



**Acreditada
en Alta Calidad**

Res. n°. 29499 del Mineducación.
29/12/17 vigencia 28/12/21

**Estudio de percepción en la población de estratos 2 y 3 de Barrancabermeja de la
posible implementación de paneles fotovoltaicos en sus hogares como alternativa al uso
de energía eléctrica de la red nacional**

Elaborado por:

Judith Alejandra Suarez Vásquez

Santiago Castro Martinez

Yeison Alfonso Jiménez Manjarrez

Universidad Ean

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Posgrado

Bogotá

23/03/2026

Resumen

En Colombia, el acceso universal a la energía eléctrica se ha consolidado como un pilar fundamental para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el ODS 7 centrado en energía asequible y no contaminante. A pesar de que el país ha alcanzado una cobertura eléctrica nacional superior al 93,12% a inicios de 2026 (Ministerio de Minas y Energía, 2026), persiste una brecha significativa en barrios residenciales con estratos 2 y 3 donde la pobreza energética afecta a cerca del 18,5% de la población total (Pacto Global Red Colombia, 2023). Esta desigualdad se manifiesta críticamente en departamentos como Santander, donde, a pesar de los esfuerzos de electrificación, comunidades en municipios como Barrancabermeja aún enfrentan intermitencias severas o ausencia total del servicio (ESSA, 2024).

La falta de energía eléctrica continua en las zonas de estrato dos y tres de Barrancabermeja no es solo una limitación técnica de infraestructura; es un fenómeno que impacta directamente la calidad de vida y la competitividad económica de sus habitantes. Según las Naciones Unidas (2023), la carencia de este servicio restringe el acceso a servicios básicos de salud, limita las jornadas educativas al horario solar y frena la tecnificación de los procesos productivos agropecuarios. En el contexto del Magdalena Medio, la falta de refrigeración impide la conservación de cadenas de frío, lo que se traduce en pérdidas económicas para los pequeños productores y riesgos sanitarios para la comunidad.

Estudios recientes indican que el valle del Río Magdalena posee niveles de irradiación excepcionales, con un potencial de generación de entre 5 y 6 kWh/m²/día (Ideam, 2019; Ministerio de Minas y Energía, 2026), lo que facilita la implementación de

"Comunidades Energéticas" y proyectos de generación distribuida; ante este escenario, los Sistemas Fotovoltaicos (SFV) emergen como una alternativa técnica y económicamente viable

Sin embargo, la implementación de estas tecnologías en Barrancabermeja enfrenta barreras críticas: la falta de modelos de gestión que aseguren la sostenibilidad técnica frente a condiciones de alta humedad y temperatura, y la ausencia de una hoja de ruta que integre la apropiación social con la viabilidad financiera a largo plazo. Por tanto, se hace imperativo evaluar cómo la transición hacia sistemas fotovoltaicos puede mitigar las problemáticas económicas identificadas, transformando la energía en un motor de desarrollo sostenible.

Contenido

Resumen.....	2
Contenido	4
1. Problema de Investigación	4
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Pregunta de Investigación.....	6
2 Objetivos	7
2.1 General.....	7
2.2 Objetivos Específicos.....	7
3. Planteamiento del proyecto.....	7
4. Justificación	11
5. Marco Teórico.....	13
5.1 Antecedentes de la investigación.....	13
5.2 Bases teóricas	15
5.3 Marco conceptual.....	18
5.2 Marco Legal	20
6.0 Diseño metodológico.....	21
Enfoque, alcance y diseño de la investigación.....	21
Variables de la investigación.....	22
Población y muestra	23
Selección de métodos e instrumentos para la recolección de información	23
Referencias	27

1. Problema de Investigación

1.1 Planteamiento del Problema

El acceso a la energía eléctrica es un elemento fundamental en la vida cotidiana de los hogares, ya que influye directamente en actividades básicas como la iluminación,

la conservación de alimentos o el uso de equipos esenciales. Sin embargo, contar con el servicio no siempre significa que este sea suficiente o económicamente accesible. En muchos casos, los hogares deben limitar su consumo debido a los costos o a las condiciones del suministro, lo que se relaciona con lo que se conoce como pobreza energética (International Energy Agency [IEA], 2022; Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2023).

Esta situación es especialmente relevante en municipios como Barrancabermeja, donde, aunque existe cobertura del servicio eléctrico, los hogares de estratos 2 y 3 enfrentan dificultades para hacer un uso adecuado de la energía. Esto se debe, en parte, al aumento en las tarifas del servicio y a las limitaciones en los ingresos familiares, lo que obliga a priorizar gastos y restringir el consumo energético (Ministerio de Minas y Energía, 2024). En este contexto, la problemática no radica únicamente en el acceso, sino en las condiciones reales en las que se utiliza la energía.

