

UNIVERSIDAD EAN
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN



**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES SOLARES EN
COMUNIDADES ENERGÉTICAS URBANAS DE BARRANCABERMEJA,
SANTANDER**

AUTORES

SERGIO ANDRÉS RINCÓN LEAL

Especialización en Gerencia de Proyectos

JUDY LORENA CANO TRIVIÑO

Especialización en Gerencia de Proyectos

CRISANGELA PIÑEROS CARVAJAL

Especialización en Gerencia de Proyectos

2024

TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN	4
2.	PALABRAS CLAVE.....	5
3.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
4.	OBJETIVO GENERAL	9
5.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
6.	JUSTIFICACIÓN.....	11
7.	VIABILIDAD	13
8.	MARCO METODOLÓGICO.....	16
9.	MARCO TEÓRICO.....	19
10.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
10.1	Enfoque de la Investigación	25
10.2	Diseño de la Investigación	26
10.3	Alcance o Tipo de Estudio	27
10.4	Definición de Variables	27
10.5	Población y Muestra de la investigación	28
10.6	Instrumentos de Recolección de Datos	29
10.7	Técnicas de Análisis de Datos	34
11.	RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
11.1	Análisis General:	36
11.2	Análisis socioeconómico	36
11.3	Análisis técnico	47
12.	CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACION	52
13.	RECOMENDACIONES	54
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Metodología de recolección de datos.....	17
Tabla 2. Propuestas de inversión.	48
Tabla 3. Datos de entrada para propuesta técnica.....	49
Tabla 4. Beneficios del tipo de instalación.	49

LISTADO DE FIGURAS

Figura. 1 Encuesta objetivo, pregunta 1.....	30
Figura. 2 Encuesta objetivo, pregunta 2.....	30
Figura. 3 Encuesta objetivo, pregunta 3.....	30
Figura. 4 Encuesta objetivo, pregunta 4.....	31
Figura. 5 Encuesta objetivo, pregunta 5.....	31
Figura. 6 Encuesta objetivo, pregunta 6.....	31
Figura. 7 Encuesta objetivo, pregunta 7.....	31
Figura. 8 Encuesta objetivo, pregunta 8.....	32
Figura. 9 Encuesta objetivo, pregunta 9.....	32
Figura. 10 Encuesta objetivo, pregunta 10.....	32
Figura. 11 Encuesta objetivo, pregunta 11.....	33
Figura. 12 Encuesta objetivo, pregunta 12.....	33
Figura. 13 Encuesta objetivo, pregunta 13.....	33
Figura. 14. Análisis de resultados, pregunta 1	37
Figura. 15. Análisis de resultados, pregunta 2	37
Figura. 16. Análisis de resultados, pregunta 3	38
Figura. 17. Análisis de resultados, pregunta 4	39
Figura. 18. Análisis de resultados, pregunta 5	40
Figura. 19. Análisis de resultados, pregunta 6	41
Figura. 20. Análisis de resultados, pregunta 7	41
Figura. 21. Análisis de resultados, pregunta 8	42
Figura. 22. Análisis de resultados, pregunta 9	43
Figura. 23. Análisis de resultados, pregunta 10	44
Figura. 24. Análisis de resultados, pregunta 11	45
Figura. 25. Análisis de resultados, pregunta 12	46
Figura. 26. Análisis de resultados, pregunta 13	47
Figura. 27. Sistema de paneles solares residenciales.....	48
Figura. 28. Recibo para la cotización de INTERSOLAR.....	50
Figura. 29. Amortización de la inversión a 20 años.....	50

1. RESUMEN

Este proyecto analiza la viabilidad de realizar la instalación de paneles solares en áreas urbanas del distrito especial de Barrancabermeja, Santander, con la finalidad de aumentar la generación de energía y disminuir los costos energéticos para los hogares residenciales. El estudio tiene como objetivo analizar el efecto económico de esta alternativa, teniendo en cuenta el gran potencial solar de la zona y la urgencia de diversificar la estructura energética. Asimismo, se investigan opciones energéticas sostenibles que promuevan la reducción de la dependencia de fuentes tradicionales y apoyen el bienestar económico de la comunidad.

2. PALABRAS CLAVE

Energía solar, generación energética, energías renovables, comunidades energéticas, desarrollo sostenible.

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema surge con la necesidad de comprender de qué manera la implementación de paneles solares en las comunidades urbanas de Barrancabermeja, Santander podría influir en el ahorro económico de los hogares. La razón fundamental radica en que, a pesar de que la región cuenta con un considerable potencial para la explotación de la energía solar fotovoltaica, se ha llevado a cabo una investigación preliminar sobre el grado de contribución a la disminución de los costos de consumo energéticos para los habitantes. A nivel internacional, se ha evidenciado que las energías renovables, en particular la energía solar, poseen la capacidad de disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y de incrementar la seguridad energética, tal como señalan Umbarila (2015). No obstante, la escasez de investigaciones e inversiones realizadas a nivel local sobre los beneficios económicos específicos de la energía solar limita el número de familias que decidan realizar inversiones con esta tecnología.

Los indicios de esta problemática se manifiestan en la falta de información relacionada con los ahorros económicos que los paneles solares pueden proporcionar y la carencia de dicha información impide que los habitantes realicen elecciones fundamentadas respecto a la implementación de soluciones energéticas solares, lo que lleva a la dependencia de fuentes de energía convencionales con altos costos de consumo. Según lo indica El Tiempo (2013), diversas regiones en Colombia han iniciado la adopción de tecnologías solares, alcanzando un notable nivel de autosuficiencia energética y disminuyendo los costos asociados. No obstante, en Barrancabermeja, la carencia de investigaciones y la insuficiencia de estímulos financieros destinados al desarrollo de estas alternativas energéticas renovables ha impedido la adopción masiva de este tipo de energía por parte de las familias.

Si esta situación persiste, las familias seguirán afrontando elevados gastos energéticos y conservarán su dependencia de fuentes no renovables, lo cual repercute de manera negativa en su bienestar económico a largo plazo. De acuerdo con Davies y Saygin (2023), la falta de desbloqueo de las inversiones requeridas para las energías renovables, particularmente en regiones no interconectadas como gran parte de Colombia, restringirá el acceso a soluciones energéticas que sean más asequibles y sostenibles.

La alternativa sugerida para abordar este problema consiste en promover la instalación de paneles solares en las comunidades urbanas de Barrancabermeja. Esto implicaría aprovechar la intensa radiación solar de la zona para producir electricidad a través de sistemas fotovoltaicos.

De acuerdo con Barragán-Alturo (2013), iniciativas análogas en diversas áreas del Magdalena Medio han evidenciado que la implementación de sistemas de paneles solares puede resultar viable tanto desde una perspectiva técnica como económica. Esta intervención contribuye a disminuir de manera considerable la dependencia de fuentes de energía convencionales, al tiempo que mejora la autosuficiencia energética de las comunidades involucradas. La presente implementación posibilitaría a las familias la generación parcial o total de su propia energía, lo que genera a su vez, una reducción de los costos de consumo energético asociados a las facturas de electricidad y, en ciertos casos, la oportunidad de comercializar el excedente de energía a la red, tal como señalan Umbarila (2015).

Un aspecto clave de la posible solución es la disminución de los gastos iniciales de inversión. A pesar de que la instalación de paneles solares implica una inversión considerable al principio, investigaciones sugieren que las ventajas a largo plazo, en aspectos de ahorro financiero y sostenibilidad, son notables. Asimismo, la Ley 1715 de 2014 en Colombia fomenta la utilización de energías renovables no convencionales a través de incentivos fiscales que disminuyen los costos de importación y el IVA para las tecnologías solares. Esto convierte la instalación de paneles solares en una alternativa cada vez más asequible para las familias, sobre todo cuando se cuenta con el respaldo del gobierno y opciones de financiamiento que faciliten a las comunidades reducir los gastos iniciales.

Adicional a las ventajas económicas, la implementación de paneles solares en Barrancabermeja tendría un impacto considerable en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), lo que facilitaría la mitigación del cambio climático, como señalan Davies y Saygin (2023). Al disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, las comunidades no solo incrementarán su seguridad energética, sino que también se ajustarán a los objetivos globales de sostenibilidad.

Desde una perspectiva social, la solución también tiene el potencial de producir efectos beneficiosos en la calidad de vida de los núcleos familiares. La autosuficiencia en el ámbito energético proporcionaría un mayor nivel de control sobre el consumo de energía, mientras que la adopción de fuentes de energía renovable podría establecer un modelo a seguir para otras comunidades de la región. Como señala Barragán-Alturo (2013), la adopción de estas tecnologías en diversas áreas del Magdalena Medio ha permitido no solo una disminución de costos, sino también una transformación en la percepción de las energías renovables, considerándolas como una opción viable y sostenible.

Por lo anterior, la pregunta de investigación que guía este estudio es: **¿En qué medida la implementación de paneles solares representa una solución sostenible y económicamente viable para los habitantes de Barrancabermeja, considerando los elevados costos de las tarifas energéticas actuales?**

4. OBJETIVO GENERAL

Proponer la implementación de soluciones energéticas sostenibles mediante la instalación de paneles solares para fortalecer las comunidades energéticas urbanas en Barrancabermeja, Santander, promoviendo la autosuficiencia y reducción de costos energéticos.

5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la capacidad de los paneles solares para mejorar la autosuficiencia energética y reducir la dependencia de fuentes no renovables en Barrancabermeja.
- Analizar los ahorros en costos energéticos generados por la propuesta de implementación de paneles solares en hogares de Barrancabermeja.
- Proponer alternativas energéticas basados en paneles solares para la ciudad de Barrancabermeja, Santander.

6. JUSTIFICACIÓN

El objetivo del presente proyecto de investigación es proponer la implementación de soluciones energéticas sostenibles mediante la instalación de paneles solares, con el propósito de consolidar las comunidades energéticas urbanas en Barrancabermeja, Santander. La presente propuesta tiene como objetivo promover la autosuficiencia energética y disminuir los gastos asociados con la energía, en un marco en el que la transición hacia fuentes de energía renovables se constituye no solo como una exigencia medioambiental, sino también como un imperativo de carácter económico y social.

La importancia de investigar sobre la implementación de soluciones solares se basa en diversos factores esenciales. En primer lugar, las energías renovables, en particular la solar, presentan una opción factible para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, cuya extracción produce significativos efectos ambientales y económicos, tal como lo indica Umbarila (2015) en la revista de investigación agraria y ambiental, donde se destaca que la generación de energía a partir de hidrocarburos tiene un impacto considerable en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), responsables del cambio climático. Esta situación ha provocado un aumento en la necesidad de fuentes de energía limpia que aseguren tanto la seguridad energética como el desarrollo económico sostenible.

En el caso particular del distrito de Barrancabermeja, una localidad fuertemente asociada con el sector petrolero, la diversificación de la matriz energética a través de la implementación de paneles solares no solo facilitará la disminución de la dependencia de combustibles fósiles, sino que también favorecerá la estabilidad económica de la región. De acuerdo con el informe de la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2015), las fuentes de energía renovable han comenzado a constituir una parte considerable de la capacidad de generación instalada en naciones como China y Estados Unidos, evidenciando así el potencial de estas tecnologías para ser integradas en las economías locales y, a su vez, potenciar su competitividad.

