pueden influir en la viabilidad de la inversión.

En primer lugar, los costos iniciales son un elemento fundamental por considerar. La inversión inicial en equipos, instalación y configuración de la granja de paneles solares puede ser significativa. Evaluar con precisión estos costos y compararlos con otras fuentes de generación de energía convencionales es esencial para determinar si la inversión es una decisión financiera inteligente a largo plazo. Además, estos costos pueden variar según la ubicación geográfica, los incentivos fiscales y los proveedores de equipos, lo que agrega una capa adicional de complejidad al análisis.

En segundo lugar, los costos operativos a lo largo de la vida útil de la granja de paneles solares son un aspecto crítico. Esto incluye el mantenimiento, la limpieza de los paneles solares, el reemplazo de componentes y otros gastos operativos relacionados. La eficiencia en la gestión de estos costos puede tener un impacto directo en la rentabilidad a largo plazo. Evaluar cómo se pueden optimizar y reducir estos costos es una parte importante de la investigación.

Por último, los beneficios financieros, que incluyen los ahorros en facturas de energía eléctrica y los ingresos por la venta de energía excedente a la red, juegan un papel crucial en la evaluación de la rentabilidad.

Como menciona el doctor Miguel Tuta (2022):

El beneficio más importante es el ahorro, ya que este servicio nos acarrea cerca \$17 millones al año, de los cuales el hospital tenía que solventar para su funcionamiento. Ahora vamos a podemos reinvertir ese dinero en otras áreas como la compra de equipos biomédicos o ampliación de nuestro portafolio de servicio.

Es por ello por lo que determinar cuánto tiempo lleva recuperar la inversión inicial y cuál es el rendimiento financiero a lo largo de los años es un objetivo clave en la investigación. Además, en un contexto de creciente conciencia ambiental y responsabilidad social corporativa, los beneficios no financieros, como la reducción de la huella de carbono, pueden ser igualmente importantes.

1.1 Descripción del problema

A nivel global, la preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han incentivado la adopción de energías renovables. La energía solar, en particular, se ha destacado por ser una fuente limpia y abundante, lo que la convierte en una opción viable para mitigar los efectos negativos de la dependencia de combustibles fósiles. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), el costo de la energía solar ha disminuido significativamente en la última década, lo que ha facilitado su adopción en diversos países (IRENA, 2021).

En América Latina, varios países han avanzado en la implementación de proyectos de energía solar, impulsados por políticas gubernamentales y la disponibilidad de recursos solares. En Colombia, la Ley 1715 de 2014 promueve el desarrollo de fuentes de energía renovable no convencionales, incluyendo la solar, con el objetivo de diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de los hidrocarburos (Ministerio de Minas y Energía, 2014). Bucaramanga, en particular, se ha destacado en este campo, siendo la segunda ciudad en el país con mayor autogeneración a pequeña escala de energía solar, lo que evidencia un creciente interés por parte de la comunidad empresarial en adoptar tecnologías sostenibles (Vanguardia, 2023).

El interés de las empresas en Bucaramanga por adoptar la energía solar está motivado por varios factores. Primero, los costos de la energía eléctrica han aumentado, lo que ha llevado a las empresas a buscar alternativas más económicas y sostenibles. Además, los incentivos fiscales ofrecidos por el gobierno nacional y local, como exenciones de impuestos y deducciones por inversiones en energías renovables, hacen que la adopción de la energía solar sea financieramente atractiva (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2023).

A pesar de estos incentivos, las empresas enfrentan desafíos significativos al evaluar la rentabilidad a largo plazo de la inversión en energía solar. La inversión inicial en una granja de paneles solares puede ser considerable, incluyendo costos de equipos, instalación y configuración. Estos costos varían dependiendo de la ubicación geográfica, la calidad de los componentes y las condiciones específicas del sitio. Además, los costos operativos a lo largo de la vida útil del sistema, como el mantenimiento, la limpieza de los paneles y el reemplazo de componentes, representan un reto adicional (IEA, 2022).

1.1.1 Causas del problema

El problema central radica en la incertidumbre sobre la rentabilidad a largo plazo de la inversión en energía solar. Esta incertidumbre se debe a varios factores:

Altos costos iniciales: La adquisición e instalación de paneles solares, junto con los sistemas de soporte y monitoreo, representan una inversión significativa. Las variaciones en los precios de los equipos y la falta de estandarización en los costos de instalación pueden dificultar la estimación precisa de la inversión inicial (NREL, 2021).

Costos operativos variables: Los gastos relacionados con el mantenimiento, limpieza y reemplazo de componentes pueden fluctuar, lo que añade un nivel de incertidumbre en la planificación financiera a largo plazo. La eficiencia en la gestión de estos costos es crucial para asegurar la viabilidad económica del proyecto (Fraunhofer ISE, 2020).

Fluctuaciones en los incentivos fiscales: Aunque existen incentivos fiscales para fomentar la adopción de energías renovables, estos pueden cambiar con el tiempo, dependiendo de las políticas gubernamentales. La falta de estabilidad en estos incentivos puede afectar la decisión de inversión de las empresas (IRENA, 2021).

1.1.2 Consecuencias del problema

La incertidumbre en la rentabilidad de la inversión en energía solar tiene varias consecuencias para las empresas y la comunidad en general:

Reticencia a la inversión: Las empresas pueden mostrarse reacias a invertir en tecnologías solares debido a la incertidumbre financiera, lo que limita la adopción de fuentes de energía más sostenibles y perpetúa la dependencia de fuentes de energía convencionales y más contaminantes (BloombergNEF, 2022).

Impacto ambiental: La menor adopción de la energía solar resulta en una mayor emisión de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático y sus efectos adversos. La reducción de la huella de carbono es un beneficio no financiero crucial que se pierde cuando las empresas no adoptan tecnologías renovables (IPCC, 2021).

Desaprovechamiento de incentivos fiscales: Las empresas que no aprovechan los incentivos fiscales disponibles para la adopción de energías renovables pueden enfrentar mayores costos operativos a largo plazo y perder oportunidades de ahorro significativas (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

Competitividad empresarial: Las empresas que no invierten en energía solar pueden quedar en desventaja competitiva frente a aquellas que sí lo hacen, ya que estas últimas pueden reducir sus costos de energía y mejorar su imagen corporativa a través de prácticas sostenibles (Deloitte, 2021).

1.2 La pregunta de investigación

¿Cuál es la rentabilidad a largo plazo de la inversión en una granja de paneles solares privada en Bucaramanga, considerando los costos iniciales, los costos operativos y los beneficios financieros?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

- Analizar la rentabilidad a largo plazo de la inversión en una granja de paneles solares privada en Bucaramanga para el año 2024, mediante la evaluación detallada de los costos iniciales, los costos operativos y los beneficios financieros, con el fin de proporcionar información clave para la toma de decisiones empresariales.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar los costos iniciales asociados con la implementación de una granja de paneles solares a lo largo de la vida útil, incluyendo mantenimiento, limpieza, reemplazo de componentes y otros gastos operativos.
- Analizar los beneficios financieros derivados de la inversión en paneles solares, tales como ahorros en las facturas de energía eléctrica y los ingresos generados por la venta de energía excedente a la red.
- Explorar los beneficios no financieros, como la reducción de la huella de carbono, y su impacto en la rentabilidad a largo plazo, considerando el contexto de creciente conciencia ambiental y responsabilidad social corporativa.