Al mismo tiempo, la región cuenta con condiciones técnicas favorables para el aprovechamiento de la energía solar, lo que abre la posibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos como una alternativa para mejorar estas condiciones. Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2023), el potencial de radiación solar en esta zona permitiría generar energía de manera eficiente. No obstante, el hecho de que una solución sea técnicamente viable no garantiza que sea adoptada por la población.

Aquí es donde entran en juego otros factores. La decisión de implementar un sistema solar en un hogar no depende únicamente de su funcionamiento o de sus beneficios económicos a largo plazo. También influyen aspectos como el nivel de conocimiento sobre la tecnología, la confianza que generan estos sistemas y la percepción de riesgo frente a una inversión inicial. En varios estudios realizados en América Latina, se ha evidenciado que la falta de información o la desconfianza pueden limitar la adopción de energías renovables, incluso cuando existen condiciones

favorables para su implementación (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], s.f.).

Desde una mirada de ingeniería, esto plantea un reto importante: no basta con diseñar soluciones técnicamente eficientes, también es necesario entender cómo serán recibidas por los usuarios. Un sistema puede ser viable en términos técnicos y económicos, pero si no es aceptado o comprendido por quienes lo van a utilizar, difícilmente será sostenible en el tiempo. En este sentido, el Project Management Institute (PMI, 2021) destaca que el éxito de un proyecto depende en gran medida de la forma en que los actores involucrados lo perciben y participan en su implementación.

Además, cuando se analiza esta problemática desde el enfoque de sostenibilidad, se hace evidente que intervienen varias dimensiones al mismo tiempo. Por un lado, está la dimensión económica, relacionada con la capacidad de los hogares para asumir costos o realizar inversiones. Por otro, la dimensión técnica, que tiene que ver con el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas. Y finalmente, la dimensión social, que incluye la percepción, la aceptación y el uso que las personas hacen de la tecnología. Estas dimensiones están conectadas entre sí, y si una falla, puede afectar el éxito de la solución en su conjunto (Naciones Unidas, 2023).

Por lo tanto, más que preguntarse únicamente si los sistemas solares son viables, resulta necesario entender cómo los hogares perciben esta alternativa y qué tan dispuestos están a adoptarla en su contexto real. Analizar esta relación permite acercarse de manera más completa al problema y aporta información valiosa para el diseño de soluciones energéticas que no solo funcionen en teoría, sino que también puedan mantenerse en el tiempo.

1.2 Pregunta de Investigación

¿Cómo percibe la población de estratos 2 y 3 de Barrancabermeja la posible implementación de paneles fotovoltaicos en sus hogares como alternativa al uso de energía eléctrica de la red nacional?

2 Objetivos

2.1 General

Analizar la percepción de los hogares de estrato 2 y 3 de Barrancabermeja frente a la posible implementación de paneles fotovoltaicos en sus viviendas como alternativa al uso de la energía eléctrica de la red nacional.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar la percepción que tienen los hogares de estrato 2 y 3 sobre el servicio de energía eléctrica convencional, en términos de costos, confiabilidad y satisfacción.
- Describir el nivel de conocimiento y comprensión que poseen los hogares de estrato 2 y 3 acerca del funcionamiento y uso de los paneles fotovoltaicos.
- Evaluar la disposición de los hogares de estrato 2 y 3 a adoptar sistemas fotovoltaicos.

3. Planteamiento del proyecto

El acceso a energía eléctrica confiable, asequible y sostenible es un factor determinante para el bienestar y el desarrollo socioeconómico de los hogares urbanos. En el municipio de Barrancabermeja, departamento de Santander, esta realidad se ve profundamente condicionada por un entorno marcado por pobreza multidimensional, violencia social persistente y un incremento sostenido de las tarifas de energía eléctrica

en Colombia durante la última década, elementos que afectan con particular intensidad a los hogares de los estratos 1, 2 y 3.

Dichos hogares suelen destinar una proporción significativa de sus ingresos al pago del servicio de energía, lo que limita su capacidad para atender otras necesidades básicas y reproducen condiciones de vulnerabilidad y exclusión.

De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2023), los municipios intermedios como Barrancabermeja presentan niveles de pobreza multidimensional urbana que oscilan entre el 12 % y el 18 %, evidenciando carencias simultáneas en educación, empleo, acceso a servicios públicos y calidad de la vivienda. En este contexto, la pobreza energética —entendida como la incapacidad de los hogares para acceder a servicios energéticos adecuados a un costo razonable— se posiciona como una dimensión crítica de la vulnerabilidad social (International Energy Agency, 2022). Para muchas familias de estratos 1, 2 y 3, el pago mensual de la factura de energía representa una carga desproporcionada frente a sus ingresos, lo que genera tensiones financieras, riesgo de morosidad y, en casos extremos, la desconexión del servicio.