Los resultados obtenidos de la instalación de paneles solares en residencias y comunidades urbanas pueden ser sumamente significativos y beneficiosos tanto para los usuarios finales como para el medio ambiente en su conjunto. La capacidad de producir electricidad de forma descentralizada incrementa la autosuficiencia en energía y, en ciertos casos, facilita la comercialización de excedentes energéticos. Esto se evidencia en el prototipo de generación

distribuida en Colombia, que demuestra el efecto beneficioso de la generación solar integrada a la red eléctrica. Esto no solo contribuye a la disminución de costos, sino que también fortalece la resiliencia del sistema energético, brindando apoyo en momentos de alta demanda o en casos de emergencias en la red.

A nivel global, la incorporación de tecnologías solares innovadoras ha mostrado un crecimiento acelerado, motivado tanto por el aumento en la eficiencia de los paneles fotovoltaicos como por la reducción en sus costos de producción. En Colombia, a pesar de que el marco legal todavía enfrenta obstáculos para facilitar la integración plena de la energía solar, la Ley 1715 de 2014 instituye mecanismos dirigidos a promover la utilización de fuentes de energía no convencionales.

En conclusión, el presente proyecto resulta fundamental para progresar hacia un modelo energético que sea tanto más sostenible como más accesible en la localidad de Barrancabermeja. El presente estudio facilitará la identificación de los beneficios económicos y ambientales asociados a los paneles solares, así como su capacidad para promover la formación de comunidades energéticas autosuficientes. Asimismo, se alinean con las tendencias globales que promueven una transición hacia un modelo energético más equitativo e inclusivo, tal como lo establece la Comisión Europea al impulsar el desarrollo de comunidades energéticas locales centrados en el bienestar colectivo.

El proyecto de investigación está enmarcado en el campo de ciencia, tecnología e innovación en el grupo de investigación INDEVOS y en la línea EREE Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad EAN.

7. VIABILIDAD

El proyecto de propuesta de implementación de soluciones energéticas sostenibles a través de la instalación de paneles solares en Barrancabermeja se plantea como una opción sumamente factible, considerando los aspectos técnicos como financieros, en función de los recursos naturales, tecnológicos y normativos disponibles. La evaluación de la factibilidad del proyecto considera los siguientes elementos: la capacidad energética de la zona, los avances en tecnología solar, el contexto normativo en Colombia y las ventajas económicas y ecológicas.

7.1. Potencial Energético de Barrancabermeja

Barrancabermeja, situada en la zona del Magdalena Medio, presenta un elevado nivel de radiación solar a lo largo del año, lo que hace que esta región sea adecuada para el uso de la energía solar. El promedio de radiación solar en Colombia varía entre 4 y 6 kWh/m² por día, lo que resulta positivo para la implementación de paneles solares fotovoltaicos, de acuerdo con investigaciones llevadas a cabo por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), tal como señala Umbarila. Este recurso natural representa uno de los elementos esenciales que sostiene la viabilidad técnica del proyecto.

7.2. Avances Tecnológicos en Energía Solar

Los progresos en las tecnologías fotovoltaicas, tales como el aumento en la eficiencia de las celdas solares y la reducción en los costos de producción, han fortalecido la viabilidad de llevar a cabo proyectos de generación solar a gran escala. Umbarila y otros autores, según el estudio realizado en 2015, mencionan observado un incremento notable en la eficiencia de los paneles solares, llegando a alcanzar niveles del 19.9%. Este avance indica que la energía solar ha adquirido una mayor competitividad tanto en términos de eficiencia como de costos. Estos avances facilitan la implementación de sistemas de paneles solares en entornos urbanos, constituyendo una alternativa que resulta energéticamente eficiente y financieramente sostenible.

7.3. Marco Normativo y Políticas Públicas

El marco normativo en Colombia también promueve la adopción de soluciones energéticas sostenibles. La Ley 1715 de 2014 fomenta la utilización de fuentes de energía renovable no convencionales, abarcando la energía solar, y establece incentivos fiscales

como la exención del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y la dispensa de aranceles para la importación de tecnologías asociadas (Umbarila, 2015). El apoyo normativo contribuye a la disminución de los costos de implementación, así como a la optimización de la rentabilidad de los proyectos relacionados con energías renovables. Asimismo, Portafolio (2007) señala que el marco legal actual fomenta la generación distribuida, lo que posibilitaría a los usuarios comercializar los excedentes de energía al sistema eléctrico nacional.

7.4. Beneficios Económicos y Ambientales

El proyecto no únicamente es viable desde el punto de vista técnico, sino que también ofrece evidentes ventajas tanto económicas como medioambientales. Desde una perspectiva económica, la implementación de paneles solares proporciona a los usuarios la capacidad de disminuir su dependencia de la red eléctrica tradicional, lo que conlleva, a largo plazo, un ahorro considerable en los gastos asociados con el consumo de electricidad. De acuerdo con lo señalado por Portafolio (2007), la integración de la energía solar a la red eléctrica tiene el potencial de aliviar la congestión en el sistema eléctrico y proporcionar una mayor estabilidad en la generación de energía. En adición, en un entorno caracterizado por la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles, la inversión en paneles solares representa una opción de generación energética más estable y predecible. Sin embargo, desde una perspectiva ambiental, el proyecto desempeña un papel significativo en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en el cumplimiento de los compromisos internacionales que Colombia ha asumido en referencia al cambio climático (Umbarila, 2015).

La implementación de tecnologías sostenibles, tales como los paneles solares, es fundamental para reducir el impacto ambiental de las actividades tanto industriales como residenciales, y se encuentra en alineada con las tendencias globales en materia de transición energética (Ordeñana, 2022).

7.5. Factibilidad Financiera

Respecto a la viabilidad económica, los incentivos fiscales que se mencionaron previamente, junto con la reducción de los gastos de instalación y la capacidad de obtener ingresos adicionales a través de la comercialización de energía excedente, favorecen las expectativas

de recuperación de la inversión del proyecto. Para el autor Atutxa Ordeñana según lo señalado en 2022, la transición energética ha promovido un aumento en las inversiones en proyectos de energías renovables a nivel mundial, lo que podría captar capital tanto nacional como internacional. Bajo este enfoque, el proyecto de Barrancabermeja tiene el potencial de aprovechar la creciente necesidad de energías sostenibles y las posibilidades de financiamiento que existen.

En conclusión, el proyecto destinado a la implementación de paneles solares en Barrancabermeja se considera sumamente factible desde las perspectivas técnica, económica y legal. A su vez, factores a considerar como la disponibilidad de recursos naturales, los progresos en la tecnología solar, un marco regulatorio propicio y las ventajas económicas y ambientales que proporciona la energía solar convierten a este proyecto en una opción sostenible y económicamente viable para la región. Asimismo, la creación de comunidades energéticas autosuficientes favorecerá la calidad de vida de los residentes de Barrancabermeja, al mismo tiempo que se impulsa la transición hacia un modelo energético que sea más sostenible y resiliente.

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. Tipo de investigación

El enfoque metodológico que se utilizará para este proyecto consistirá en una investigación aplicada, que integrará tanto enfoques cuantitativos como cualitativos. Esto facilitará la evaluación del impacto que tiene la instalación de paneles solares en cuanto a la autosuficiencia energética y el ahorro económico. El enfoque de la investigación aplicada estará dirigido a la resolución de problemáticas específicas, tales como la dependencia en fuentes de energía no renovables y el elevado costo energético en Barrancabermeja.

En términos cuantitativos se busca evaluar la eficacia de los paneles solares en el aumento de la autosuficiencia energética, así como en la estimación de los beneficios económicos asociados. Y en el ámbito cualitativo el propósito de la investigación es presentar opciones de energía alternativas y examinar las repercusiones sociales y económicas en las áreas urbanas.

8.2. Diseño de la Investigación

El diseño del estudio adoptará un enfoque exploratorio y descriptivo, con el propósito de investigar posibles soluciones energéticas sostenibles y detallar el impacto que la instalación de paneles solares podría tener.

8.3. Técnicas de Recolección de Información

- Recopilación de información de fuentes secundarias como investigaciones anteriores, informes de energía a nivel local y mundial, y leyes actuales relacionadas con energías renovables.
- Encuestas y entrevistas utilizadas para obtener datos cualitativos de los residentes de Barrancabermeja acerca de sus hábitos de consumo de energía y su opinión sobre la integración de fuentes de energía renovable.

En la Tabla 1 se resume la manera en que se va a implementar la toma de datos para el cumplimiento del objeto de investigación del presente documento:

Tabla 1. Metodología de recolección de datos.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo general	Metodología	Entregable / Producto
<p>Proponer la implementación de soluciones energéticas sostenibles mediante la instalación de paneles solares para fortalecer las comunidades energéticas urbanas en Barrancabermeja, Santander, promoviendo la autosuficiencia y reducción de costos energéticos.</p>	<p>Evaluación de soluciones tecnológicas: evaluación técnica y económica de las opciones de paneles solares existentes.</p> <p>Recolección de datos de hogares que implementan paneles solares: medir el rendimiento energético y económico a lo largo del tiempo.</p>	<p>Informe final que contiene el análisis técnico, económico y social de la instalación de paneles solares en Barrancabermeja.</p>
<p>Evaluar la capacidad de los paneles solares para mejorar la autosuficiencia energética y reducir la dependencia de fuentes no renovables en Barrancabermeja.</p>	<p>Evaluación técnica: Análisis técnico de la capacidad de generación de los paneles solares existentes.</p> <p>Cuanto es el requerimiento energético de los hogares</p>	<p>Análisis de generación de energía con paneles solares vs consumo de energía tradicional.</p>
<p>Analizar los ahorros en costos energéticos generados por la propuesta de implementación de paneles solares en hogares de Barrancabermeja.</p>	<p>Análisis financiero de costos comparativo entre el uso de energía convencional y la energía solar.</p> <p>Análisis de los ahorros a corto y mediano plazo de hogares que actualmente se</p>	<p>Informe que especifica los gastos asociados con la instalación de paneles solares, el mantenimiento requerido, los ahorros en costos de energía convencional y el tiempo</p>

	abastecen de energía de paneles solares.	que se tarda en recuperar la inversión inicial.
Proponer alternativas energéticas basados en paneles solares para la ciudad de Barrancabermeja, Santander.	<p>Investigación de tecnologías adicionales en el campo de la energía solar como sistemas de almacenamiento de energía (baterías) o integraciones con la red eléctrica para maximizar el uso de energía solar.</p> <p>Revisiones bibliográficas</p> <p>Estudios de caso de otras ciudades</p> <p>Entrevistas con expertos en energía solar</p>	<p>Propuesta de sistemas de almacenamiento de energía o conexiones con la red eléctrica, que podrían ser integradas a la instalación de paneles solares con el fin de optimizar la eficiencia energética.</p> <p>Propuesta de alternativa energética.</p>

9. MARCO TEÓRICO

La energía solar fotovoltaica ha emergido como una de las alternativas más factibles y eficaces para abordar el cambio climático y progresar hacia la reducción de emisiones de carbono en la industria energética a nivel mundial. Según un estudio realizado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), el rendimiento económico de las tecnologías solares fotovoltaicas es considerablemente superior a los costos asociados, principalmente como resultado de la constante reducción en los precios de los paneles solares y el incremento en su eficacia. El estudio demuestra que a medida que los costos de producción y despliegue de paneles solares disminuyen, las ventajas en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y mejoras en la calidad del aire aumentan significativamente (MIT News, 2020).

El papel crucial de la energía solar en la lucha contra el cambio climático también es resaltado por el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés). Según varios análisis, se ha comprobado que la capacidad instalada de energía solar ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, lo que ha tenido un impacto significativo en la disminución de las emisiones de carbono (Foro Económico Mundial, 2023). El crecimiento observado ha sido ocasionado por el progreso de tecnologías que son tanto más accesibles como más eficientes, lo que ha posibilitado su adopción no solo en naciones desarrolladas, sino también en áreas emergentes y en vías de desarrollo.