1.4 Justificación de la investigación

La implementación de fuentes de energía sostenibles, como la energía solar, cobra cada vez más relevancia a nivel global debido a su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y su abundancia como recurso renovable (IRENA, 2021). En este contexto, la evaluación detallada de los costos y beneficios asociados con la energía solar es crucial para la toma de decisiones informadas por parte de las empresas, especialmente aquellas en Bucaramanga, una ciudad conocida por su alto nivel de autogeneración de energía solar.

La investigación propuesta busca abordar la falta de datos específicos y contextualizados que permitan evaluar con precisión la rentabilidad a largo plazo de una granja de paneles solares en Bucaramanga, superando así las barreras iniciales para la adopción de tecnologías sostenibles (Deloitte, 2021). Esta investigación no solo contribuirá a la sostenibilidad ambiental al fomentar la transición hacia prácticas energéticas más sostenibles, sino que también proporcionará información crucial para las empresas en la toma de decisiones empresariales informadas sobre la adopción de energía solar (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2023).

Además, la investigación permitirá a las empresas aprovechar eficazmente los incentivos fiscales disponibles para la adopción de energías renovables, lo que contribuirá a optimizar sus costos operativos a lo largo del tiempo (BloombergNEF, 2022). Al mejorar la competitividad empresarial a través de la reducción de costos de energía y la mejora de la imagen corporativa, las empresas que invierten en energía solar pueden posicionarse como líderes en responsabilidad social corporativa y diferenciarse en el mercado.

La investigación sobre la rentabilidad a largo plazo de granjas de paneles solares en Bucaramanga es esencial para abordar la incertidumbre financiera que rodea a la inversión en energía solar. Al proporcionar una evaluación detallada de los costos y beneficios asociados con esta tecnología, se espera que esta investigación impulse la adopción de energía solar en empresas privadas, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental, la eficiencia económica y la competitividad empresarial en la región.

1.4.1 ¿Quién se beneficia?

Empresas: Las empresas que consideren la adopción de energía solar podrán utilizar los resultados de esta investigación para evaluar la rentabilidad de sus inversiones. Esto les permitirá tomar decisiones más informadas, optimizar sus costos operativos y mejorar su sostenibilidad a largo plazo. La empresa seleccionada para el estudio, en particular, ganará una comprensión detallada de su inversión potencial, lo que puede traducirse en ahorros significativos y una mejor planificación financiera.

Comunidad Científica: La comunidad científica se beneficiará de la adición de datos empíricos y contextualizados sobre la viabilidad económica de las granjas de paneles solares. Este estudio contribuirá al cuerpo de conocimientos existente y puede servir de base para futuras investigaciones en el campo de las energías renovables y la sostenibilidad empresarial.

Estudiantes e Investigadores: Los estudiantes que participen en esta investigación ganarán experiencia práctica y conocimiento especializado en el análisis de costos y beneficios de tecnologías sostenibles. Esta experiencia es invaluable para su desarrollo profesional y académico, permitiéndoles aplicar teorías y métodos aprendidos en el aula a situaciones del mundo real.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco de Antecedentes

En los últimos años, la energía solar ha emergido como una solución viable para enfrentar los desafíos energéticos y medioambientales a nivel global. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), el costo de la energía solar ha disminuido significativamente en la última década, haciéndola más accesible y competitiva frente a las fuentes tradicionales de energía (IRENA, 2021). En América Latina, varios países han avanzado en la implementación de proyectos de energía solar, impulsados por políticas gubernamentales y la disponibilidad de recursos solares. En Colombia, la Ley 1715 de 2014 promueve el desarrollo de fuentes de energía renovable no convencionales, incluyendo la solar, con el objetivo de diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de los hidrocarburos (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

Bucaramanga, como la segunda ciudad en Colombia con mayor autogeneración a pequeña escala de energía solar, se ha posicionado como un referente en la adopción de tecnologías sostenibles (Vanguardia, 2023). Este interés creciente por parte de la comunidad empresarial está motivado por varios factores, incluyendo el aumento de los costos de la energía eléctrica y los incentivos fiscales ofrecidos por el gobierno nacional y local (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2023).

2.2 Marco Teórico

2.2.1. Energía solar y rentabilidad económica

La teoría económica de la inversión en energías renovables postula que la viabilidad financiera de proyectos como las granjas de paneles solares depende de varios factores clave, incluyendo los costos iniciales, los costos operativos y los beneficios financieros. Según la teoría del costo total de propiedad (TCO), evaluar el TCO de una instalación solar es esencial para comprender su rentabilidad a largo plazo (IEA, 2022). Este enfoque considera no solo los costos iniciales de adquisición e instalación, sino también los costos de mantenimiento, operación y posibles reemplazos de componentes a lo largo de la vida útil del sistema.

2.2.2. Incentivos fiscales y políticas gubernamentales

Los incentivos fiscales son una herramienta crucial para fomentar la adopción de energías renovables. La Ley 1715 de 2014 en Colombia es un ejemplo de cómo las políticas gubernamentales pueden apoyar la transición hacia fuentes de energía más limpias (Ministerio de Minas y Energía, 2014). Estas políticas pueden incluir exenciones de impuestos, deducciones fiscales y subsidios directos para la inversión en tecnologías solares. La estabilidad y continuidad de estos incentivos son fundamentales para reducir la incertidumbre financiera y atraer inversiones en el sector (IRENA, 2021).

2.2.3. Beneficios no financieros de la energía solar

Además de los beneficios financieros directos, la adopción de energía solar ofrece ventajas no financieras significativas, como la reducción de la huella de carbono y la mejora de la imagen corporativa. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), la transición a energías renovables es esencial para mitigar los efectos del cambio climático (IPCC, 2021). Las empresas que invierten en energía solar pueden fortalecer su responsabilidad social corporativa y posicionarse como líderes en sostenibilidad, lo cual puede traducirse en ventajas competitivas a largo plazo (Deloitte, 2021).

2.2.4. Análisis de costos operativos

El análisis de costos operativos a lo largo de la vida útil de una granja solar incluye la consideración de gastos de mantenimiento, limpieza, y reemplazo de componentes. Según Fraunhofer ISE, la eficiencia en la gestión de estos costos es crucial para asegurar la viabilidad económica del proyecto (Fraunhofer ISE, 2020). Las tecnologías emergentes y las mejoras en la eficiencia de los paneles solares también pueden contribuir a reducir los costos operativos y aumentar la rentabilidad.

2.3 Marco normativo

2.3.1. Legislación nacional e internacional

La Ley 1715 de 2014 establece el marco normativo para la promoción y desarrollo de fuentes de energía renovable no convencionales en Colombia, incluyendo la solar (Ministerio de Minas y Energía, 2014). Esta ley ofrece incentivos fiscales, como exenciones del impuesto sobre la renta y deducciones por inversiones en tecnologías sostenibles. A nivel internacional, acuerdos como el Acuerdo de París destacan la importancia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar el uso de energías renovables (UNFCCC, 2015).

2.3.2. Regulaciones locales

A nivel local, la Alcaldía de Bucaramanga ha implementado políticas para apoyar la adopción de energías renovables. Estos incluyen incentivos específicos para la instalación de paneles solares y programas de educación y concientización sobre los beneficios de la energía sostenible (Alcaldía de Bucaramanga, 2023). La normativa local es un factor determinante para la viabilidad de proyectos de energía solar en la región.