A esta problemática estructural se suma un contexto de violencia social y conflictividad urbana que históricamente ha afectado a Barrancabermeja. El Informe de Seguridad Ciudadana 2023–2024 señala que el municipio registra tasas de homicidio superiores al promedio nacional, así como presencia de grupos armados, extorsiones y otros delitos que deterioran la convivencia y aumentan la percepción de inseguridad (Ministerio de Defensa, 2024). Este entorno no solo impacta la calidad de vida, sino que también introduce riesgos operativos para cualquier intervención tecnológica en barrios vulnerables, incluyendo la instalación de sistemas de generación distribuida como los

paneles solares fotovoltaicos, debido a posibles hechos de vandalismo, hurto de equipos y baja cohesión comunitaria.

En paralelo, el componente económico-energético agrava la situación. Diversos informes del Ministerio de Minas y Energía, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y el operador del sistema eléctrico (XM) muestran que, en la última década, las tarifas de energía eléctrica residencial en Colombia han experimentado un incremento acumulado superior al 100 %, reflejando aumentos en los costos de generación, transmisión, pérdidas y la incidencia de factores macroeconómicos y climáticos (CREG, 2014–2024; Ministerio de Minas y Energía, 2024; XM, 2017). Para hogares de bajos ingresos, este incremento se traduce en un mayor porcentaje del presupuesto familiar destinado al pago de la energía, intensificando la pobreza energética y reduciendo la capacidad de ahorrar o invertir en soluciones que mejoren su resiliencia.

Paradójicamente, Colombia —y en particular regiones como Santander— posee un alto potencial de energía solar, con niveles de radiación que hacen técnicamente viable la adopción de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala, tal como lo documenta el Atlas de Radiación Solar de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética, 2023). Adicionalmente, el marco normativo nacional, encabezado por la Ley 1715 de 2014 y las regulaciones para autogeneración a pequeña escala, establece incentivos e instrumentos que fomentan la transición hacia energías renovables (Congreso de Colombia, 2014). Sin embargo, la adopción de soluciones solares en hogares de estratos 1, 2 y 3 sigue siendo limitada debido a barreras económicas (costos iniciales), técnicas (falta de conocimiento y soporte), sociales (desconfianza, baja apropiación) y operativas (riesgos de seguridad y vandalismo).

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, existe una brecha clara: no se cuenta con un estudio de factibilidad integral que analice, de manera simultánea, la viabilidad técnica y operativa de implementar soluciones solares fotovoltaicas en hogares vulnerables de Barrancabermeja, articulando el contexto de pobreza multidimensional, violencia social y comportamiento tarifario, con la necesidad de reducir la pobreza energética y fortalecer la resiliencia comunitaria. Sin esta información, la toma de decisiones por parte de autoridades locales, organizaciones sociales y potenciales financiadores se realiza con alto grado de incertidumbre, lo que limita la formulación de proyectos robustos, sostenibles y escalables (Project Management Institute, 2021; Kerzner, 2017).

En consecuencia, surge la necesidad de plantear la siguiente pregunta de investigación que orienta el presente proyecto:

¿Cuál es la factibilidad técnica y operativa de implementar soluciones solares fotovoltaicas en los hogares de estratos 1, 2 y 3 de Barrancabermeja, considerando el contexto de pobreza multidimensional, los factores de violencia social, los riesgos asociados a su instalación y mantenimiento, y el incremento en las tarifas de energía eléctrica en Colombia durante la última década, con el fin de reducir la pobreza energética y fortalecer la resiliencia comunitaria?

Responder a este interrogante permitirá contar con evidencia sólida para determinar si la energía solar de bajo costo constituye una alternativa viable y estratégica para mejorar las condiciones de vida de las familias de bajos recursos en Barrancabermeja y, a la vez, aportar a la transición energética justa en Colombia.

4. Justificación

El desarrollo de este estudio responde a la necesidad de analizar la pobreza energética más allá de su dimensión técnica, entendiendo que se trata de una condición que afecta directamente la calidad de vida de los hogares. Aunque en muchos casos existe acceso al servicio de energía eléctrica, esto no siempre garantiza que dicho servicio sea continuo, asequible o suficiente para cubrir las necesidades básicas. De acuerdo con la International Energy Agency (IEA, 2022), el acceso a energía debe evaluarse también en términos de calidad y capacidad de pago, ya que estos factores determinan su impacto real en el bienestar de la población.

En este escenario, la energía solar fotovoltaica aparece como una alternativa viable desde el punto de vista técnico, especialmente en regiones con alta disponibilidad de radiación solar. Sin embargo, la implementación de este tipo de soluciones no depende únicamente de su factibilidad tecnológica. La decisión de adoptarlas está influenciada por factores sociales como el nivel de conocimiento, la confianza en la tecnología y la percepción de sus beneficios. En este sentido, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2023) ha señalado que la adopción de energías renovables en el país no solo enfrenta barreras económicas, sino también limitaciones relacionadas con la apropiación social.