Según el informe de Ember Climate (2023), la energía solar ha experimentado un notable aumento en 2023, logrando niveles sin precedentes de instalación a nivel mundial. El aumento de la capacidad instalada ha sido tan significativo que la energía solar se ha consolidado como una de las principales fuentes de energía renovable, logrando hitos importantes tanto en Europa como en América Latina. El progreso ha sido motivado por políticas gubernamentales propicias, subvenciones y una creciente conciencia sobre la importancia de opciones sostenibles en respuesta a los retos ambientales a nivel mundial.

Colombia está emergiendo como un actor importante en la transformación energética de América Latina, con un enfoque cada vez mayor en el avance de fuentes de energía renovable, como la solar. Este progreso ha sido facilitado por un marco normativo sólido. La Ley 1715 de 2014 promueve la integración de energías renovables no convencionales al Sistema Interconectado Nacional (SIN), regula la autogeneración y establece beneficios tributarios, como deducciones en

el impuesto sobre la renta, exclusión del IVA y aranceles. Por su parte, la Ley 1955 de 2019, a través del Plan Nacional de Desarrollo, exige a las entidades públicas reducir su consumo energético en un 15% anual (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2019).

Adicionalmente, normativas como la Resolución CREG 030 de 2018 y el Decreto 2469 de 2014 regulan aspectos técnicos y financieros, como la entrega de excedentes de energía y la conexión de sistemas fotovoltaicos al SIN, facilitando la integración de estas tecnologías tanto en zonas urbanas como rurales. Esto es especialmente relevante en áreas como Barrancabermeja, donde el costo energético y la dependencia de fuentes no renovables representan desafíos significativos (PV Magazine, 2024). Colombia ha implementado medidas sustanciales para promover la adopción de sistemas de autoconsumo fotovoltaico, incluyendo la introducción de subsidios específicos dirigidos a viviendas y empresas. De acuerdo con la publicación de PV Magazine (2023), el gobierno ha comunicado la implementación de medidas de estímulo económico destinadas a individuos y entidades que opten por integrar tecnologías solares, con la finalidad de disminuir la dependencia en fuentes de energía no renovables y fomentar la autosuficiencia energética. Este método es especialmente pertinente para localidades como Barrancabermeja, en las que la necesidad de energía ha aumentado y los costos de energía se han convertido en un dilema económico para numerosos hogares.

En el año 2024, se han implementado nuevas regulaciones por parte del gobierno colombiano con respecto a las comunidades energéticas, las cuales reconocen la capacidad de las soluciones solares para mejorar las infraestructuras eléctricas tanto en zonas urbanas como rurales (PV Magazine, 2024). Estas disposiciones posibilitan que comunidades completas puedan implementar sistemas de energía compartida, lo cual no solo promueve la autosuficiencia, sino que también disminuye los costos energéticos al distribuir entre los miembros de la comunidad los excedentes de energía generados por los paneles solares.

La energía solar fotovoltaica es particularmente relevante en Colombia debido a la elevada radiación solar que recibe el país, con un promedio de 4.5 kWh/m²/día, cifra que supera la media a nivel global. En Barrancabermeja y otras regiones, el potencial de energía solar se ve favorecido por la necesidad de actualizar la infraestructura existente. Por lo tanto, los sistemas solares se presentan como una solución ideal para mejorar la eficiencia energética en estas zonas.

Entre los elementos fundamentales de los sistemas fotovoltaicos se encuentran:

Los paneles solares que se pueden clasificar en dos tipos: los monocristalinos, que son conocidos por su mayor eficiencia, y los policristalinos, que suelen ser más económicos. Es importante tener en cuenta estas diferencias al momento de seleccionar el tipo de panel solar que se ajuste mejor a las necesidades y presupuesto de cada proyecto de energía renovable. Los inversores son dispositivos que se encargan de convertir la corriente continua en corriente alterna. Las estructuras de montaje deben ser adaptadas a las características del terreno o la cubierta donde se van a instalar. Y Los acumuladores y reguladores son componentes esenciales en los sistemas Off-grid, ya que se encargan del almacenamiento y gestión de energía de forma eficiente.

En función de las necesidades de la comunidad, es posible optar por la implementación de sistemas On-grid (conectados al Sistema Interconectado Nacional) o Off-grid (autónomos). Según Gentil Orozco (2020), los sistemas On-grid son la opción más económica y adecuada para áreas urbanas, mientras que los sistemas Off-grid son más adecuados para zonas no interconectadas (ZNI), aunque requieren de mayores costos iniciales.

El objetivo de la presente investigación consiste en proponer la adopción de medidas de energía sostenible, concretamente la instalación de paneles solares, con el fin de mejorar la capacidad energética de las comunidades urbanas en Barrancabermeja, fomentando la independencia energética y la disminución de gastos. En el presente contexto, resulta de suma importancia la evaluación de la eficiencia de los paneles solares en cuanto a su capacidad de incrementar la autonomía energética. Barrancabermeja, como un punto importante de la industria y la energía en Colombia, ofrece un entorno propicio para la implementación de tecnologías solares, dado que se enfrenta a desafíos relacionados con los costos energéticos y la dependencia de fuentes no renovables.

Los paneles solares tienen la capacidad de mejorar la autosuficiencia energética debido a su habilidad para generar electricidad de forma constante y sostenible, incluso en lugares con alta radiación solar como Barrancabermeja. Esto disminuye drásticamente la necesidad de depender de la red eléctrica nacional, la cual a menudo se genera de hidroeléctricas. El incremento en la autosuficiencia energética, de acuerdo con el Foro Económico Mundial (2023), no solo trae beneficios a los hogares particulares, sino que también tiene consecuencias a nivel macroeconómico al disminuir la demanda total de energía no renovable a nivel nacional.

La capacidad de la energía solar para disminuir los costos energéticos a largo plazo es considerada como uno de sus atractivos principales. A pesar de que la introducción inicial de paneles solares puede suponer un obstáculo financiero para numerosos hogares, los incentivos proporcionados por el gobierno colombiano y el decrecimiento gradual de los gastos de instalación están contribuyendo a que esta tecnología se torne cada vez más alcanzable (PV Magazine, 2023). Los ahorros resultantes de la disminución de los costos de energía son significativos, en particular en áreas urbanas con un consumo elevado como en el caso de la ciudad de Barrancabermeja.

Adicionalmente, la energía adicional generada por los paneles solares puede ser redistribuida o comercializada a la red eléctrica, lo que resultaría en ingresos adicionales para las viviendas y aumentaría su autosuficiencia y disminuyendo los gastos. Esto es especialmente pertinente en el contexto de las comunidades energéticas, en las cuales los beneficios de índole económica son distribuidos entre todos los involucrados.

Finalmente, la propuesta de alternativas energéticas basadas en paneles solares para Barrancabermeja debe abarcar un enfoque integral que contemple la implementación de tecnologías contemporáneas, programas de formación para la instalación y mantenimiento de los sistemas, y el aprovechamiento de los incentivos gubernamentales. Si se aplican las políticas y soluciones apropiadas, la ciudad podría llegar a ser un modelo de autosuficiencia energética, aprovechando la radiación solar y las nuevas regulaciones que promueven el desarrollo de comunidades energéticas (PV Magazine, 2024).

La implementación de estas alternativas no solamente resultará en la disminución de los gastos de energía, sino que también aportará al mantenimiento del medio ambiente y a la ampliación de las fuentes de energía utilizadas en el país. Las experiencias exitosas en otras zonas de Colombia evidencian la factibilidad de la incorporación de sistemas fotovoltaicos a gran escala, con efectos positivos tanto en el ámbito económico como en el social.

La propuesta de alternativas energéticas en Barrancabermeja se enfoca en optimizar la autosuficiencia energética, disminuir los costos operativos y promover un enfoque sostenible. La habilidad de redistribuir la energía generada por paneles solares presenta una oportunidad significativa para el bienestar económico de las comunidades, al mismo tiempo que contribuye a la reducción de la dependencia de fuentes de energía no renovables. Asimismo, los incentivos

gubernamentales y las regulaciones vigentes colocan a la ciudad en una posición privilegiada como un paradigma de autosuficiencia energética y como un referente en la transición hacia una matriz energética más limpia (PV Magazine, 2023).

Las metodologías utilizadas para la implementación de proyectos solares son fundamentales para garantizar el éxito y la eficiencia en la ejecución de las instalaciones fotovoltaicas. Estas metodologías abarcan desde la planificación y el diseño hasta la puesta en marcha y el mantenimiento de los paneles solares.

En primer lugar, es crucial realizar un estudio detallado del lugar donde se va a instalar el proyecto solar, teniendo en cuenta aspectos como la radiación solar, la topografía del terreno y las posibles sombras que puedan afectar el rendimiento de los paneles. A partir de esta información se puede diseñar un sistema óptimo que maximice la captación de energía solar.

Además, es importante establecer un plan de acción claro y detallado que defina las tareas a realizar, los plazos de ejecución y los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto de manera eficiente. También es fundamental contar con un equipo de trabajo capacitado y especializado en energía solar, que pueda garantizar la correcta instalación y puesta en marcha de los paneles solares.

Una vez que el proyecto solar ha sido implementado, es crucial llevar a cabo un seguimiento continuo para asegurar su correcto funcionamiento y realizar mantenimientos preventivos que garanticen la durabilidad y eficiencia de los paneles solares a lo largo del tiempo.

En resumen, las metodologías para la implementación de proyectos solares son fundamentales para asegurar el éxito en la ejecución de instalaciones fotovoltaicas, abarcando desde la planificación y el diseño hasta la puesta en marcha y el mantenimiento de los paneles solares. Un enfoque meticuloso, un equipo especializado y un seguimiento continuo son clave para garantizar la eficiencia y durabilidad de los proyectos solares.

Para garantizar la viabilidad técnica, financiera y ambiental de los sistemas solares fotovoltaicos, es fundamental emplear metodologías integrales durante su implementación. Entre las más relevantes están:

- El enfoque del Project Management Institute (PMI) ofrece un marco estructurado que guía a través de todo el proceso, desde la identificación de requisitos hasta la evaluación financiera y ambiental.
- La metodología de la ONUDI se basa en realizar un análisis multidimensional que abarca aspectos como el mercado, la tecnología, los costos y el presupuesto, con el objetivo de optimizar el impacto económico y social del proyecto.

Estas metodologías no solo aseguran una ejecución efectiva, sino que también ayudan a superar obstáculos técnicos y financieros, lo que facilita la implementación de sistemas solares en comunidades urbanas como Barrancabermeja (UPME, 2019).

El marco teórico de este estudio muestra que es posible introducir soluciones solares en áreas urbanas de Barrancabermeja, centrándose en la generación de energía independiente y la disminución de gastos. A partir de las experiencias tanto nacionales como internacionales, se puede llegar a la conclusión de que la energía solar no solamente es una opción económicamente viable y respetuosa del medio ambiente, sino que también representa una alternativa estratégica para el desarrollo sostenible del sector energético en Barrancabermeja y en Colombia.

10. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de esta investigación es proponer la implementación de paneles solares como una alternativa energética sostenible que fomente la autosuficiencia y disminuya los gastos de energía en las comunidades urbanas de Barrancabermeja, Santander. Con el fin de lograr este objetivo, es esencial disponer de un marco metodológico sólido que facilite el abordaje integral de los factores técnicos, económicos y sociales vinculados a la incorporación de tecnologías solares.