2.3.3. Normas técnicas y estándares de calidad

Las normas técnicas y estándares de calidad son esenciales para asegurar la eficiencia y seguridad de las instalaciones solares. En Colombia, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) establece los estándares para la instalación y operación de sistemas fotovoltaicos (ICONTEC, 2021). Estos estándares garantizan que los proyectos cumplan con los requisitos de calidad y seguridad, lo cual es fundamental para la rentabilidad a largo plazo.

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

El enfoque de la investigación será mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para ofrecer una comprensión integral de la rentabilidad de una granja de paneles solares privada en Bucaramanga en 2024. Este enfoque permite la recolección y análisis de datos numéricos y descriptivos, proporcionando una visión holística de los costos, beneficios y factores cualitativos que influyen en la viabilidad del proyecto. Según Hernández, Fernández y Baptista (2016), la combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos en un diseño mixto permite abordar de manera más completa las complejidades del problema de investigación.

3.2 Población y muestra

3.1.1. Definición de la población

La población objeto de estudio estará compuesta por empresas en Bucaramanga que han implementado, o están considerando implementar, granjas de paneles solares. Estas empresas incluirán diferentes sectores industriales y tamaños empresariales, reflejando una diversidad de prácticas y experiencias en la adopción de energía solar.

3.1.2. Cálculo y selección de la muestra

El tipo de muestreo será no probabilístico, específicamente muestreo por conveniencia y por expertos, dado que se seleccionarán intencionadamente empresas y profesionales que tienen experiencia directa con sistemas de energía solar. Se entrevistará a al menos 10 empresas y se distribuirán encuestas a 50 empresas que ya tienen granjas de paneles solares en funcionamiento en Bucaramanga. Este tamaño de muestra proporciona un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, considerando la especificidad y relevancia de la población seleccionada.

Los criterios de inclusión serán:

- Empresas ubicadas en Bucaramanga.
- Empresas que han implementado granjas de paneles solares o están en proceso de hacerlo.

- Representantes empresariales con al menos un año de experiencia en la gestión de proyectos de energía solar.

Los criterios de exclusión serán:

- Empresas fuera de Bucaramanga.
- Empresas sin planes o implementaciones de energía solar.
- Representantes empresariales con menos de un año de experiencia en el campo de energía solar.

3.3 Instrumento(s)

Encuestas para Recopilar Datos Económicos y Financieros

Se diseña la encuesta detallada que va dirigida a empresas que han implementado o consideran implementar granjas de paneles solares en Bucaramanga. Estas encuestas recopilarán datos específicos sobre costos iniciales (CI), costos operativos (CO) a lo largo del tiempo y beneficios financieros obtenidos (BF).

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|---|----|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: | | |
| Sector de la empresa: | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

3.4 Descripción de procedimientos

En cuanto al tiempo y lugar, la recolección de datos se llevará a cabo a lo largo de un período determinado, que puede variar dependiendo de la disponibilidad de los participantes. Las encuestas se pueden completar en línea o en papel, según la preferencia de los participantes. No se requerirán autorizaciones especiales, ya que la participación en el estudio es voluntaria y se garantizará la confidencialidad de los datos recopilados. En caso de ser necesario, se brindarán instrucciones adicionales o capacitaciones sobre cómo completar la encuesta correctamente.

Selección de participantes: Se identificarán empresas en Bucaramanga que hayan implementado o estén considerando implementar granjas de paneles solares. Se contactará a los representantes empresariales que cumplan con los criterios de inclusión establecidos.

Entrega del instrumento de recolección de datos: Se enviará la encuesta diseñada a los participantes que acepten colaborar con el estudio. La encuesta se puede enviar por correo electrónico o entregar en persona, según la preferencia del participante.

Recopilación de datos: Los participantes completarán la encuesta proporcionando información detallada sobre los costos iniciales, costos operativos y beneficios financieros asociados con la implementación y operación de las granjas de paneles solares.

Análisis de datos: Una vez recopilados los datos, se realizará un análisis detallado para evaluar la rentabilidad a largo plazo de la inversión en energía solar en el contexto específico de Bucaramanga en 2024.

3.5 Análisis de información

Una vez recopilados, los datos serán codificados para facilitar su análisis. Cada categoría de datos (costos iniciales, costos operativos, beneficios financieros) se asignará a códigos específicos que representen diferentes aspectos de la información recopilada.

- Costos Iniciales: CI1 (costos de equipos), CI2 (costos de instalación).
- Costos Operativos: CO1 (mantenimiento), CO2 (limpieza).
- Beneficios Financieros: BF1 (ahorros en facturas de energía), BF2 (ingresos por venta de energía excedente).

Además, el análisis de datos se llevará a cabo mediante técnicas de estadística descriptiva para analizar los costos iniciales, costos operativos y beneficios financieros utilizando el software de código abierto **Google Colab** (Anexo 2, Código del Análisis de correlación). Con esta interfaz (Figura 1) podremos realizar cálculos de medidas de tendencia central, análisis de correlación (relación entre costos iniciales y beneficios financieros) y la generación de gráficos para visualizar de forma clara la información recopilada.

A continuación, se utilizan librerías como pandas para calcular medidas de tendencia central y dispersión, evaluando la distribución de cada categoría de costos y beneficios. Para el análisis de correlación, se emplean matrices que permiten visualizar la relación entre los costos iniciales y los beneficios financieros, determinando la rentabilidad potencial de la inversión. Finalmente, se generan gráficos con matplotlib y seaborn para representar visualmente la información, facilitando una comprensión clara de la rentabilidad a largo plazo de una granja de paneles solares en Bucaramanga en 2024.

Figura 1. Interfaz software opensource Google Colab.



Contribuciones y Relevancia

Este proyecto contribuirá significativamente al conocimiento sobre la rentabilidad de la energía solar en el contexto empresarial, ofreciendo información valiosa para la toma de decisiones sostenibles en el sector energético de Bucaramanga en 2024. Los resultados obtenidos tendrán implicaciones prácticas y teóricas en la transición hacia una matriz energética más sostenible.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los hallazgos y resultados del trabajo de campo realizado en el marco del estudio sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Se detallan los datos recopilados a partir de las encuestas realizadas a empresas que han implementado o están en proceso de implementar sistemas de energía solar en la región.

4.1 Información general

Las empresas participantes en el estudio pertenecen a diversos sectores, incluyendo construcción, desarrollo sostenible, energías renovables, consultoría ambiental y turismo. Esto indica que la adopción de sistemas de energía solar no está limitada a un sector específico, sino que es una tendencia que abarca múltiples industrias.

Se puede observar en la Tabla 1, se recopila la información básica sobre las empresas participantes en la encuesta (Anexo 1, Encuestas de Recopilación de Datos (CI, CO y BF)).