A partir de lo anterior, se hace necesario comprender cómo los hogares perciben este tipo de tecnologías. No se trata únicamente de saber si los sistemas funcionan, sino de entender si las personas los consideran útiles, accesibles y confiables en su

contexto cotidiano. Este enfoque permite identificar obstáculos que no son evidentes en estudios técnicos, pero que pueden definir el éxito o fracaso de una implementación.

Adicionalmente, los resultados de esta investigación pueden aportar información relevante para el diseño de programas y estrategias orientadas a la transición energética. En Colombia, existen avances normativos importantes en la promoción de energías renovables; sin embargo, su aplicación efectiva requiere considerar las condiciones sociales de los territorios. Tal como lo plantea el Ministerio de Minas y Energía (2024), la transición energética debe ser inclusiva y adaptarse a las realidades de la población para lograr impactos sostenibles.

Desde el ámbito académico, este trabajo contribuye a ampliar la comprensión de la pobreza energética en contextos urbanos, integrando elementos técnicos y sociales. Este tipo de análisis resulta especialmente útil en gerencia de proyectos, donde la sostenibilidad de una iniciativa depende no solo de su diseño técnico, sino también de su aceptación por parte de los usuarios. En línea con esto, el Project Management Institute (PMI, 2021) resalta la importancia de considerar a los interesados como un factor clave en el éxito de los proyectos.

Finalmente, esta investigación se enmarca en los esfuerzos por promover el acceso a energía asequible y sostenible, en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2023). En este sentido, el estudio no solo busca aportar al conocimiento académico, sino también generar información que pueda ser útil para la toma de decisiones en futuros proyectos energéticos, contribuyendo a mejorar las condiciones de vida de los hogares y a fortalecer procesos de desarrollo más equitativos.

5. Marco Teórico

5.1 Antecedentes de la investigación

En los últimos años, la discusión sobre el acceso a la energía ha evolucionado. Ya no se trata únicamente de contar con conexión eléctrica, sino de garantizar que esta sea suficiente, continua y económicamente manejable para los hogares. En ese sentido, la pobreza energética se ha convertido en un tema central en la agenda internacional, al evidenciar que millones de personas, aun estando conectadas a la red, no pueden usar la energía en condiciones adecuadas (International Energy Agency [IEA], 2022; Naciones Unidas, 2023).

A nivel internacional, diferentes estudios han mostrado que los sistemas solares fotovoltaicos pueden mejorar las condiciones de vida en comunidades vulnerables, especialmente al reducir el gasto en energía y facilitar el acceso a servicios básicos como refrigeración, iluminación o conectividad. Sin embargo, estos mismos estudios también advierten que los resultados no dependen únicamente de la tecnología, sino de factores sociales como la apropiación, el conocimiento y la confianza en el sistema (IEA, 2022).

En América Latina, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, s.f.) ha documentado experiencias de electrificación con energías renovables en zonas rurales y periurbanas. Un aspecto que se repite en estos casos es que, aunque las condiciones técnicas suelen ser favorables, la adopción real por parte de las comunidades no siempre ocurre al ritmo esperado. Esto se debe, en gran parte, a que

las personas no necesariamente conocen el funcionamiento de la tecnología o no la perciben como una solución confiable en su vida diaria.

En el caso de Colombia, el potencial de la energía solar ha sido ampliamente reconocido. Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2023), regiones como el Magdalena Medio cuentan con niveles de radiación que permiten una alta eficiencia en la generación fotovoltaica. No obstante, la implementación de estos sistemas en hogares de estratos bajos ha sido limitada. Esto no solo responde a factores económicos, como el costo inicial, sino también a aspectos relacionados con la percepción del usuario, el acceso a información y la confianza en la tecnología.

Adicionalmente, informes del Ministerio de Minas y Energía (2023, 2024) han resaltado que la transición energética en el país requiere un enfoque más integral, en el que se incluyan las condiciones sociales de los territorios. No basta con promover tecnologías limpias; es necesario entender cómo las comunidades las perciben y qué tan dispuestas están a adoptarlas. En este sentido, el análisis de la percepción se convierte en un elemento clave para diseñar proyectos más efectivos y sostenibles.

En municipios intermedios como Barrancabermeja, esta situación adquiere una mayor relevancia. Se trata de territorios donde coexisten problemáticas económicas, sociales y energéticas, pero también oportunidades técnicas importantes. Por ello, estudiar la percepción de los hogares frente a los sistemas fotovoltaicos permite acercarse a la realidad local, identificando tanto barreras como posibilidades para la implementación de soluciones energéticas sostenibles.

5.2 Bases teóricas

Pobreza energética

La pobreza energética no siempre es evidente a primera vista. En muchos casos, los hogares cuentan con servicio eléctrico, pero deben limitar su uso debido a los costos o a la calidad del suministro. Esto se traduce en decisiones cotidianas como reducir el uso de ventiladores, desconectar equipos o priorizar ciertos consumos sobre otros. De acuerdo con la International Energy Agency (2022), esta situación afecta principalmente a poblaciones de bajos ingresos y tiene consecuencias directas en la salud, la educación y la productividad.