10.1 Enfoque de la Investigación

La metodología empleada será de tipo mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010), el enfoque híbrido resulta ser el más apropiado cuando es necesario obtener una comprensión integral de un fenómeno, ya que integra los elementos cuantificables de una investigación cuantitativa con las opiniones y vivencias que se adquieren a partir de una investigación cualitativa. Esta metodología posibilita examinar la cuestión desde diversas perspectivas, ofreciendo una comprensión más integral de las ventajas de la instalación de paneles solares en Barrancabermeja.

- **Cuantitativo:** Este método se enfocará en evaluar el efecto concreto que ocasiona la instalación de paneles solares en la disminución de los gastos de energía de los hogares y en el aumento de la autosuficiencia energética de las comunidades urbanas. Con este fin, se emplearán encuestas estructuradas y se llevarán a cabo análisis estadísticos con el propósito de valorar los beneficios tanto económicos como energéticos.
- **Cualitativo:** El enfoque cualitativo facilitará la exploración de las percepciones y actitudes de los residentes de Barrancabermeja respecto a la adopción de soluciones solares. De acuerdo con lo indicado por Ñaupás (2018), el enfoque cualitativo resulta esencial cuando se busca entender de qué manera los actores sociales interpretan los fenómenos que están viviendo. Las entrevistas semi-estructuradas ofrecerán una comprensión detallada de las perspectivas de los habitantes acerca de la factibilidad de la energía solar y sus repercusiones en la comunidad.

El enfoque mixto, según lo sugieren Hernández (2010) facilita la obtención de datos cuantitativos que son tanto objetivos como medibles, mientras que se complementa con información cualitativa que proporciona un contexto social y humano más amplio.

La combinación de estos elementos es fundamental en los estudios que abordan la tecnología y la sostenibilidad, donde las creencias y posturas desempeñan un papel vital en la aceptación de innovadoras alternativas energéticas.

10.2 Diseño de la Investigación

El enfoque de la investigación será tanto exploratorio como descriptivo, de acuerdo con las sugerencias de Ñaupas (2018)., Este tipo de diseño resulta apropiado cuando el campo de estudio es bastante reciente o ha sido poco explorado, como sucede en la implementación de paneles solares en Barrancabermeja, donde hay poca información a nivel local acerca de las ventajas económicas y sociales de esta tecnología.

- **Exploratorio:** La fase exploratoria buscará identificar posibles soluciones energéticas sostenibles que puedan aplicarse en Barrancabermeja. Esto implica revisar estudios previos sobre la implementación de paneles solares en otras regiones con características similares, y analizar el marco normativo que podría favorecer o dificultar su adopción. Esta fase también permitirá identificar las principales barreras percibidas por los habitantes locales respecto a la adopción de energías renovables.
- **Descriptivo:** Tras haber reconocido las soluciones potenciales, la investigación se centrará en detallar minuciosamente cómo la implementación de paneles solares podría afectar la autosuficiencia energética y el ahorro financiero. Tal Como sugiere Hernández (2010), el diseño descriptivo se utiliza para caracterizar fenómenos en detalle, ofreciendo una comprensión precisa de cómo los paneles solares pueden contribuir a mejorar la calidad de vida de los hogares de Barrancabermeja.

Este diseño de investigación permitirá tanto explorar nuevas perspectivas como describir con precisión los efectos esperados de la implementación de paneles solares en el contexto urbano de Barrancabermeja.

10.3 Alcance o Tipo de Estudio

La investigación será de carácter aplicado, dado que se enfoca en abordar un problema específico y práctico: la considerable dependencia de los hogares de Barrancabermeja de fuentes de energía no renovables y el alto costo de las tarifas eléctricas. De acuerdo con Guízar (2013), la investigación aplicada tiene como objetivo crear conocimiento práctico para abordar problemas concretos, lo que, en este contexto, se refleja en la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles que se puedan implementar eficazmente en la comunidad.

Tal como enfatiza Alonso (2012), las investigaciones aplicadas deben enfocarse en resultados que puedan influir de manera inmediata en las prácticas sociales o económicas. En esta situación, los hallazgos del estudio no solo ofrecerán un análisis técnico sobre la factibilidad de los paneles solares, sino que también actuarán como fundamento para crear estrategias de adopción tecnológica que beneficien a los habitantes y a la administración local.

10.4 Definición de Variables

Siguiendo las recomendaciones de Ñaupás (2018) y Hernández (2010), es esencial definir con claridad las variables que se van a investigar para estructurar el análisis de manera efectiva.

- **Variable independiente:** La variable principal será la implementación de paneles solares en los hogares de Barrancabermeja.
- **Variables dependientes:**
 - **Ahorro económico:** Se evaluará cómo los paneles solares influyen en la disminución de los gastos energéticos de las viviendas.
 - **Autosuficiencia energética:** Se analizará el grado de independencia energética que los hogares son capaces de lograr mediante la utilización de paneles solares.
 - **Percepción de viabilidad:** Se examinarán las perspectivas de los habitantes respecto a la viabilidad técnica, económica y social de implementar tecnologías solares en sus comunidades.

10.5 Población y Muestra de la investigación

Población: La población de interés en el presente estudio está constituida por los hogares residenciales urbanos de Barrancabermeja, Santander, una ciudad situada en la región del Magdalena Medio en Colombia. Esta localidad es reconocida por su relación con la industria petrolera y por las elevadas temperaturas que experimenta, características que la convierten en un entorno adecuado para la adopción de tecnologías de energía solar. Barrancabermeja se distingue por presentar un nivel elevado de radiación solar, lo que posibilita la evaluación del impacto potencial que los paneles solares podrían tener en la autosuficiencia energética y en el ahorro financiero de los hogares.

Los hogares residenciales de la ciudad exhiben una variabilidad en relación con el nivel socioeconómico, el acceso a la tecnología y el grado de conocimiento acerca de las energías renovables. No obstante, la mayoría de las personas se enfrenta a elevados costos de electricidad, lo cual da lugar a una considerable dependencia de fuentes de energía convencionales. Esta particularidad convierte a los residenciales de Barrancabermeja en un entorno idóneo para analizar la viabilidad económica y social de la instalación de paneles solares como una alternativa energética sostenible.

Se estima que el número de viviendas residenciales en Barrancabermeja asciende a 57.300 según datos del DANE. Este valor abarca una mezcla de residencias unifamiliares y multifamiliares, las cuales pueden presentar diversas intensidades de consumo energético, además de variados niveles de acceso a financiamiento y propensión para la adopción de tecnologías emergentes. Esta cifra representa la dimensión de la población objeto de estudio, lo cual proporciona un fundamento amplio para la recopilación de datos y la ejecución de soluciones energéticas sostenibles.

Muestra: De un total poblacional que asciende a aproximadamente a 57,300 hogares, se llevará a cabo la selección de una muestra constituida por mínimo 40 hogares que serán invitados a participar en el estudio. El tamaño de la muestra seleccionado es pertinente para realizar un análisis representativo de la viabilidad técnica, económica y social relacionada con la implementación de paneles solares, además de facilitar la recopilación de datos cualitativos exhaustivos. De acuerdo con lo expuesto por Según Hernández (2010), una muestra de tal tamaño es adecuada para la realización de estudios exploratorios y descriptivos, dado que

posibilita la obtención de información suficiente para identificar patrones y formular recomendaciones prácticas.

La muestra compuesta por mínimo 40 hogares, incluirá aquellos que presenten una predisposición para adoptar tecnologías sostenibles, así como aquellos que se encuentren situados en áreas de la ciudad que cuenten con un potencial energético solar idóneo. La presente muestra facilitará la evaluación de las variaciones en los beneficios económicos y energéticos asociados con la utilización de paneles solares, así como las percepciones y actitudes que los hogares mantienen en relación con su implementación.

La selección de este tipo de muestreo está motivada por la necesidad de identificar hogares que puedan proporcionar información sustancial y pertinente para la investigación, dado que no todos los domicilios en Barrancabermeja presentan condiciones homogéneas para la adopción de tecnologías solares. Asimismo, dado que se trata de una investigación aplicada, se pretende obtener una muestra que represente de manera adecuada a los hogares que se encontrarían más dispuestos y capacitados para llevar a cabo la implementación de paneles solares.

10.6 Instrumentos de Recolección de Datos

Se emplearán distintos instrumentos para la recopilación de datos que faciliten la obtención de información tanto cuantitativa como cualitativa.

- **Encuestas estructuradas:** Se llevarán a cabo en los hogares seleccionados con el fin de recopilar datos cuantitativos acerca de su consumo de energía, costos y previsiones en relación con la instalación de paneles solares. Este tipo de herramienta es esencial para evaluar las variables dependientes, como el ahorro financiero y la independencia energética.

A continuación, se presentan las preguntas mediante las cuales se estructuró el cuestionario para recopilar la información de potenciales interesados en Barrancabermeja, Santander:

¿Es trabajador de Ecopetrol S.A en la refinería de Barrancabermeja? *

Si

No

Soy pensionado

Figura. 1 Encuesta objetivo, pregunta 1.
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

¿Vive en la ciudad de Barrancabermeja de forma permanente?

Si

No

Figura. 2 Encuesta objetivo, pregunta 2
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

¿Cuál es el estrato social donde vive en Barrancabermeja?

Estrato 1

Estrato 2

Estrato 3

Estrato 4

Estrato 5

Otro: _____

Figura. 3 Encuesta objetivo, pregunta 3.
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Sabía que de acuerdo con la UPME el promedio de consumo energético mensual en Colombia es de 157 Kwh mes? siendo de aproximadamente \$ 200.000,00 COP mensuales

Si

No tenía conocimiento

Figura. 4 Encuesta objetivo, pregunta 4
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Sabia que en Barrancabermeja por las altas temperaturas el consumo mensual promedio es superior a 450 Kwh, siendo de \$ 560.000,00 COP aproximadamente

Si

No tenía conocimiento

Otro: _____

Figura. 5 Encuesta objetivo, pregunta 5
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Su consumo se encuentra dentro del promedio mensual para Barrancabermeja o es diferente?

Si, se encuentra dentro del promedio

No, se encuentra superior al promedio

No, se encuentra por debajo del promedio

Otro: _____

Figura. 6 Encuesta objetivo, pregunta 6
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Cuánto paga mensualmente por el servicio de energía eléctrica?

Entre 0 - 500.000,00 COP

Entre 500.000,00 COP - 1.000.000,00 COP

Entre 1.000.000,00 COP - 1.500.000,00 COP

Superior a 1.500.000,00 COP

Figura. 7 Encuesta objetivo, pregunta 7

Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Esta de acuerdo con la tarifa mensual del servicio de energía eléctrica suministrado por la ESSA en Barrancabermeja?

Si, es lo justo.

No, es muy costoso.

Otro: _____

Figura. 8 Encuesta objetivo, pregunta 8
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Ha escuchado del ahorro energético con la instalación de paneles solares en viviendas urbanas residenciales?

Si

No

Otro: _____

Figura. 9 Encuesta objetivo, pregunta 9
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Sabía que los paneles solares tienen una vida útil de 25 a 30 años de servicio una vez instalados? y solo requieren entre uno y máximo dos mantenimientos anuales de limpieza

Si

No

Figura. 10 Encuesta objetivo, pregunta 10

Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Sabía que con una inversión entre 30.000.000,00 y 50.000.000,00 COP de paneles solares podría dejar de pagar energía mensual e incluso recibir ingresos por generación energética por más de 25 años?