Tabla 1. Información básica sobre proyectos.

| Nombre de la empresa | Tiempo de operación (años) | Capacidad instalada (kWp) |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Soluciones Solares SAS | 2 | 100 |
| EcoSoluciones Ltda. | 2 | 150 |
| Energía Sostenible S.A.S | 3 | 200 |
| Ecovasos | 1 | 100 |
| Santur | 2 | 250 |
| EcoEnergia | 5 | 360 |
| Penagos Hermanos | 2 | 210 |
| Frigometro Girón | 1 | 500 |
| Manufacturas Industriales S.A. | 6 | 360 |
| AgroIndustria Verde | 4 | 250 |
| EcoSolar Ltda. | 1 | 150 |
| Innovación Solar S.A. | 2 | 200 |

4.1.1. Costos iniciales

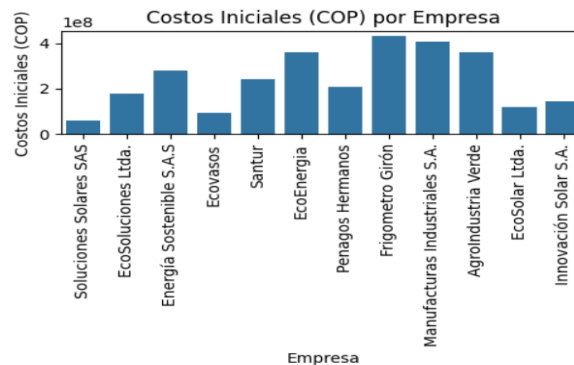
Los costos iniciales para la adquisición de equipos solares y la instalación varían significativamente entre las empresas encuestadas, como se puede ver en la Tabla 2, estos están oscilando desde COP 60,000,000 hasta COP 430,000,000. Estas diferencias pueden atribuirse a factores como la capacidad instalada de la granja de paneles solares y las características específicas del proyecto.

Tabla 2. Costos iniciales (CI1 y CI2).

| Empresa | CI1 (COP) | CI2 (COP) | CI TOTAL (COP) |
|--------------------------------|-------------|------------|----------------|
| Soluciones Solares SAS | 50.000.000 | 10.000.000 | 60.000.000 |
| EcoSoluciones Ltda. | 160.000.000 | 20.000.000 | 180.000.000 |
| Energía Sostenible S.A.S | 250.000.000 | 30.000.000 | 280.000.000 |
| Ecovasos | 80.000.000 | 15.000.000 | 95.000.000 |
| Santur | 200.000.000 | 40.000.000 | 240.000.000 |
| EcoEnergía | 300.000.000 | 60.000.000 | 360.000.000 |
| Penagos Hermanos | 150.000.000 | 60.000.000 | 210.000.000 |
| Frigometro Girón | 360.000.000 | 70.000.000 | 430.000.000 |
| Manufacturas Industriales S.A. | 350.000.000 | 57.000.000 | 407.000.000 |
| AgroIndustria Verde | 270.000.000 | 90.000.000 | 360.000.000 |
| EcoSolar Ltda. | 100.000.000 | 20.000.000 | 120.000.000 |
| Innovación Solar S.A. | 120.000.000 | 25.000.000 | 145.000.000 |

Como se puede ver en la Figura 2, las empresas que tienen un consto inicial mayor son Frigometro Girón y Manufacturas Industriales S.A, esto debido a su diseño, distribución y capacidad instalada de 500 y 360 Kwp respectivamente. Algunos de los factores que influyen en la disminución de costos en la compra de equipos iniciales, suele ser la marca de los equipos mayores (inversores) para la generación.

Figura 2. Costos iniciales empresas analizadas.



4.1.2. Costos operativos

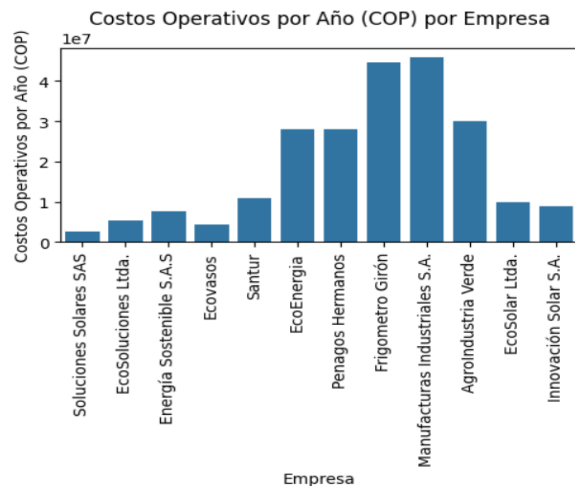
Los costos operativos anuales, incluyendo mantenimiento y limpieza de los paneles solares, también muestran variaciones, con montos que van desde COP 2,500,000 hasta COP 46,000,000. Nuevamente, estas diferencias pueden estar influenciadas por factores como el tamaño y la complejidad del sistema solar, estrato del predio que aumenta los precios de servicios públicos de luz y agua.

Tabla 3. Costos Operativos (CO1 y CO2).

| Empresa | CO1 (COP) | CO2 (COP) | CO TOTAL (COP) |
|--------------------------------|------------|-----------|----------------|
| Soluciones Solares SAS | 2.000.000 | 500.000 | 2.500.000 |
| EcoSoluciones Ltda. | 5.000.000 | 500.000 | 5.500.000 |
| Energía Sostenible S.A.S | 7.000.000 | 700.000 | 7.700.000 |
| Ecovasos | 4.000.000 | 400.000 | 4.400.000 |
| Santur | 10.000.000 | 1.000.000 | 11.000.000 |
| EcoEnergía | 25.000.000 | 3.000.000 | 28.000.000 |
| Penagos Hermanos | 25.000.000 | 3.000.000 | 28.000.000 |
| Frigometro Girón | 40.000.000 | 4.600.000 | 44.600.000 |
| Manufacturas Industriales S.A. | 40.000.000 | 6.000.000 | 46.000.000 |
| AgroIndustria Verde | 25.000.000 | 5.000.000 | 30.000.000 |
| EcoSolar Ltda. | 8.000.000 | 2.000.000 | 10.000.000 |
| Innovación Solar S.A. | 7.000.000 | 2.000.000 | 9.000.000 |

Como se puede apreciar en la Figura 3, las empresas que tienen un menor costo operativo para el mantenimiento son Soluciones Solares SAS y Ecovasos, proyectos que tienen de capacidad instalada 100 Kwp y son los de menor capacidad de las empresas censadas.

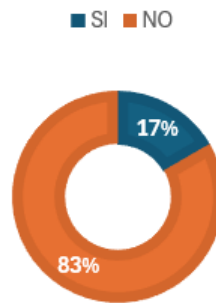
Figura 3. Costos Operativos (CO1 y CO2).



Según la Figura 4, se aprecia que el 17% de las empresas analizadas tuvo unos gastos adicionales relacionados a la operación de sus granjas de paneles solares, indagando con dichas empresas esto se atribuye a fallas en los equipos destinados para el mantenimiento como bombas de agua, puntos de acceso, anclajes de seguridad para las cubiertas, ítems que no están dentro de la operación de las granjas, pero si influyen en los costos para el mantenimiento preventivo.

Figura 4. ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares?

¿EXPERIMENTÓ GASTOS ADICIONALES NO PREVISTOS RELACIONADOS CON LA OPERACIÓN DE LA GRANJA DE PANELES SOLARES?



4.1.3. Beneficios financieros

En cuanto a los beneficios financieros, se observa que las empresas encuestadas experimentan ahorros significativos en las facturas de energía eléctrica, así como ingresos generados por la venta de energía excedente a la red. Estos beneficios oscilan entre COP 7,000,000 y COP 130,000,000 en ahorros anuales (BF1) y entre COP 3,000,000 y COP 20,000,000 en ingresos por venta de energía excedente (BF2). Además, algunas empresas destacan beneficios adicionales, como mejoras en la imagen corporativa y el cumplimiento de objetivos de sostenibilidad.

Se observa que el 85% de las empresas analizadas tienen $BF2 = 0$ COP, debido a que su producción de energía no es la suficiente para crear excedentes y tener beneficios por exportar energía a la red eléctrica, esto se debe a que su consumo de energía es mayor a la capacidad instalada, pero aun así han tenido ahorros significativos con el BF1.