En Colombia, esta problemática se ha intensificado en los últimos años debido al incremento en las tarifas de energía, lo que ha llevado a que una mayor proporción del ingreso familiar se destine al pago del servicio (Ministerio de Minas y Energía, 2024; DANE, 2023). Esto genera un escenario en el que los hogares buscan alternativas que les permitan reducir costos sin sacrificar su bienestar, lo que abre la puerta a soluciones como la energía solar.

Energías renovables y percepción social

Aunque las energías renovables suelen presentarse como una solución evidente desde el punto de vista ambiental y técnico, su adopción en contextos reales depende en gran medida de factores sociales. No todas las personas confían de inmediato en una tecnología nueva, especialmente cuando implica una inversión o un cambio en la forma tradicional de consumir energía.

En este sentido, la CEPAL (s.f.) ha señalado que los proyectos de energías renovables en América Latina tienen mejores resultados cuando incluyen procesos de participación comunitaria y formación. Esto se debe a que la percepción de los usuarios influye directamente en su disposición a adoptar la tecnología. Si una persona no entiende cómo funciona un sistema o duda de su efectividad, es poco probable que decida implementarlo, incluso si existen beneficios claros.

Por ello, el análisis de la percepción no es un aspecto secundario, sino un elemento central en el éxito de este tipo de iniciativas.

Sistemas solares fotovoltaicos en contextos vulnerables

Los sistemas solares fotovoltaicos permiten generar energía a partir de la radiación solar, lo que los convierte en una alternativa atractiva en regiones con alto potencial solar. En Colombia, este potencial ha sido ampliamente documentado, especialmente en zonas como Santander y el Magdalena Medio (UPME, 2023).

Sin embargo, llevar esta tecnología a los hogares de bajos ingresos implica enfrentar retos adicionales. El primero es el costo inicial, que puede ser percibido como una barrera importante. El segundo es el desconocimiento sobre su funcionamiento, mantenimiento y beneficios reales. Según el Ministerio de Minas y Energía (2023), estos factores han limitado la adopción de sistemas solares en ciertos sectores, a pesar de los incentivos existentes.

Además, en contextos con problemáticas sociales, como inseguridad o baja cohesión comunitaria, pueden surgir preocupaciones adicionales relacionadas con el cuidado de los equipos o su sostenibilidad en el tiempo. Esto demuestra que la

implementación de sistemas fotovoltaicos no es solo una decisión técnica, sino también social.

Adopción tecnológica y comportamiento del usuario

La forma en que las personas adoptan nuevas tecnologías está influenciada por su percepción de utilidad, facilidad de uso y nivel de confianza. En contextos donde los recursos son limitados, estas decisiones se vuelven aún más cuidadosas, ya que cualquier inversión representa un riesgo para el hogar.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, esto implica que el éxito de una iniciativa no depende únicamente de su diseño técnico o financiero, sino también de la manera en que los usuarios la reciben y la integran en su vida diaria. El Project Management Institute (PMI, 2021) destaca la importancia de considerar a los interesados (stakeholders) como un factor clave en el desarrollo de proyectos, especialmente cuando estos impactan directamente a comunidades.

En este sentido, analizar la percepción de los hogares frente a los sistemas fotovoltaicos permite anticipar barreras, entender necesidades reales y diseñar soluciones más ajustadas al contexto.

Factibilidad de proyectos energéticos

La evaluación de factibilidad es una herramienta fundamental en la gerencia de proyectos, ya que permite determinar si una iniciativa es viable antes de su implementación. De acuerdo con el Project Management Institute (PMI, 2021), el

análisis de factibilidad debe considerar diferentes dimensiones, entre las que se destacan la viabilidad técnica, económica, social, ambiental y operativa.

En el caso de los proyectos de energía solar, la factibilidad técnica se relaciona con aspectos como el potencial de radiación solar, la disponibilidad de infraestructura adecuada y la eficiencia de los sistemas tecnológicos. La factibilidad económica analiza los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como los beneficios financieros derivados del ahorro energético.

Por su parte, la factibilidad social evalúa el nivel de aceptación de la tecnología por parte de la comunidad, mientras que la factibilidad ambiental examina los impactos positivos y negativos asociados a la implementación del proyecto. Finalmente, la factibilidad operativa analiza las condiciones necesarias para garantizar el funcionamiento y mantenimiento adecuado de los sistemas instalados.

La integración de estas dimensiones permite desarrollar proyectos energéticos sostenibles que respondan a las necesidades reales de las comunidades y que contribuyan a reducir las brechas de acceso a la energía.