Si

No

Otro: _____

Figura. 11 Encuesta objetivo, pregunta 11
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Sabía que de esta inversión tiene derecho a un alivio tributario en la declaración de renta del 50% sobre el monto de inversión de acuerdo con la UPME?

Si

No

Otro: _____

Figura. 12 Encuesta objetivo, pregunta 12
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Consideraría invertir en paneles solares teniendo en cuenta que al financiar la totalidad de la inversión pagaría un promedio mensual de 500.000,00 a 1.000.000,00 durante un plazo máximo de 5 años?

Si

No

Otro: _____

Figura. 13 Encuesta objetivo, pregunta 13
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Una vez se consoliden los resultados, se hará el análisis estadístico para proceder con el objetivo de la investigación en el entregable del informe técnico.

- **Entrevistas semi-estructuradas:** Estas entrevistas se realizarán con expertos en energía solar y residentes de Barrancabermeja para obtener datos cualitativos sobre la viabilidad de la tecnología. Las entrevistas permitirán explorar las percepciones de los participantes y recoger información detallada sobre las barreras y facilitadores de la adopción de paneles solares.
- **Análisis de fuentes secundarias:** Se reunirán datos de investigaciones previas, reportes del gobierno y análisis sobre el uso de energía en la zona. Este método, sugerido por Alonso (2012), facilita el enriquecimiento de la investigación al incorporar datos existentes que complementen los hallazgos logrados mediante encuestas y entrevistas.

10.7 Técnicas de Análisis de Datos

El análisis de datos seguirá un enfoque mixto, utilizando herramientas estadísticas para los datos cuantitativos y técnicas de análisis cualitativo para los datos obtenidos en las entrevistas.

- **Análisis cuantitativo:** Se llevarán a cabo análisis estadísticos tanto descriptivos como comparativos para valorar el ahorro en energía y en costos que proporcionan los paneles solares en relación con las fuentes de energía tradicionales. Se emplearán métodos como la regresión lineal para analizar cómo la instalación de paneles solares afecta la disminución de gastos.
- **Análisis cualitativo:** A través de técnicas de codificación y categorización (Hernández et al., 2010), se analizarán las entrevistas y las respuestas abiertas de las encuestas para identificar patrones en las percepciones y actitudes de los residentes. Esto permitirá identificar barreras y oportunidades para la adopción de paneles solares en Barrancabermeja.

11. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

Se presenta los resultados de la investigación, se considera los siguientes aspectos claves para el respectivo análisis:

- **Conocimiento sobre el consumo energético promedio en Colombia y Barrancabermeja:** cuántas personas conocen el consumo promedio en ambas regiones y si existe alguna relación con su disposición a invertir en soluciones energéticas, como paneles solares.
- **Relación entre el consumo energético y el estrato social:** verificación del consumo reportado por los encuestados acordes al estrato social en el que viven, así como el porcentaje de personas que consideran sus tarifas muy costosas.
- **Interés en paneles solares:** El nivel de conocimiento sobre los paneles solares (vida útil, costos de instalación, beneficios tributarios) y el interés en invertir en esta tecnología para reducir sus costos energéticos.

11.1 Análisis General

Perfil del participante:

- Algunos participantes son trabajadores activos o pensionados de Ecopetrol, los cuales residen de manera permanente o transitoria en Barrancabermeja.
- La mayoría reporta vivir en estratos sociales entre 3 y 5.

Conocimiento sobre el consumo energético:

- Varios participantes desconocían el consumo promedio de energía en Colombia y Barrancabermeja, pero otros sí estaban informados

Gastos de energía eléctrica:

- Las respuestas varían y no permiten relacionar los costos de consumo, con algunos pagando entre 0 y 500,000 COP y otros más de 1,000,000 COP.
- La mayoría considera que la tarifa es "muy costosa".

Conocimiento sobre paneles solares:

- Casi todos están familiarizados con la idea de ahorro energético a través de paneles solares. Sin embargo, algunos desconocían ciertos detalles, como la vida útil de los paneles y los beneficios tributarios.

Interés en la inversión:

La mayoría consideraría invertir en paneles solares, especialmente si la inversión puede financiarse con pagos mensuales.

11.2 Análisis socioeconómico

Trabaja o está pensionado en Ecopetrol S.A en la refinería de Barrancabermeja: Identifica si el encuestado es trabajador o pensionado de la empresa.

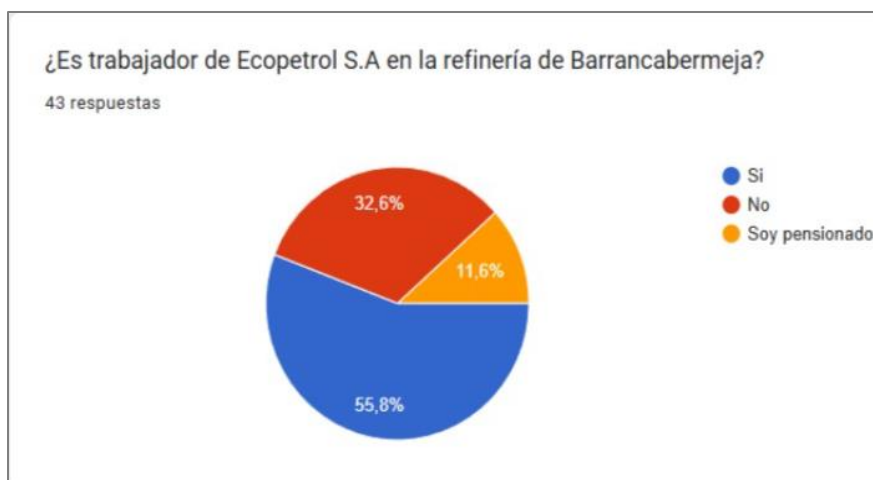


Figura. 14. Análisis de resultados, pregunta 1
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Vive en la ciudad de Barrancabermeja de forma permanente: Determina si el encuestado reside de manera continua en la ciudad.



Figura. 15. Análisis de resultados, pregunta 2
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

En Barrancabermeja, la empresa Ecopetrol S.A. Es uno de los empleadores más destacados, y una parte considerable de los encuestados son empleados o jubilados de dicha empresa. Unirse a Ecopetrol puede proporcionar estabilidad laboral y, por ende, seguridad financiera, elementos que afectan la disposición a llevar a cabo inversiones significativas, como la instalación de paneles solares. La solidez económica de estos hogares posibilita contemplar una gama más extensa de alternativas de financiamiento para la instalación de paneles solares, dado que es probable que estos trabajadores o jubilados cuenten con acceso a préstamos o incentivos

financieros con tasas competitivas, lo cual facilitaría la incorporación de esta tecnología. En este contexto, la condición de ser trabajador activo o pensionado de Ecopetrol se transforma en un elemento socioeconómico importante para el estudio, lo que facilita la identificación de los hogares que poseen una mayor capacidad y disposición para afrontar el gasto inicial en la instalación de paneles solares.

La duración de la residencia de los encuestados en Barrancabermeja es un aspecto crucial dentro del contexto de la investigación, dado que los paneles solares demandan una inversión inicial considerable y, por lo general, producen beneficios económicos en el mediano y largo plazo. La implementación de esta tecnología es más factible en viviendas con planes de estadía extendida. Dado que una gran parte de los encuestados vive de manera permanente en la ciudad, esto aumenta la viabilidad de la instalación de paneles solares en el contexto comunitario. Es probable que estas viviendas obtengan beneficios considerables de la independencia energética que los paneles solares son capaces de ofrecer, así como del ahorro acumulativo en los costos de electricidad.

Esta residencia continua también garantiza un uso sostenido de los recursos energéticos y permite calcular el retorno de la inversión a través del tiempo, lo cual es fundamental para analizar la relación costo-beneficio de los paneles solares en los hogares de Barrancabermeja.

Estrato social: Pregunta sobre el estrato social de la residencia del encuestado.

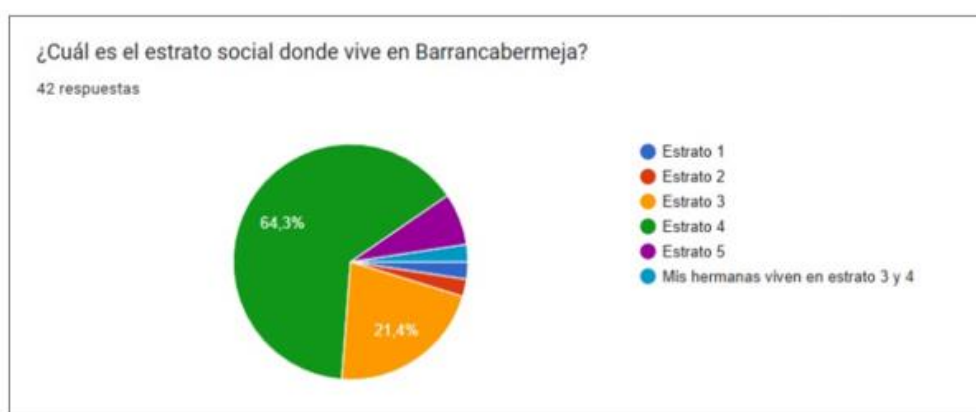


Figura. 16. Análisis de resultados, pregunta 3
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Los participantes de la encuesta provienen de varios estratos sociales, que van del 1 al 5, lo cual refleja una variedad en cuanto a capacidad económica y disponibilidad de recursos financieros.

La clase social representa un indicador significativo, puesto que puede influir en la capacidad de inversión de cada familia, así como en la manera en que se valoran los beneficios a largo plazo de los paneles solares. La diferencia en estratos facilita el estudio de cómo los niveles socioeconómicos afectan la disposición a invertir en energías renovables. Los hogares de los estratos 4 y 5 podrían disponer de una mayor capacidad para costear la instalación, mientras que aquellos de estratos más bajos podrían necesitar un mayor respaldo gubernamental o incentivos económicos para que esta inversión les resulte viable.

Este estudio resulta fundamental para sugerir políticas de financiamiento inclusivo, particularmente en los niveles más bajos, que, a pesar de sufrir con elevados costos de electricidad, podrían necesitar subsidios o facilidades de pago para poder invertir en sistemas de paneles solares.

Conocimiento sobre el consumo energético promedio: Verifica si el encuestado conoce el promedio de consumo de energía en Colombia y en Barrancabermeja.