Tabla 4. Beneficios Financieros (BF1 y BF2)

| Empresa | BF1 (COP) | BF2 (COP) | BF TOTAL (COP) |
|--------------------------------|-------------|------------|----------------|
| Soluciones Solares SAS | 7.000.000 | 3.000.000 | 10.000.000 |
| EcoSoluciones Ltda. | 25.000.000 | 15.000.000 | 40.000.000 |
| Energía Sostenible S.A.S | 35.000.000 | 20.000.000 | 55.000.000 |
| Ecovasos | 20.000.000 | 0 | 20.000.000 |
| Santur | 40.000.000 | 0 | 40.000.000 |
| EcoEnergia | 120.000.000 | 0 | 120.000.000 |
| Penagos Hermanos | 70.000.000 | 0 | 70.000.000 |
| Frigometro Girón | 100.000.000 | 0 | 100.000.000 |
| Manufacturas Industriales S.A. | 130.000.000 | 0 | 130.000.000 |
| AgroIndustria Verde | 60.000.000 | 0 | 60.000.000 |
| EcoSolar Ltda. | 40.000.000 | 0 | 40.000.000 |
| Innovación Solar S.A. | 23.000.000 | 0 | 23.000.000 |

Como podemos ver en la Figura 5, las empresas que han tenido un beneficio financiero mayor son EcoEnergia y Manufacturas Industriales S.A, esto se puede ver al ahorro en pago de recibos de energía y otros beneficios financieros arropados por la UPME, dentro de los datos obtenidos sabemos que el 67% de las empresas recibió o experimentó incentivos financieros o fiscal para la implementación de sistemas solares según la Figura 6.

Figura 5. Beneficios financieros (BF1 y BF2)

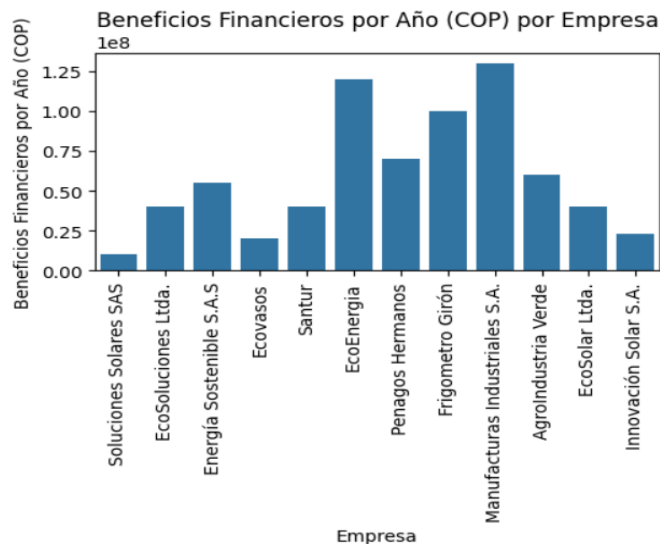


Figura 6. Diagrama pastel de otros beneficios financieros



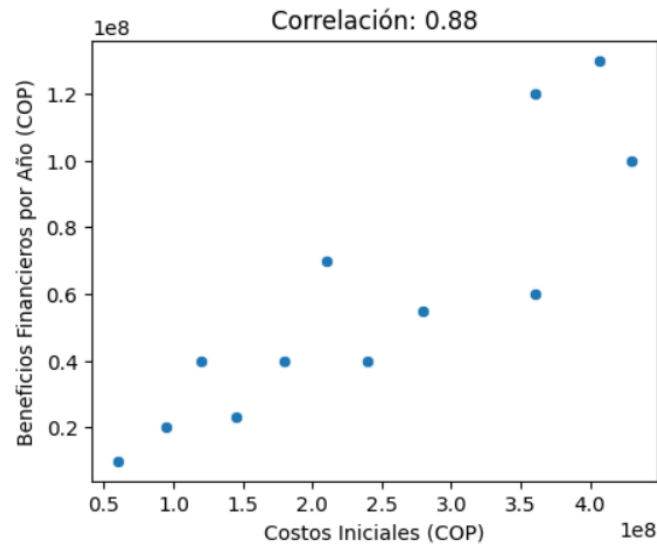
4.1.4. Análisis de correlación

Dado los datos y resultados anteriores, se realizó un análisis de correlación entre los Costos Iniciales (CI1 + CI2) y los Beneficios Financieros (BF1 + BF2), dicho análisis como se explicó en la *sección 3.5* se realiza por medio de *Google Colab*.

Tabla 5. Valores totales de costos y beneficios financieros recopilados.

| Nombre de la empresa | Costos Iniciales (COP) | Costos Operativos por Año (COP) | Beneficios Financieros por Año (COP) |
|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Soluciones Solares SAS | 60.000.000 | 2.500.000 | 10.000.000 |
| EcoSoluciones Ltda. | 180.000.000 | 5.500.000 | 40.000.000 |
| Energía Sostenible S.A.S | 280.000.000 | 7.700.000 | 55.000.000 |
| Ecovasos | 95.000.000 | 4.400.000 | 20.000.000 |
| Santur | 240.000.000 | 11.000.000 | 40.000.000 |
| EcoEnergía | 360.000.000 | 28.000.000 | 120.000.000 |
| Penagos Hermanos | 210.000.000 | 28.000.000 | 70.000.000 |
| Frigometro Girón | 430.000.000 | 44.600.000 | 100.000.000 |
| Manufacturas Industriales S.A. | 407.000.000 | 46.000.000 | 130.000.000 |
| AgroIndustria Verde | 360.000.000 | 30.000.000 | 60.000.000 |
| EcoSolar Ltda. | 120.000.000 | 10.000.000 | 40.000.000 |
| Innovación Solar S.A. | 145.000.000 | 9.000.000 | 23.000.000 |

Figura 7. Gráfico de dispersión del análisis de correlación.



Donde la Figura 7, muestra la relación entre los costos iniciales y los beneficios financieros mediante un gráfico de dispersión, se puede observar una tendencia ascendente donde la correlación entre los costos iniciales y los beneficios financieros es de 0.88, lo que indica una fuerte relación positiva. Esto sugiere que, en general, a medida que aumentan los costos iniciales, también tienden a aumentar los beneficios financieros.

Tabla 6. Medidas de tendencia real.

| Medida | Costos Iniciales (COP) | Costos Operativos por Año (COP) | Beneficios Financieros por Año (COP) |
|---------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Media | 240.583.333 | 18.891.667 | 59.000.000 |
| Mediana | 225.000.000 | 10.500.000 | 47.500.000 |
| Moda | 360.000.000 | 28.000.000 | 40.000.000 |

Como se puede apreciar en la Tabla 6, las medidas de tendencia central revelan que, aunque la media de los costos iniciales es considerablemente alta, los beneficios anuales también son significativos, lo que permite recuperar la inversión en un plazo razonable. La moda indica que algunas empresas tienen costos y beneficios que varían significativamente, lo que puede estar relacionado con el tamaño y la complejidad de las instalaciones solares.

El tiempo de recuperación de la inversión se calcula dividiendo los costos iniciales por los beneficios financieros anuales utilizando el valor de la media:

Ecuación 1. Tiempo de recuperación inversión inicial

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{\text{Costos Iniciales (Media)}}{\text{Beneficios Financieros por Año (Media)}}$$

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{240.583.333}{59.000.000} \approx 4.08 \text{ años}$$

Esto indica que, en promedio, las empresas recuperarán su inversión inicial en aproximadamente 4.08 años.