5.3 Marco conceptual

Pobreza Energética y Vulnerabilidad Multidimensional

La pobreza energética trasciende la falta de conexión física a la red eléctrica; se define como la incapacidad de un hogar para acceder a servicios energéticos básicos de manera asequible, confiable y segura (García-Ochoa & Graizbord, 2016). En el contexto de Barrancabermeja, este fenómeno se ve exacerbado por las condiciones climáticas del Magdalena Medio. Con temperaturas promedio superiores a los 32°C, el

confort térmico mediante ventilación mecánica no es una variable suntuaria, sino una necesidad de salud pública. Cuando las tarifas eléctricas presentan incrementos sostenidos, los hogares de estratos 1, 2 y 3 experimentan un "efecto de desplazamiento de consumo", donde el pago del servicio de energía compite directamente con el presupuesto destinado a la seguridad alimentaria y la educación.

Autogeneración a Pequeña Escala (AGPE) de Bajo Costo

Desde la gestión técnica de proyectos, los sistemas fotovoltaicos de bajo costo se definen como soluciones de generación distribuida diseñadas para optimizar el Gasto de Capital (CAPEX). Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2023), la generación distribuida permite que el usuario final produzca energía en el punto de consumo. Para los estratos objeto de estudio, el enfoque de bajo costo no implica una reducción en la calidad técnica, sino una optimización en la selección de tecnologías (como inversores de cadena y estructuras de anclaje simplificadas) que aprovechen la alta Irradiación Horizontal Global (GHI) de la región para maximizar el retorno de la inversión.

Resiliencia Comunitaria y Apropiación Tecnológica

En entornos marcados por la pobreza multidimensional y la violencia social, la implementación de activos tecnológicos requiere un enfoque de Gestión de Interesados (Stakeholders). La resiliencia comunitaria es la capacidad de un sistema social para absorber perturbaciones, como las fluctuaciones en los costos de vida, y reorganizarse manteniendo sus funciones esenciales (Twigg, 2009). La sostenibilidad operativa del proyecto depende de la "apropiación tecnológica", proceso mediante el cual la comunidad integra el sistema de generación energética mediante paneles fotovoltaicos

como un activo propio, mitigando riesgos operativos relacionados con el vandalismo, el hurto y la falta de mantenimiento preventivo.

5.2 Marco Legal

El marco legal colombiano no debe interpretarse solo como un cumplimiento normativo, sino como un catálogo de incentivos financieros y mecanismos de mitigación de riesgos que viabilizan el cierre financiero del proyecto.

Agilidad Operativa y Gobernanza (Ley 2099 de 2021)

Conocida como la Ley de Transición Energética, es vital para la gestión del cronograma. Esta norma moderniza el sector eléctrico y reduce las barreras administrativas para la conexión de proyectos solares. Además, fortalece al Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGGE), el cual actúa como una fuente potencial de financiamiento para proyectos dirigidos a poblaciones vulnerables, reduciendo la dependencia de capital propio por parte de los beneficiarios.

Regulación de Conexión y Excedentes (Resolución CREG 174 de 2021)

Desde la gestión del alcance y el modelo de negocio, esta resolución define las reglas técnicas para que los hogares se conviertan en "prosumidores". Habilita la exportación de excedentes de energía a la red del Operador de Red (ESSA), permitiendo que el ahorro mensual en la factura se complemente con créditos de energía. Este mecanismo es el motor que garantiza la factibilidad económica de largo plazo para los estratos 1, 2 y 3.

Comunidades Energéticas (Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026)

La Ley 2294 de 2023 introduce la figura de las Comunidades Energéticas, permitiendo la agregación de demanda y la generación asociativa. Desde la gerencia de proyectos, esto habilita la ejecución de proyectos de escala barrial que reducen los costos de mantenimiento (OPEX) a través de esquemas de gestión comunitaria, alineándose con los objetivos de justicia energética del gobierno nacional.

6.0 Diseño metodológico

Enfoque, alcance y diseño de la investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos, dado que el problema de estudio involucra tanto variables técnicas y económicas como sociales y perceptuales. Este enfoque permite analizar de manera integral la percepción de los hogares frente a la implementación de sistemas solares fotovoltaicos, así como los factores que influyen en su posible adopción, coherente con la naturaleza mixta del problema identificado (Hernández & Mendoza, 2018; PMI, 2021).

En cuanto al alcance, la investigación es de tipo descriptivo–analítico. Es descriptiva porque busca caracterizar la percepción de los hogares de estratos 2 y 3 de Barrancabermeja respecto al servicio de energía eléctrica convencional y a los sistemas fotovoltaicos; y es analítica porque examina la relación entre variables técnicas, económicas y sociales que influyen en la disposición de adopción de estas tecnologías.

El diseño de investigación es no experimental y transversal, dado que las variables no serán manipuladas intencionalmente y la información se recolectará en un único momento del tiempo, observando el fenómeno en su contexto real. Este diseño es

apropiado para estudios de percepción y factibilidad en contextos sociales, donde se busca comprender comportamientos y actitudes sin intervenir directamente en el entorno (Hernández & Mendoza, 2018).