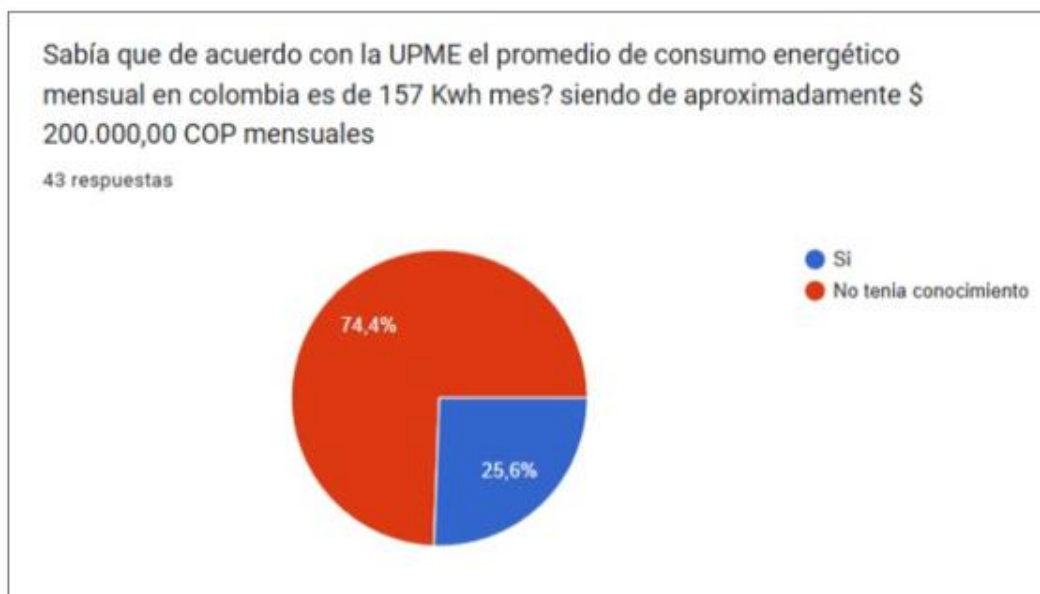


Figura. 17. Análisis de resultados, pregunta 4
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

El estudio mostró que la mayor parte de los participantes no estaba al tanto del consumo energético mensual promedio en Colombia (157 KWh), ni del consumo específico en Barrancabermeja, que supera los 450 KWh debido a las elevadas temperaturas características de la zona. Esta falta de conocimiento significa que numerosos hogares no tienen conciencia de la

extensión de su gasto energético ni de las variaciones regionales en el precio de la energía. Comunicar a las familias sobre el gasto promedio y las causas de los precios elevados en Barrancabermeja podría ser fundamental para incentivarlas a optar por soluciones energéticas diferentes. En el contexto de la investigación, este elemento indica una carencia de conocimiento sobre asuntos energéticos, lo que podría representar una dificultad para tomar decisiones bien fundamentadas acerca del uso de fuentes de energía renovables. Asimismo, resalta la relevancia de iniciativas educativas que clarifiquen de qué manera la colocación de paneles solares puede ayudar a disminuir la dependencia de la red eléctrica y los gastos de energía en el contexto particular de Barrancabermeja.

Percepción de su propio consumo: Si el consumo del encuestado se encuentra dentro, por encima o por debajo del promedio en Barrancabermeja.

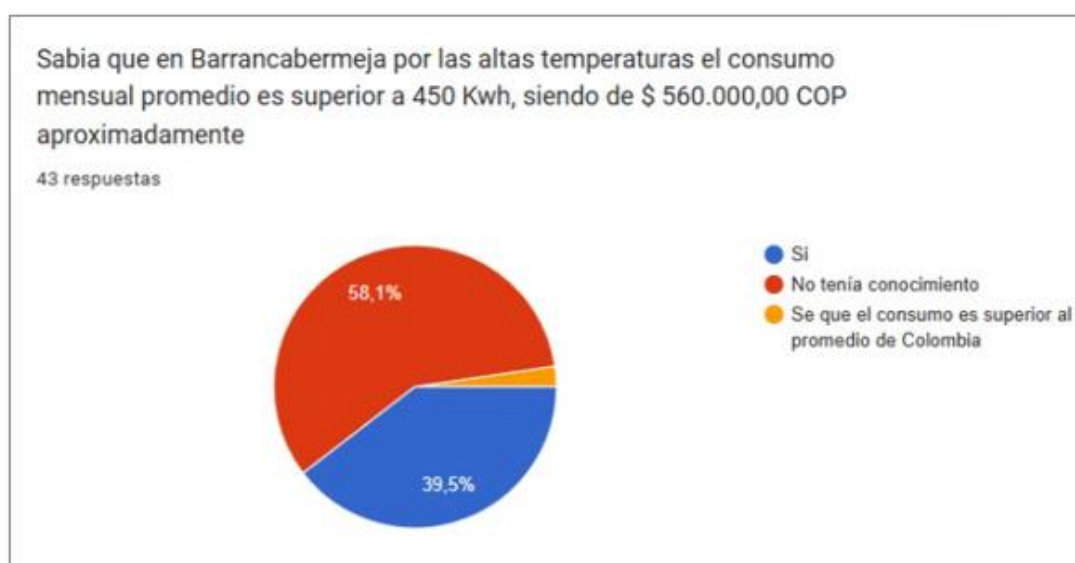


Figura. 18. Análisis de resultados, pregunta 5
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

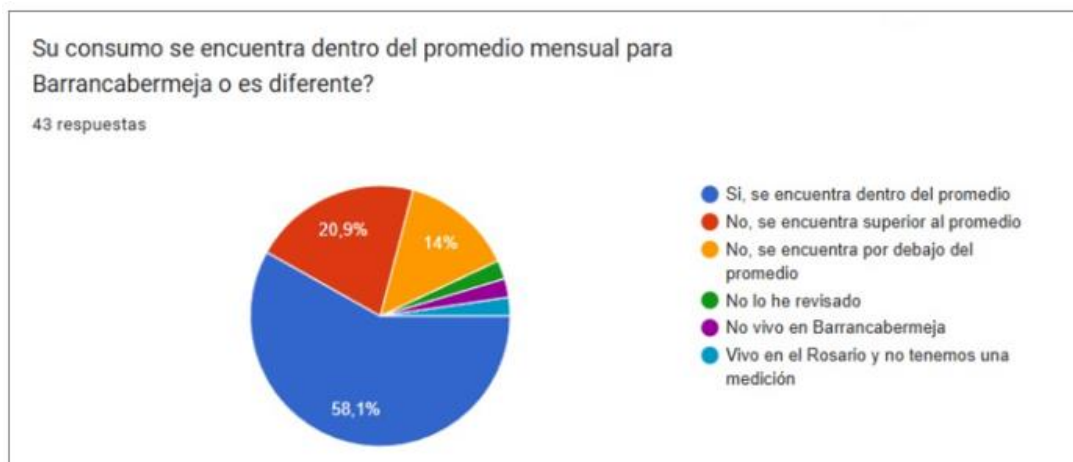


Figura. 19. Análisis de resultados, pregunta 6
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Una gran parte de los encuestados desconocía el promedio de consumo energético nacional y local. Esta falta de conocimiento refleja una oportunidad para campañas educativas, ya que el entendimiento del consumo podría motivar la adopción de paneles solares como una estrategia para reducir costos. Las altas temperaturas en Barrancabermeja aumentan el consumo de energía debido a la necesidad de aire acondicionado, lo cual implica una factura más alta que en otras regiones del país. Con un conocimiento adecuado sobre su consumo, los residentes podrían ver los paneles solares como una alternativa viable para reducir su gasto energético.

Monto mensual pagado por electricidad: Categoriza cuánto paga el encuestado por el servicio de energía eléctrica.

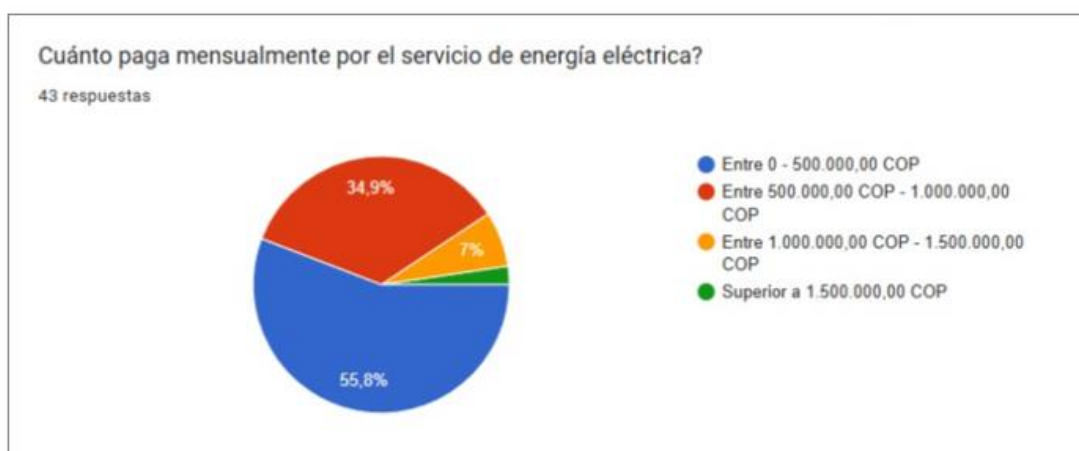


Figura. 20. Análisis de resultados, pregunta 7
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

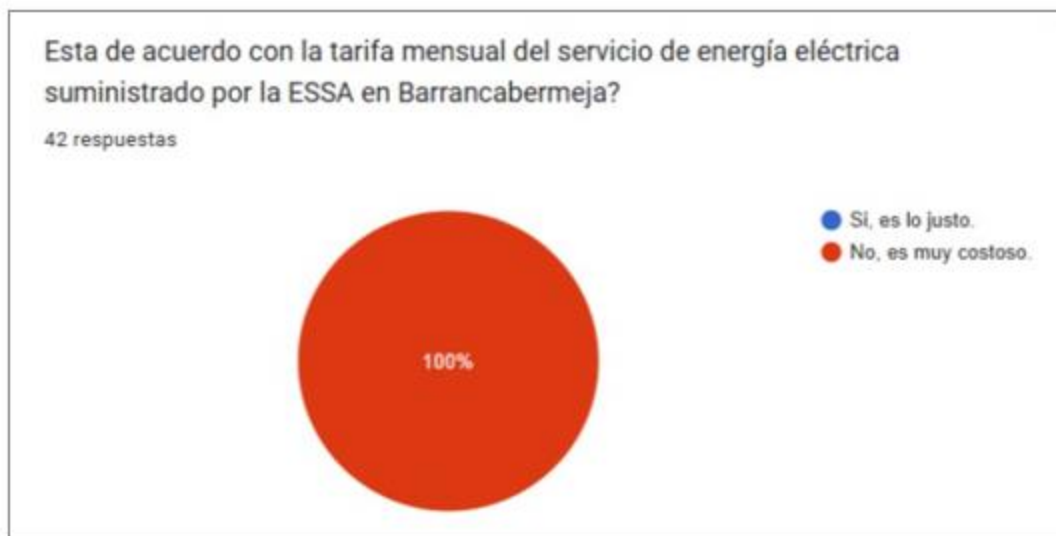


Figura. 21. Análisis de resultados, pregunta 8
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Los habitantes de Barrancabermeja que enfrentan altos costos de electricidad y perciben sus tarifas como excesivas muestran una notable predisposición hacia alternativas de energía renovable, especialmente los paneles solares. La insatisfacción generalizada, reflejada en el hecho de que muchos hogares pagan entre 500,000 y 1,500,000 COP mensuales, impulsa a los residentes a buscar soluciones que alivien su carga financiera a largo plazo. Para quienes residen permanentemente en la región, la posibilidad de proyectar beneficios económicos futuros refuerza la viabilidad de invertir en sistemas solares, percibiéndolos como una estrategia para mitigar gastos en energía y alcanzar la autosuficiencia energética. En este contexto, comunicar de manera efectiva los beneficios financieros de los paneles solares podría aumentar la disposición de los hogares, particularmente aquellos con mayores facturas de electricidad, a adoptar esta tecnología como una medida para reducir el gasto mensual y lograr ahorros sostenibles a lo largo del tiempo.