Ecuación 2. Tasa de retorno

Tasa de retorno

$$= \left(\frac{\text{Beneficios Financieros Anuales} - \text{Costos Operativos Anuales}}{\text{Costos Iniciales}} \right) * 100$$

$$\text{Tasa de retorno} = \left(\frac{59.000.000 - 18.891.667}{240.583.333} \right) * 100$$

$$\text{Tasa de retorno} = 16,68\%$$

Esto sugiere que las empresas pueden esperar un retorno del 16.68% anual sobre su inversión inicial, después de deducir los costos operativos.

4.2 Discusión y análisis

El objetivo general de esta investigación es analizar la rentabilidad a largo plazo de la inversión en una granja de paneles solares privada en Bucaramanga para el año 2024. Para ello, se han evaluado detalladamente los costos iniciales, los costos operativos y los beneficios financieros, proporcionando información clave para la toma de decisiones empresariales. Los objetivos específicos incluyen la evaluación de los costos iniciales y operativos, el análisis de los beneficios financieros, y la exploración de beneficios no financieros como la reducción de la huella de carbono y su impacto en la rentabilidad a largo plazo. Estos objetivos se alinean con la creciente tendencia hacia la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa en el contexto empresarial actual.

Los datos recopilados muestran que los costos iniciales para la implementación de granjas de paneles solares varían significativamente entre las empresas encuestadas, oscilando entre COP 60,000,000 y COP 430,000,000. Esta variación puede atribuirse a la capacidad instalada y las características específicas de cada proyecto. Por ejemplo, empresas como Frigometro Girón y Manufacturas Industriales S.A. presentan los costos iniciales más altos debido a sus mayores capacidades instaladas de 500 kWp y 360 kWp respectivamente. Además, la elección de equipos y la complejidad de la instalación también influyen en los costos iniciales.

En cuanto a los costos operativos, estos también varían ampliamente, desde COP 2,500,000 hasta COP 46,000,000 anuales. Las diferencias en los costos operativos pueden estar influenciadas por el tamaño y la complejidad del sistema solar, así como por factores adicionales como el mantenimiento preventivo y las reparaciones de equipos. Soluciones Solares SAS y Ecovasos, con menores capacidades instaladas, presentan los costos operativos más bajos, lo que resalta la relación directa entre la capacidad instalada y los costos operativos.

Los beneficios financieros derivados de la inversión en paneles solares son significativos. Los ahorros en las facturas de energía eléctrica oscilan entre COP 7,000,000 y COP 130,000,000 anuales, mientras que los ingresos por la venta de energía excedente varían entre COP 3,000,000 y COP 20,000,000. La mayoría de las empresas encuestadas (85%) no generan ingresos por la venta de energía excedente, ya que su producción no es suficiente para crear excedentes. Sin embargo, estas empresas aún experimentan ahorros significativos en sus facturas de energía, lo que contribuye positivamente a su rentabilidad.

Empresas como EcoEnergía y Manufacturas Industriales S.A. han obtenido los mayores beneficios financieros, principalmente debido a sus altos ahorros en el pago de recibos de energía y otros incentivos financieros. Además, el 67% de las empresas recibió incentivos financieros o fiscales para la implementación de sistemas solares, lo que refuerza la viabilidad económica de estas inversiones.

El análisis muestra que la inversión en paneles solares en Bucaramanga es rentable, dado que el análisis de correlación confirma una fuerte relación positiva entre los costos iniciales y los beneficios financieros. Esto implica que, en general, las empresas que invierten más en sus sistemas solares tienden a experimentar mayores beneficios económicos con un tiempo de recuperación de poco más de cuatro años. Este plazo es relativamente corto, considerando la vida útil de los paneles solares, que generalmente supera los 20 años. La alta tasa de retorno del 16.68% refuerza la viabilidad económica de este tipo de inversión, destacando su atractivo no solo por los beneficios financieros, sino también por las ventajas ambientales y de sostenibilidad.

5. CONCLUSIONES

La investigación ha demostrado que la inversión en una granja de paneles solares privada en Bucaramanga es rentable a largo plazo. Los costos iniciales varían significativamente, pero la recuperación de la inversión se estima en un promedio de 4.08 años, con una tasa de retorno anual del 16.68%. Los beneficios financieros, incluyendo ahorros en facturas de energía eléctrica, son sustanciales y refuerzan la viabilidad económica de estos proyectos. Estos hallazgos proporcionan información clave que puede guiar a las empresas en la toma de decisiones informadas sobre la adopción de tecnologías de energía renovable.

Los costos iniciales de implementación de una granja de paneles solares en Bucaramanga varían entre COP 60,000,000 y COP 430,000,000, influenciados por factores como la capacidad instalada y las características específicas del proyecto. Los costos operativos anuales, que incluyen mantenimiento, limpieza y reemplazo de componentes, también presentan una amplia variación, desde COP 2,500,000 hasta COP 46,000,000. Esta variabilidad destaca la necesidad de un análisis detallado y personalizado para cada proyecto, asegurando que las empresas puedan prever y gestionar adecuadamente estos gastos a lo largo de la vida útil de la instalación.

La inversión en paneles solares ofrece beneficios financieros significativos, con ahorros en las facturas de energía eléctrica que oscilan entre COP 7,000,000 y COP 130,000,000 anuales. Aunque la mayoría de las empresas no generan ingresos adicionales por la venta de energía excedente debido a la insuficiencia en la producción, los ahorros en costos energéticos son suficientes para asegurar una rentabilidad a largo plazo. La tasa de retorno anual del 16.68% subraya el atractivo financiero de estas inversiones, consolidando su viabilidad económica.

Además de los beneficios financieros, la inversión en paneles solares contribuye a la reducción de la huella de carbono y mejora la imagen corporativa de las empresas, en línea con la creciente conciencia ambiental y las políticas de responsabilidad social corporativa. Estos beneficios no financieros son cada vez más valorados en el contexto actual, proporcionando ventajas competitivas adicionales y fortaleciendo la sostenibilidad a largo plazo de las empresas. La adopción de energías renovables no solo apoya el desarrollo sostenible regional y nacional, sino que también puede influir positivamente en la reputación y el compromiso social de las empresas.

Los resultados de esta investigación proporcionan evidencia de la rentabilidad potencial de la inversión en energía solar en Bucaramanga. Los beneficios financieros, combinados con los beneficios no financieros, como la reducción de la huella de carbono, refuerzan la viabilidad de esta inversión en el contexto empresarial. Además, la fuerte correlación entre los costos iniciales y los beneficios financieros sugiere que una inversión cuidadosa y bien planificada en sistemas solares puede ser una estrategia empresarial sólida para el 2024.

6. RECOMENDACIONES

El estudio realizado presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, el tamaño de la muestra puede no representar completamente la diversidad y variabilidad de todas las empresas en Bucaramanga que podrían implementar granjas de paneles solares. Además, la investigación se centró exclusivamente en Bucaramanga, lo que limita la generalización de los hallazgos a otras regiones con diferentes condiciones climáticas, económicas y regulatorias.

Asimismo, los costos y beneficios asociados con la implementación de paneles solares pueden variar considerablemente según factores específicos de cada empresa, un aspecto que no se pudo abordar completamente en este estudio. La investigación se basa en datos recopilados durante un período específico en 2024, lo que significa que cambios futuros en tecnologías, precios de equipos, políticas gubernamentales y condiciones del mercado podrían alterar los resultados. Además, no se profundizó en factores cualitativos como la percepción de los clientes, la reputación de la empresa y otros beneficios no financieros, que también pueden influir en la rentabilidad a largo plazo.