Variables de la investigación

De acuerdo con la pregunta de investigación y los objetivos planteados, se identifican las siguientes variables:

Variable principal

Percepción de los hogares frente a la implementación de sistemas solares fotovoltaicos

Se refiere al conjunto de opiniones, actitudes, nivel de confianza y valoración que tienen los hogares de estratos 2 y 3 respecto al uso de paneles fotovoltaicos como alternativa a la energía eléctrica de la red nacional.

Variables secundarias

Percepción del servicio de energía eléctrica convencional, relacionada con costos, confiabilidad y satisfacción.

Nivel de conocimiento sobre sistemas fotovoltaicos, entendido como el grado de comprensión sobre su funcionamiento, beneficios y requerimientos.

Disposición a la adopción de sistemas fotovoltaicos, asociada a la intención de implementar esta tecnología en el hogar.

Factores contextuales, como pobreza energética, incremento tarifario, condiciones socioeconómicas y percepción de seguridad, que influyen en la decisión de adopción.

Estas variables permiten abordar el problema desde una perspectiva integral, alineada con el análisis de factibilidad social y operativa recomendado por el Project Management Institute (PMI, 2021).

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población objeto de estudio está conformada por hogares pertenecientes a los estratos 2 y 3 del municipio de Barrancabermeja, Santander, que cuentan con conexión al servicio de energía eléctrica de la red nacional.

Muestra

Se utilizará un muestreo no probabilístico de tipo intencional, seleccionando hogares que cumplan con los criterios definidos y que manifiesten disposición a participar en el estudio. Este tipo de muestreo es adecuado en investigaciones sociales y de percepción, donde el interés principal es obtener información relevante y contextualizada sobre el fenómeno estudiado.

Para el componente cuantitativo, se estima una muestra representativa de hogares de ambos estratos, garantizando diversidad en ubicación y condiciones socioeconómicas. Para el componente cualitativo, se seleccionarán participantes clave (líderes comunitarios y jefes de hogar) que aporten información profunda sobre la percepción y aceptación de la tecnología.

Selección de métodos e instrumentos para la recolección de información

MÉTODOS:

Método cuantitativo: orientado a medir la percepción, el nivel de conocimiento y la disposición a adoptar sistemas fotovoltaicos mediante instrumentos estructurados.

Método cualitativo: orientado a comprender en profundidad las razones, creencias y preocupaciones de los hogares frente a la implementación de esta tecnología.

INSTRUMENTOS

Encuesta estructurada, aplicada a los hogares de estratos 2 y 3, que permitirá recolectar información sobre percepción del servicio eléctrico, conocimiento sobre energía solar y disposición de adopción.

Entrevistas semiestructuradas, dirigidas a jefes de hogar y actores comunitarios, con el fin de profundizar en aspectos sociales, económicos y de confianza relacionados con la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Revisión documental, de fuentes oficiales como el Ministerio de Minas y Energía, UPME, DANE y documentos normativos, para contextualizar los resultados y contrastarlos con datos técnicos y regulatorios.

La combinación de estos métodos e instrumentos permite garantizar la validez y confiabilidad de la información, así como una comprensión integral del fenómeno, en coherencia con los principios de gestión de interesados y creación de valor del PMBOK® Guide (PMI, 2021).

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Esta matriz traduce los objetivos específicos en variables medibles, tal como lo exige la guía metodológica y las buenas prácticas de investigación aplicada (Hernández & Mendoza, 2018).

Objetivo específico	Variable	Dimensión	Indicador	Tipo de variable
Analizar la percepción del servicio eléctrico convencional	Percepción del servicio eléctrico	Económica	Nivel de satisfacción con la tarifa	Cualitativa
		Técnica	Frecuencia de interrupciones del servicio	Cualitativa
		Operativa	Confiabilidad percibida del suministro	Cualitativa
Describir el nivel de conocimiento sobre sistemas fotovoltaicos	Nivel de conocimiento sobre energía solar	Técnica	Grado de conocimiento del funcionamiento del sistema	Cualitativa
		Técnica	Conocimiento de beneficios económicos	Cualitativa
		Técnica	Conocimiento de requerimientos de mantenimiento	Cualitativa
Evaluar la disposición a adoptar sistemas fotovoltaicos	Disposición a la adopción	Social	Intención de implementación en el hogar	Cualitativa
		Económica	Capacidad percibida de inversión	Cualitativa
		Social	Nivel de confianza en la tecnología	

INDICADORES Y ESCALAS DE MEDICIÓN

Para garantizar validez y confiabilidad, las variables se medirán mediante escalas tipo Likert, ampliamente aceptadas en estudios de percepción y comportamiento del usuario.