Conocimiento y percepción sobre paneles solares: Incluye si el encuestado ha oído hablar sobre los paneles solares, su vida útil, el posible retorno de inversión y si está dispuesto a invertir en ellos

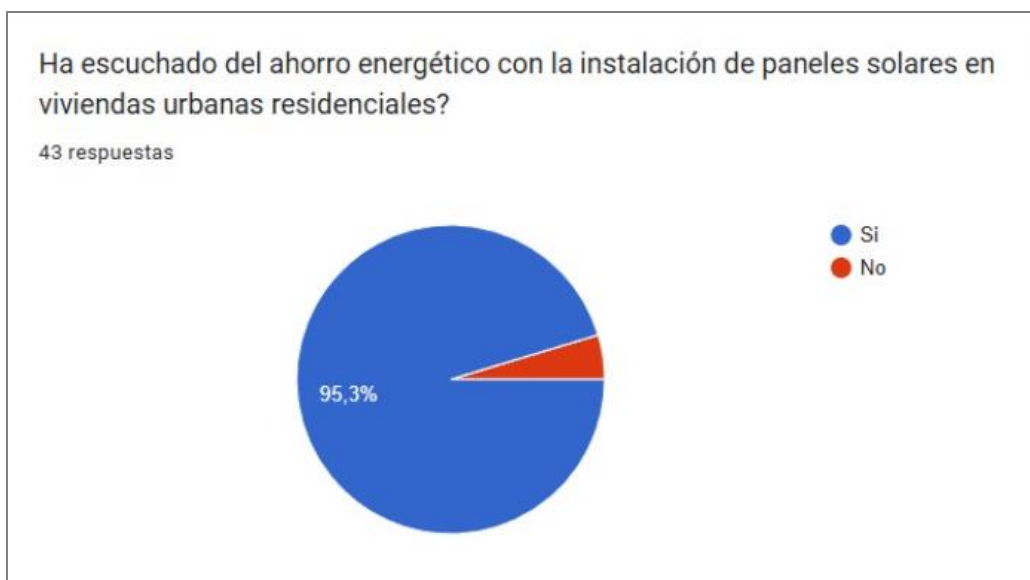


Figura. 22. Análisis de resultados, pregunta 9
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

El entendimiento general acerca del ahorro energético que brindan los paneles solares es compartido por la mayoría de los encuestados, lo que constituye una ventaja inicial para fomentar su implementación en viviendas. Esta cercanía indica una apertura hacia la tecnología, sin embargo, también pone de manifiesto la necesidad de proporcionar información más detallada acerca del retorno de inversión y los ahorros acumulados que se pueden conseguir a lo largo del tiempo. Aunque comprenden los beneficios en términos generales, muchos habitantes podrían aprovechar una exposición más específica sobre cómo afecta realmente a sus finanzas, utilizando ejemplos concretos y estudios de caso que demuestren la posibilidad de disminuir o eliminar totalmente sus cuentas de electricidad. Esta concienciación previa no solo facilita la implementación, sino que también permite que los hogares consideren los paneles solares como una solución fiable y no como una alternativa en fase de prueba.



Figura. 23. Análisis de resultados, pregunta 10
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

La mayoría de los encuestados sabe que los paneles solares tienen una vida útil prolongada de 25 a 30 años y requieren un mantenimiento mínimo, aunque algunos desconocían esta información clave. Difundir estos detalles sobre su durabilidad y bajo costo de mantenimiento es fundamental, ya que refuerza la percepción de los paneles como una inversión rentable y de larga duración. Para los hogares, saber que la inversión inicial no implicará gastos significativos de mantenimiento puede hacer que los paneles solares resulten aún más atractivos. Esta falta de conocimiento en algunos participantes resalta la necesidad de campañas informativas que expliquen estos beneficios y ayuden a reducir cualquier resistencia a adoptar la tecnología.



Figura. 24. Análisis de resultados, pregunta 11
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Una proporción considerable de los encuestados reconoce que la colocación de paneles solares implica una inversión inicial que oscila entre 30,000,000 y 50,000,000 COP, aunque esta puede conducir a importantes ahorros y la oportunidad de obtener ingresos a través de la comercialización de energía sobrante. Esta información es fundamental, dado que revela una comprensión limitada de las ventajas económicas en el largo plazo. Las familias que son conscientes del gasto inicial y de la opción de obtener ingresos extras tendrían una mejor capacidad para analizar el rendimiento de la inversión. El estudio podría centrarse en analizar en profundidad estos costos y beneficios, proporcionando proyecciones precisas de los ahorros a largo plazo y subrayando los beneficios económicos adicionales que los hogares podrían alcanzar mediante la producción y venta de energía excedente.



Figura. 25. Análisis de resultados, pregunta 12
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

Existe una clara división en el nivel de conocimiento sobre los incentivos tributarios relacionados con la inversión en paneles solares, puesto que numerosos hogares ignoran que tienen la posibilidad de recibir un beneficio del 50% en su declaración de impuestos en relación con el monto de esta inversión. Este beneficio fiscal representa un elemento fundamental que podría favorecer la adopción, en particular para quienes tienen dudas sobre la viabilidad financiera de la tecnología. La falta de conocimiento sobre esta ventaja puede representar un obstáculo considerable, por lo que es fundamental que las campañas informativas destaquen de manera clara estos beneficios. Asimismo, el hecho de que las viviendas tengan la capacidad de obtener ingresos extra mediante la producción de energía incrementa un valor atractivo que fortalece la justificación económica de los paneles solares. Este aspecto representa una ocasión para incrementar el interés en la tecnología a través de la instrucción acerca de los incentivos fiscales y las ventajas económicas acumulativas, lo que podría propiciar una adopción más extendida y rápida.



Figura. 26. Análisis de resultados, pregunta 13
Fuente: Elaboración propia Google Formularios.

La gran parte de los participantes en la encuesta mostró interés en invertir en sistemas solares, aunque esto signifique cubrir el costo total a través de pagos mensuales que varían entre 500,000 y 1,000,000 COP durante un lapso de hasta cinco años. Este interés resalta una adecuada disposición hacia la financiación como una forma de promover la adopción de paneles solares. Los residentes de forma permanente, en especial, suelen exhibir una mayor inclinación hacia esta inversión, dado que aprecian más las ventajas de la disminución de gastos energéticos a largo plazo y perciben a los paneles como una alternativa económica. Por el contrario, los residentes temporales, al no estar motivados para hacer inversiones significativas en un sitio donde no residen de manera permanente, presentan un menor interés en realizar la inversión de paneles solares. Esta división en la disposición a realizar inversiones resalta la relevancia de contar con estrategias de financiamiento accesibles y la urgencia de dirigir los esfuerzos informativos hacia los residentes permanentes, quienes tendrían una mayor propensión a beneficiarse de las ventajas económicas sostenibles que ofrece esta tecnología.

11.3 Análisis técnico

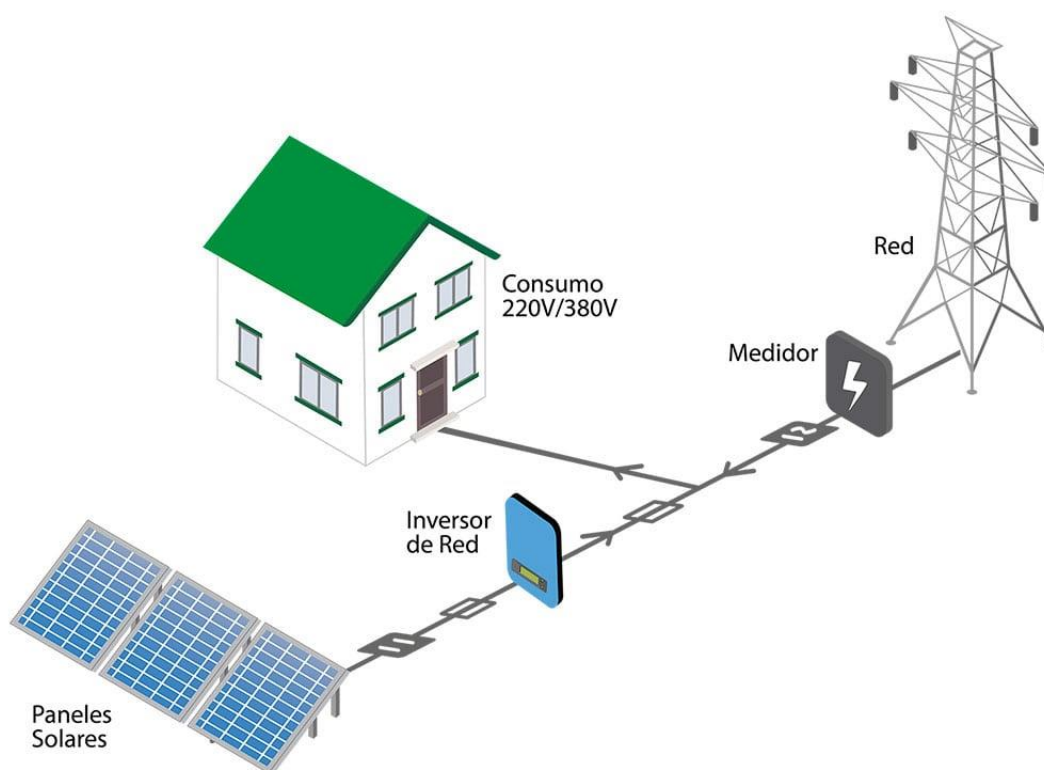
Se realizaron consultas y cotizaciones con la empresa INTERSOLAR SAS, siendo una de las líderes en instalaciones de paneles solares en residencias del municipio de Barrancabermeja, Santander con mas de 18 años de experiencia.

La empresa presentó 3 propuestas generales para cada tipo de vivienda interesada en realizar inversiones en energía fotovoltaica, dichas propuestas están sujetas a la demanda energética necesaria y se presentan en la siguiente tabla:

*Tabla 2. Propuestas de inversión.
Fuente: Elaboración propia*

Propuesta	Capacidad del invector	Costo de inversión
Bajo consumo	6 Kw	\$ 34.500.000,00 COP
Medio consumo	8 Kw	\$ 42.000.000,00 COP
Alto consumo	10 Kw	\$ 50.000.000,00 COP

Los 3 sistemas requieren el mismo diseño conformado por los elementos presentados en la Figura 27:



*Figura. 27. Sistema de paneles solares residenciales.
Fuente: Grupo Solinc*

Como se puede observar el sistema recibe la energía solar y la transforma a través de un inversor de red para poder distribuir a la vivienda y el excedente a la red. La cantidad de paneles solares y la capacidad del inversor de red depende del sistema seleccionado (Ver Tabla 2).

A continuación, se presenta una tabla con los datos de entrada requeridos para cada tipo de sistema planteado:

*Tabla 3. Datos de entrada para propuesta técnica.
Fuente: Elaboración propia*

Propuesta de inversión	Capacidad del inversor	Área requerida de instalación	Número de paneles requeridos	Radiación solar incidente promedio
Bajo consumo	6 Kw	32 m ²	12	136 Kwhm ² /mes
Medio consumo	8 Kw	42 m ²	15	136 Kwhm ² /mes
Alto consumo	10 Kw	49 m ²	18	136 Kwhm ² /mes

*Tabla 4. Beneficios del tipo de instalación.
Fuente: Elaboración propia*

Propuesta de inversión	Capacidad del inversor	Capacidad de generación energética	Ahorro económico anual	Emisiones CO2 por año	Árboles plantados Por año
Bajo consumo	6 Kw	866 KWh/mes	\$ 9.126.356,00	2.49 Ton	126
Medio consumo	8 Kw	1.102 KWh/mes	\$ 11.924.611,00	2.99 Ton	166
Alto consumo	10 Kw	1.417 KWh/mes	\$ 15.210.594,00	3.30 Ton	196

Los datos presentados en la Tabla 4 corresponden a un consumo de 950Kw mensual, siendo correspondiente al 44.2% de los usuarios encuestados como se evidencia en la Figura 25.