Para mejorar la representatividad y generalización de los resultados sobre la rentabilidad de las granjas de paneles solares, se sugiere ampliar la muestra, incluyendo un mayor número de empresas y abarcando diferentes regiones. Esto permitiría obtener una visión más amplia y precisa. Asimismo, la realización de estudios longitudinales a lo largo de varios años ayudaría a observar cómo cambian los costos y beneficios con el tiempo y cómo las nuevas tecnologías y políticas influyen en la rentabilidad de la inversión. Comparar la rentabilidad de estas instalaciones en distintas ciudades o países podría identificar las mejores prácticas y condiciones óptimas para su implementación. Además, incorporar estudios cualitativos que analicen la percepción de los clientes, la reputación de la empresa y otros beneficios intangibles proporcionaría una evaluación más completa de la rentabilidad. Finalmente, analizar en profundidad el impacto de los incentivos financieros y fiscales ayudaría a comprender mejor su sostenibilidad a largo plazo y su influencia en la viabilidad de las inversiones en energía solar.

Los resultados de esta investigación destacan la rentabilidad y viabilidad económica de la inversión en granjas de paneles solares en Bucaramanga, proporcionando un marco valioso para la toma de decisiones empresariales en el sector energético. Estos hallazgos pueden influir positivamente en las políticas gubernamentales y en la adopción de tecnologías de energía renovable en la región.

Para futuras investigaciones, se recomienda explorar cómo las políticas públicas y la regulación energética pueden incentivar o limitar la adopción de energía solar en diferentes regiones. También es esencial investigar el impacto de las innovaciones tecnológicas en la eficiencia y rentabilidad de los sistemas solares, así como su integración con otras formas de energía renovable. Evaluar de manera más detallada los beneficios ambientales de la energía solar contribuiría a una mejor comprensión de su papel en la sostenibilidad y responsabilidad social corporativa de las empresas. Por último, analizar diferentes modelos de negocio para la implementación de granjas de paneles solares, como asociaciones público-privadas, financiamiento colectivo y esquemas de leasing, ofrecería nuevas perspectivas y soluciones prácticas para la adopción de esta tecnología.

A lo largo de esta investigación, he adquirido una comprensión profunda de los aspectos económicos, técnicos y ambientales relacionados con la implementación de granjas de paneles solares. Este proceso me ha permitido desarrollar habilidades en el análisis de datos, la evaluación financiera y la comprensión de las complejidades del mercado energético. Además, la interacción con empresas y profesionales del sector ha enriquecido mi perspectiva sobre los desafíos y oportunidades en la adopción de tecnologías de energía renovable, reforzando mi interés en la sostenibilidad y la energía limpia.

Desde un punto de vista académico y profesional, esta investigación me ha motivado a seguir explorando soluciones innovadoras para enfrentar los desafíos energéticos actuales. La experiencia adquirida será invaluable en mi desarrollo como investigador y profesional en el campo de las energías renovables, permitiéndome contribuir de manera significativa a la transición hacia una matriz energética más sostenible y responsable.

Referencias

- IRENA. (2021). Renewable Power Generation Costs in 2020. Recuperado de <https://www.irena.org/Publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>
- BloombergNEF. (2022). New Energy Outlook 2022. Recuperado de <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
- Deloitte. (2021). Renewable Energy Industry Outlook. Recuperado de <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/energy-and-resources/articles/renewable-energy-outlook.html>
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2020). Photovoltaics Report. Recuperado de <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html>
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- IEA. (2022). Solar PV: Tracking Report. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/solar-pv>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2023). Incentivos Fiscales para Energías Renovables en Colombia. Recuperado de <https://www.minhacienda.gov.co>
- Ministerio de Minas y Energía. (2014). Ley 1715 de 2014. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co>
- NREL. (2021). Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2021. Recuperado de <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/79350.pdf>
- Tuta, M. (2022). Entrevista sobre beneficios de la energía solar en hospitales. Recuperado de <https://www.example.com>
- Vanguardia. (2023). Bucaramanga, segunda ciudad con mayor autogeneración a pequeña escala de energía solar. Recuperado de <https://www.vanguardia.com/economia/bucaramanga-segunda-ciudad-con-mayor-autogeneracion-a-pequena-escala-de-energia-solar-YL5683990>
- Gobierno de Colombia. (Ley 2099 de 2021), Ley 2099 de Julio 10 de 2021. Colombia: Gobierno de Colombia.
- Gobierno de Colombia. (Ley 142 de 1994), Ley 142 de Julio 11 de 1994. Colombia: Gobierno de Colombia.

Gobierno de Colombia. (Ley 143 de 1994), Ley 143 de Julio 11 de 1994. Colombia: Gobierno de Colombia.

Alcaldía de Bucaramanga. (2023). Incentivos para la adopción de energías renovables en Bucaramanga. Alcaldía de Bucaramanga. Recuperado de <https://www.bucaramanga.gov.co/incentivos-renovables>

BloombergNEF. (2022). Solar Power Costs and Market Trends. BloombergNEF. Recuperado de <https://about.bnef.com/solar-power-report-2022>

Deloitte. (2021). Sustainability and Corporate Competitiveness: A Strategic Perspective. Deloitte Insights. Recuperado de <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/insights/topics/sustainability.html>

ICONTEC. (2021). Normas técnicas para sistemas fotovoltaicos. ICONTEC. Recuperado de <https://www.icontec.org/normas-tecnicas-sistemas-fotovoltaicos>

IPCC. (2021). Mitigación del cambio climático. IPCC. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

UNFCCC. (2015). Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. Recuperado de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Anexos

Anexo 1. Encuestas de Recopilación de Datos (CI, CO y BF).