Escala de medición propuesta (Likert de 5 puntos)

Valor	Interpretación
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Usted está siendo invitado(a) a participar de manera voluntaria en una encuesta académica realizada por la Universidad EAN, cuyo propósito es conocer la percepción de los hogares de estratos 2 y 3 de Barrancabermeja sobre la posible implementación de paneles solares fotovoltaicos como alternativa al uso de la energía eléctrica convencional.

La encuesta tiene una duración aproximada de 10 a 15 minutos. Su participación no implica riesgos y no recibirá compensación económica. La información suministrada será anónima, confidencial y utilizada exclusivamente con fines académicos.

Su participación es completamente voluntaria. Puede negarse a participar o retirarse en cualquier momento, sin que esto tenga ninguna consecuencia.

Al continuar con la encuesta, usted declara que ha leído y comprendido la información anterior y acepta participar de manera libre y voluntaria.

☐ Acepto participar

☐ No acepto participar

Cuestionario completo (instrumento cuantitativo)

Escala de medición (Likert)

Marque una sola opción según su nivel de acuerdo:

Valor	Interpretación
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

Cuestionario

Sección A. Información general

1. Estrato socioeconómico

- ☐ Estrato 2
- ☐ Estrato 3

2. Número de personas que viven en el hogar

- ☐ 1–2
- ☐ 3–4
- ☐ 5 o más

Sección B. Percepción del servicio eléctrico

3. El costo actual de la energía eléctrica afecta significativamente la economía de mi hogar.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

4. El servicio de energía eléctrica en mi hogar es confiable y continuo.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Sección C. Conocimiento sobre paneles solares

5. Conozco cómo funcionan los paneles solares fotovoltaicos.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

6. Considero que los paneles solares pueden ayudar a reducir el costo de energía en mi hogar.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Sección D. Disposición de adopción

7. Estaría dispuesto(a) a instalar paneles solares en mi vivienda.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

8. Instalaría paneles solares si existiera apoyo económico o facilidades de pago.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Sección E. Barreras percibidas

9. Me preocuparía la seguridad o posible hurto de los paneles solares en mi sector.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

10. El costo inicial de instalación sería una barrera para adoptar esta tecnología.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Justificación del instrumento:

El cuestionario mide percepciones, actitudes y disposición, variables clave en estudios de adopción tecnológica y gestión de interesados (Hernández & Mendoza, 2018; PMI, 2021).

Referencias

Alcaldía Distrital de Barrancabermeja. (2024). *Plan de desarrollo distrital 2024–2027: Por la gran capital del Magdalena Medio*. <https://www.barrancabermeja.gov.co>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (s.f.). *Energía y desarrollo sostenible en América Latina*. <https://www.cepal.org>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2014–2024). *Series históricas tarifarias del servicio de energía eléctrica en Colombia*. <https://www.creg.gov.co>

Congreso de la República de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional*. Diario Oficial No. 49.150. <https://www.minenergia.gov.co>

Congreso de la República de Colombia. (2021). *Ley 2099 de 2021 por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética*. Diario Oficial No. 51.731. <https://www.minenergia.gov.co>

Congreso de la República de Colombia. (2023). *Ley 2294 de 2023 por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026*. Diario Oficial No. 52.400. <https://www.dnp.gov.co>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). *Pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2022: Boletín técnico*. <https://www.dane.gov.co>

García-Ochoa, R., & Graizbord, B. (2016). Privación energética y su expresión territorial en México. *Gestión y Política Pública*, 25(2), 507–554.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). *Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia*.

International Energy Agency. (2022). *Energy poverty report*. <https://www.iea.org>

Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Wiley.

Ministerio de Defensa Nacional. (2024). *Informe de seguridad ciudadana 2023–2024*. <https://www.mindefensa.gov.co>

Ministerio de Minas y Energía. (2023). *Estrategia nacional para la transición energética justa en Colombia*. <https://www.minenergia.gov.co>

Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Informe de tarifas del servicio público de energía eléctrica 2014–2024*. <https://www.minenergia.gov.co>

Ministerio de Minas y Energía. (2026a). *Colombia alcanza cobertura eléctrica del 93,12% tras expansión del servicio*. <https://www.minenergia.gov.co>

Ministerio de Minas y Energía. (2026b). *Proyecto de granja solar en Barrancabermeja beneficiará a comunidades locales*. <https://www.minenergia.gov.co>

Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023*. <https://www.un.org>

Pacto Global Red Colombia. (2023). *Pobreza energética en Colombia: Diagnóstico nacional*. <https://www.pactoglobal-colombia.org>

Project Management Institute (PMI). (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI.

Twigg, J. (2009). *Characteristics of a disaster-resilient community: A guidance note*. DFID.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2023). *Atlas de radiación solar de Colombia*. <http://www1.upme.gov.co>

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2025). *Plan energético nacional 2024–2054: Transformación para la justicia energética*. <https://www.upme.gov.co>

XM S.A. E.S.P. (2017). *Informe del comportamiento del mercado eléctrico colombiano*. <https://www.xm.com.co>

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericano

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI.