A continuación, se presenta el recibo con el que se realizó el análisis para la propuesta de inversión por parte de la empresa INTERSOLAR.



Figura. 28. Recibo para la cotización de INTERSOLAR.
 Fuente: INTERSOLAR SAS

11.1 Análisis Financiero

Los datos presentados anteriormente, son el insumo para evaluar la inversión desde la parte técnica. A su vez, el componente financiero para la inversión se puede financiar y amortizar con el mismo ahorro generado, en la siguiente Figura se puede evidenciar un flujo de amortización de la inversión a 20 años.

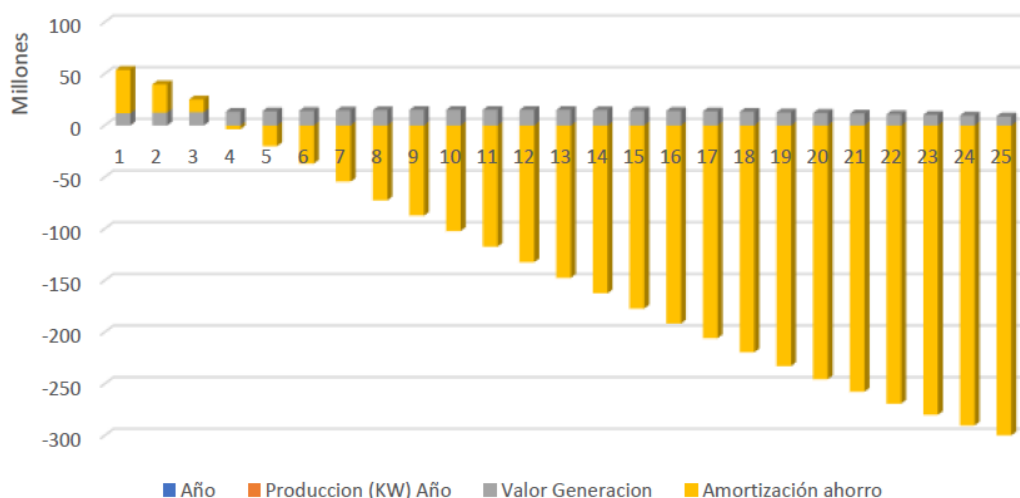


Figura. 29. Amortización de la inversión a 20 años.
 Fuente: INTERSOLAR SAS

Se puede observar que el proyecto se paga entre el 4 y 5 año de uso, teniendo una vida útil de más de 20 años.

Se presenta una viabilidad significativa en términos financieros independiente del sistema de inversión seleccionado, si bien se requiere un costo elevado de inversión, siendo este de 30 veces el costo mensual del servicio energético en promedio de los usuarios encuestados o de 3 veces su costo de suministro de energía anual, se recupera durante los primeros 5 años de servicio, generando ahorros significativos para el inversionista durante los siguientes 15 años de servicio.

13. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACION

- La evaluación de la capacidad de los paneles solares en las viviendas residenciales de Barrancabermeja presenta una incidencia solar de 136 Kwhm²/mes, dicha capacidad de producción energética permite mediante las propuestas de inversión de medio y alto consumo suplir la demanda energética de la red actual para la mayoría de las personas encuestadas.
- Los ahorros en costos energéticos con la propuesta de bajo consumo corresponden al 90% para las viviendas que tengan un consumo mensual igual o superior a 950 Kwh/mes, mientras que las propuestas de medio y alto consumo ofrecen ahorros del 100% con remuneración económica por generación energética adicional al consumo.
- Se presentan tres alternativas de inversión basadas en paneles solares para la ciudad de Barrancabermeja, más específicamente para los usuarios encuestados, dichas alternativas corresponden a cotizaciones realizadas por la empresa INTERSOLAR SAS y permiten tres tipos de consumo, siendo estos bajo, medio y alto. Dichas propuestas oscilan entre \$ 34.500.000 y \$ 50.000.000 generando ahorros mensuales por más del 90% del consumo y una recuperación de la inversión inicial en 4 años o menos.
- Las viviendas en Barrancabermeja reportan un alto consumo de energía como resultado de las elevadas temperaturas del área, lo que se refleja en facturas de electricidad muy elevadas que, en promedio, varían entre 500,000 y 1,500,000 COP al mes.
- A pesar de que todos los encuestados están familiarizados con los paneles solares y su capacidad para generar ahorros, muchos no conocen aspectos fundamentales, como la inversión inicial necesaria, el mantenimiento que se requiere y las ventajas fiscales, dando como resultado que, se requiere implementar estrategias informativas más exhaustivas que instruya los residentes frente a las ventajas específicas y acumulativas de esta tecnología, teniendo en cuenta que informar a la comunidad acerca de estos temas es fundamental para aumentar la tasa de adopción.
- La gran parte de los participantes en la encuesta expresó su interés en financiar la inversión de paneles solares, a pesar de que esto conlleva pagos mensuales que oscilan entre 500,000 y 1,000,000 COP durante un plazo máximo de cinco años. Esto

- sugiere una apertura a implementar esta tecnología si se les presenta un plan de financiamiento accesible y adaptable.
- Las viviendas que fueron objeto de la encuesta pertenecen a estratos que van del 2 al 5, lo cual refleja una variedad en el poder de compra. Las residencias en estratos altos, como el 4 y el 5, demuestran una mayor disposición para invertir y están más abiertas a contemplar los paneles solares como una opción sostenible a largo plazo. En cambio, las viviendas en estratos más bajos podrían requerir incentivos adicionales o respaldo financiero. Esto indica que cualquier estrategia para la implementación de paneles solares debe ser personalizada y ajustada al perfil económico de cada vivienda. Los niveles más bajos, por ejemplo, podrían aprovechar programas de subsidios o financiamiento a tasas reducidas que faciliten el acceso a esta tecnología.
 - El estudio revela que existe un amplio desconocimiento acerca de los incentivos fiscales existentes, como el descuento impositivo del 50% en la declaración de impuestos relacionada con la inversión en paneles solares. Esta falta de conocimiento constituye un obstáculo importante, puesto que las ventajas fiscales pueden ser un elemento determinante para las familias que intentan justificar el desembolso inicial.
 - Los encuestados se conforman por empleados o jubilados de Ecopetrol, lo que les ofrece seguridad financiera y, posiblemente, un acceso más favorable al crédito. Esto los establece como un grupo fundamental para impulsar la adopción de paneles solares en la ciudad, lo cual podría funcionar como modelo y guía para otros hogares a impulsar la implementación de paneles solares.
 - Las particularidades distintivas de Barrancabermeja, tales como la intensa radiación solar y el elevado consumo de energía, convierten a la ciudad en una opción perfecta para la instalación de paneles solares. Las residencias estables y de uso continuo presentan un perfil idóneo para que la inversión en paneles solares se convierta en ventajas económicas considerables a largo plazo. Al establecer una estrategia de educación y financiamiento que ataque las limitaciones informativas y económicas identificadas, la adopción de paneles solares podría ser factible en gran medida en Barrancabermeja, lo que ayudaría a disminuir la dependencia de fuentes no renovables y a aumentar la autosuficiencia energética de la comunidad.

14. RECOMENDACIONES

Con el fin de promover la instalación de paneles solares en Barrancabermeja, se proponen las siguientes medidas:

- Iniciativas educativas que proporcionen información exhaustiva acerca de las ventajas de los paneles solares, abarcando el ahorro a largo plazo, las necesidades de mantenimiento y la información sobre incentivos fiscales.
- Métodos de financiamiento asequible para domicilios de todos los niveles socioeconómicos, con opciones de pago adaptables que faciliten a las familias llevar a cabo la inversión sin afectar su estabilidad económica.
- Fomentar los incentivos fiscales para que las familias puedan beneficiarse del alivio fiscal, garantizando que esta información sea accesible y entendida por la comunidad en general.
- Programas piloto orientados a trabajadores de Ecopetrol y otros grupos financieramente sólidos, que actúen como un modelo positivo para que otros hogares evalúen la factibilidad de esta inversión.

Para concluir, hay una notable apertura entre las familias de Barrancabermeja para evaluar la posibilidad de instalar paneles solares, particularmente si se les ofrece información precisa, alternativas de financiamiento y se les asegura que esta inversión puede brindar beneficios económicos y fiscales a largo plazo.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alonso, M. (2012). Manual de consultoría administrativa. México: Ediciones Ean. Disponible en base de datos "e-libros".
- Guízar, R. (2013). Desarrollo organizacional: Principios y aplicaciones (4ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (6ª ed.). México: McGraw Hill. Disponible en base de datos Libros electrónicos Ebooks 7-24.
- Jablonski, A. (2017). Business models: Strategies, impacts and challenges. New York: Nova Publisher.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). Metodología de la investigación. Bogotá: Ediciones de la U.
- Umbarila, L. P., Alfonso, F. L., & Rivera, J. C. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 6(2), 231-240.
- Atutxa Ordeñana, E., Aguado Muñoz, R., & Zubero Beascochea, I. (2022). Hacia una transición energética justa e inclusiva: La contribución de la economía social a la conformación de las comunidades energéticas europeas. CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa, 104, 113-141. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.104.21474>
- Hernández, J. (2007). Colombia tiene prototipo generador de energía solar conectado a red eléctrica. Portafolio. Recuperado de <https://www.proquest.com>
- Barragán-Alturo, A. (2013). El alto Magdalena-Colombia de la mano con energías alternativas. Lámpsakos, (10), 11-13. <https://doi.org/10.2145/4086>
- Davies, L., & Saygin, D. (2023). Energía renovable distribuida en Colombia: Desbloqueando la inversión privada para zonas no-interconectadas. OECD Environment Working Papers, (213), 1-45. <https://doi.org/10.1787/58322dd6-es>
- Green, J. (2020). Researchers find solar photovoltaic benefits outweigh costs. MIT News. Recuperado de <https://news.mit.edu/2020/researchers-find-solar-photovoltaics-benefits-outweigh-costs-0623>
- Smith, L. (2023). 4 charts show how solar energy is helping fight climate change. World Economic Forum. Recuperado de <https://www.weforum.org/agenda/2023/05/4-charts-solar-energy-fight-climate-change/>
- Johnson, M. (2023). 2023's record solar surge explained in six charts. Ember Climate. Recuperado de <https://ember-climate.org/insights/in-brief/2023s-record-solar-surge-explained-in-six-charts/>

- SolarQuarter. (2023). Solis Shines as a Key Player in Colombia and Latin America's Energy Transformation at Expo Solar Colombia 2023. Recuperado de <https://solarquarter.com/2023/10/12/solis-shines-as-a-key-player-in-colombia-and-latin-americas-energy-transformation-at-expo-solar-colombia-2023/>
- PV Magazine Latam. (2023). Colombia anuncia subsidios para autoconsumo fotovoltaico en hogares y empresas. Recuperado de <https://www.pv-magazine-latam.com/2023/06/22/colombia-anuncia-subsidios-para-autoconsumo-fotovoltaico-en-hogares-y-empresas/>
- PV Magazine. (2024). Colombia introduces new provisions for energy communities. Recuperado de <https://www.pv-magazine.com/2024/01/10/colombia-introduces-new-provisions-for-energy-communities/>
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2019). Boletín Estadístico de Proyectos de Generación Eléctrica.
- Gentil Orozco, M. (2020). Evaluación técnica y económica de sistemas fotovoltaicos.
- Foro Económico Mundial. (2023). Impacto global de la energía solar.
- MIT News. (2020). Reducción de costos y beneficios ambientales de la energía solar.