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|---|-----------|-----------|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: Soluciones Solares SAS | | |
| Sector de la empresa: Construcción | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 2 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 100 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 50,000,000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 10,000,000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 2,000,000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 500,000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 7,000,000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 3,000,000 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|---|----|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: EcoSoluciones Ltda. | | |
| Sector de la empresa: Construcción y Desarrollo Sostenible | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 2 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 150 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 160,000,000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 20,000,000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 5,000,000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 500,000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 25,000,000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 15,000,000 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? Nos gustaría destacar que la implementación de paneles solares no solo ha generado beneficios financieros, sino que también ha mejorado nuestra imagen corporativa y ha fortalecido nuestro compromiso con la sostenibilidad ambiental. | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|---|-----------|-----------|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: Energía Sostenible S.A.S | | |
| Sector de la empresa: Energías Renovables. | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 3 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 200 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 250,000,000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 30,000,000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 7,000,000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 700,000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 35,000,000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 20,000,000 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? Queremos destacar que la inversión inicial fue considerable, pero los retornos financieros y los beneficios ambientales han superado nuestras expectativas. La implementación de energía solar ha fortalecido nuestra posición en el mercado y ha contribuido significativamente a nuestra estrategia de sostenibilidad corporativa. | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|--|----|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: Ecovasos | | |
| Sector de la empresa: Consultoría Ambiental | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 1 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 100 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 80,000,000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 15,000,000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 4,000,000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 400.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 20,000,000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? La implementación de paneles solares ha sido una decisión estratégica que nos ha permitido reducir nuestra dependencia de la red eléctrica convencional y ha fortalecido nuestra imagen como empresa comprometida con el medio ambiente. | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|--|-----------|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: Santur | | |
| Sector de la empresa: Turismo | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 2 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 250 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 200.000.000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 40.000.000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 10.000.000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 1.000.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 40.000.000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? La implementación de nuestra granja de paneles solares ha sido una inversión rentable y estratégica que ha contribuido significativamente a nuestro compromiso con la sostenibilidad ambiental | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|--|----|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: EcoEnergia | | |
| Sector de la empresa: Energía Renovable | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 5 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 360 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 300.000.000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 60.000.000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 25.000.000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 3.000.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 120.000.000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? Estamos satisfechos con la inversión y los resultados obtenidos. | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|--|----|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: Penagos Hermanos | | |
| Sector de la empresa: Agricultura | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 2 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 210 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 150.000.000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 60.000.000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 25.000.000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 3.000.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 70.000.000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|--|----|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: Frigometro Girón | | |
| Sector de la empresa: Alimentos | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 1 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 500 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 360.000.000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 70.000.000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP):40.000.000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP):4.600.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 100.000.000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? La granja de paneles solares ha mejorado nuestra sostenibilidad. | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|---|----|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: Manufacturas Industriales S.A. | | |
| Sector de la empresa: Metalmecánica | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 6 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 360 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 350.000.000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 57.000.000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 40.000.000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 6.000.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 130.000.000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|--|----|----|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: AgroIndustria Verde | | |
| Sector de la empresa: Agricultura | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 4 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 250 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 270.000.000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 90.000.000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP):25.000.000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP):5.000.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 60.000.000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|---|-----------|-----------|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: EcoSolar Ltda. | | |
| Sector de la empresa: Construcción y Desarrollo Sostenible | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 1 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 150 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 100.000.000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP): 20.000.000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP): 8.000.000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP): 2.000.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 40.000.000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? La gestión eficiente de los costos operativos ha sido clave para maximizar los beneficios financieros | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Encuesta de Recopilación de Datos para la Evaluación de una Granja de Paneles Solares en Bucaramanga, 2024

Estimado,

Te invitamos a participar en nuestra encuesta sobre la implementación y operación de granjas de paneles solares en Bucaramanga. Esta encuesta es parte de un estudio de investigación centrado en analizar la rentabilidad a largo plazo de las inversiones en energía solar en el ámbito empresarial.

Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán tratadas de manera confidencial, utilizadas exclusivamente para fines de investigación. Tu contribución será invaluable para comprender mejor los aspectos económicos y financieros relacionados con la energía solar en nuestra región.

| | | |
|--|-----------|-----------|
| Sección 1: Información General | | |
| Nombre de la empresa: Innovación Solar S.A. | | |
| Sector de la empresa: Tecnología y Energía | | |
| Tiempo de operación de la granja de paneles solares (en años): 2 | | |
| Capacidad instalada de la granja de paneles solares (en kWp): 200 | | |
| Sección 2: Costos Iniciales (CI) | | |
| Costo total de adquisición de equipos solares (en COP): 120.000.000 | | |
| Costo de instalación y configuración inicial (en COP):25.000.000 | | |
| ¿Recibió algún tipo de incentivo fiscal o financiero para la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 3: Costos Operativos (CO) | | |
| Costos recurrentes de mantenimiento por año (en COP):7.000.000 | | |
| Gastos de limpieza de los paneles solares por año (en COP):2.000.000 | | |
| ¿Experimentó gastos adicionales no previstos relacionados con la operación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 4: Beneficios Financieros | | |
| Ahorros estimados en las facturas de energía eléctrica después de la implementación de la granja de paneles solares por año (en COP): 23.000.000 | | |
| Ingresos generados por la venta de energía excedente a la red por año (en COP): 0 | | |
| ¿Experimentó algún otro beneficio financiero derivado de la implementación de la granja de paneles solares? | SI | NO |
| Sección 5: Comentarios Adicionales | | |
| ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la implementación y operación de la granja de paneles solares que le gustaría compartir? | | |

Muchas gracias por su colaboración. Su respuesta será de gran ayuda para el estudio a realizar.

Atentamente,

Omar Celis, Analista Erco Energia

Anexo 2. Código del Análisis de correlación.

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# Datos recopilados
data = {
    "Empresa": [
        "Soluciones Solares SAS", "EcoSoluciones Ltda.", "Energía Sostenible S.A.S",
        "Ecovasos", "Santur", "EcoEnergia", "Penagos Hermanos",
        "Frigometro Girón", "Manufacturas Industriales S.A.", "AgroIndustria Verde",
        "EcoSolar Ltda.", "Innovación Solar S.A."
    ],
    "Costos Iniciales (COP)": [
        60000000, 180000000, 280000000, 95000000, 240000000, 360000000, 210000000,
        430000000, 407000000, 360000000, 120000000, 145000000
    ],
    "Costos Operativos por Año (COP)": [
        2500000, 5500000, 7700000, 4400000, 11000000, 28000000, 28000000,
        44600000, 46000000, 30000000, 10000000, 9000000
    ],
    "Beneficios Financieros por Año (COP)": [
        10000000, 40000000, 55000000, 20000000, 40000000, 120000000, 70000000,
        100000000, 130000000, 60000000, 40000000, 23000000
    ]
}

# Crear DataFrame
```

Evaluación Económica de una Granja Solar Privada en Bucaramanga 2024

```
df = pd.DataFrame(data)

# Calcular medidas de tendencia central

tendencia_central = df[["Costos Iniciales (COP)", "Costos Operativos por Año (COP)", "Beneficios Financieros por Año (COP)"]].agg(["mean", "median", lambda x: x.mode()[0]]).rename(index={"<lambda>": "mode"})

# Calcular la correlación entre los costos iniciales y los beneficios financieros

correlacion = df["Costos Iniciales (COP)"].corr(df["Beneficios Financieros por Año (COP)"])

# Generar gráficos

plt.figure(figsize=(12, 8))

# Gráfico de dispersión para la correlación

plt.subplot(2, 2, 1)

sns.scatterplot(data=df, x="Costos Iniciales (COP)", y="Beneficios Financieros por Año (COP)")

plt.title(f'Correlación: { correlacion:.2f}')

plt.xlabel("Costos Iniciales (COP)")

plt.ylabel("Beneficios Financieros por Año (COP)")

# Gráfico de barras para los costos iniciales

plt.subplot(2, 2, 2)

sns.barplot(data=df, x="Empresa", y="Costos Iniciales (COP)")

plt.xticks(rotation=90)

plt.title("Costos Iniciales (COP) por Empresa")

# Gráfico de barras para los costos operativos

plt.subplot(2, 2, 3)

sns.barplot(data=df, x="Empresa", y="Costos Operativos por Año (COP)")
```

Evaluación Económica de una Granja Solar Privada en Bucaramanga 2024

```
plt.xticks(rotation=90)
```

```
plt.title("Costos Operativos por Año (COP) por Empresa")
```

```
# Gráfico de barras para los beneficios financieros
```

```
plt.subplot(2, 2, 4)
```

```
sns.barplot(data=df, x="Empresa", y="Beneficios Financieros por Año (COP)")
```

```
plt.xticks(rotation=90)
```

```
plt.title("Beneficios Financieros por Año (COP) por Empresa")
```

```
plt.tight_layout()
```

```
plt.show()
```

```
# Resultados del análisis
```

```
tendencia_central, correlacion
```