

**COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN COLOMBIA: SOSTENIBILIDAD Y  
VIABILIDAD ECONÓMICA**

TOMÁS CADENA ZAPATA  
SANTIAGO ARBOLEDA MONTES  
ANDRÉS FELIPE GUTIÉRREZ RIVERA  
JUAN SEBASTIÁN CONTRERAS DONADO  
MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ ARENAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE ECONOMÍA, ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS  
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS  
Y FACULTAD DE GESTIÓN DEL EMPRENDIMIENTO Y LA INNOVACIÓN

PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS  
Y PROGRAMA DE GESTIÓN DEL EMPRENDIMIENTO Y LA INNOVACIÓN

MEDELLÍN

2026

**COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN COLOMBIA: SOSTENIBILIDAD Y  
VIABILIDAD ECONÓMICA**

TOMÁS CADENA ZAPATA  
SANTIAGO ARBOLEDA MONTES  
ANDRÉS FELIPE GUTIÉRREZ RIVERA  
JUAN SEBASTIÁN CONTRERAS DONADO  
MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ ARENAS

Trabajo de grado para optar al título de administrador de empresas (integrantes 1, 2 y 3) y  
gestor del emprendimiento y la innovación (integrante 4)

Asesor  
Claudia Vélez-Zapata  
Ph.D. en Administración

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
  
ESCUELA DE ECONOMÍA, ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS  
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS  
Y FACULTAD DE GESTIÓN DEL EMPRENDIMIENTO Y LA INNOVACIÓN  
  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS  
Y PROGRAMA DE GESTIÓN DEL EMPRENDIMIENTO Y LA INNOVACIÓN

MEDELLÍN  
2026

25/05/2026

Tomás Cadena Zapata, Santiago Arboleda Montes, Andrés Felipe Gutiérrez Rivera, Juan Sebastián Contreras Donado, Miguel Ángel López Arenas.

“Declaramos que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad”.

Firma de los autores:

   Juan Contreras 

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser nuestra guía, darnos la sabiduría, paciencia y fortaleza necesaria para culminar con éxito este proyecto y cada una de las etapas de nuestra formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra asesora de investigación, Claudia Vélez-Zapata, Ph.D. Por su invaluable guía, paciencia y conocimiento compartido durante todo el desarrollo de este trabajo. Sus orientaciones fueron fundamentales para el éxito y la culminación de este proyecto.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
LISTA DE TABLAS.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. Planteamiento del problema de investigación.....	14
2. Formulación del problema o preguntas de investigación.....	16
2.1. Pregunta principal:.....	16
2.2. Preguntas auxiliares:.....	16
2.3. Justificación.....	16
2.3.1. Relevancia del tema.....	16
2.3.2. Pertinencia académica y profesional.....	17
2.3.3. Aplicabilidad.....	17
2.3.4. Vacíos existentes.....	18
3. Revisión de la literatura o Marco teórico.....	19
3.1. Comunidades Energéticas: Concepto, Beneficios y Retos de Implementación ...	19
3.1.1. Concepto general.....	19
3.1.2. Beneficios esperados de las comunidades energéticas.....	19
3.1.3. Implicaciones económicas y de rentabilidad.....	20
3.2. Sostenibilidad: Origen Conceptual y Perspectivas Multidimensionales.....	21
3.2.1. Origen y evolución del concepto.....	21
3.2.2. Dimensiones de la sostenibilidad.....	23
3.2.3. Sostenibilidad en el sector energético y comunidades energéticas.....	23
3.3. Sostenibilidad Financiera en Comunidades Energéticas.....	24
3.3.1. Componentes de la sostenibilidad financiera.....	24
3.3.2. Indicadores estratégicos de rendimiento financiero.....	25
4. Metodología.....	28

4.1.	Objetivos de investigación.....	28
4.1.1.	General .....	28
4.1.2.	Específicos.....	28
4.2.	Enfoque y alcance de la investigación.....	28
4.2.1.	Enfoque.....	28
4.2.2.	Alcance .....	29
4.3.	Población de estudio.....	30
4.4.	Técnicas para la recolección de datos.....	31
4.4.1.	Categorías de estudio.....	31
4.4.2.	Fuentes de datos .....	35
4.5.	Método y procedimiento.....	37
5.	RESULTADOS.....	41
5.1.	Caracterización de la muestra.....	41
5.2.	Rentabilidad y competitividad de las comunidades energéticas .....	41
5.3.	Ejemplo de rentabilidad en una comunidad energética en Colombia .....	43
5.4.	Análisis de los mecanismos de financiamiento en proyectos de comunidades energéticas.....	45
5.4.1.	Gobernanza basada en el tejido social existente.....	45
5.4.2.	Viabilidad económica y modelos de financiamiento híbrido .....	45
5.4.3.	Superación de la brecha técnica mediante las OTCE .....	45
5.4.4.	Impacto en la justicia social y el medio ambiente .....	46
5.5.	Análisis de barreras y oportunidades para la consolidación de comunidades energéticas como modelo de negocio .....	46
5.5.1.	Barreras regulatorias.....	46
5.5.2.	Barreras financieras .....	47
5.5.3.	Barreras sociales .....	47
5.5.4.	Oportunidades identificadas .....	47
5.6.	Recomendaciones para la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas.....	49
5.7.	Articulación resultados–marco teórico .....	50

6. CONCLUSIONES .....	52
7. IMPLICACIONES PRÁCTICAS, LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES .....	53
7.1. Implicaciones prácticas de la investigación.....	53
7.1.1. Implicaciones para comunidades y organizaciones locales.....	53
7.1.2. Implicaciones para entidades financieras .....	54
7.1.3. Implicaciones para el Estado y entidades regulatorias .....	54
7.2. Limitaciones de la investigación .....	55
7.3. Futuras líneas de investigación.....	56
RECOMENDACIONES .....	57
REFERENCIAS .....	59
ANEXOS.....	66

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre objetivos específicos, datos requeridos y propósito analítico .....	33
Tabla 2. Ejemplo de matriz de categoría .....	37
Tabla 3. Ejemplo de matriz de análisis cualitativo .....	38
Tabla 4. Indicadores de rentabilidad y competitividad de comunidades energéticas.....	43
Tabla 5. Escenario hipotético de comunidad energética en Colombia.....	44
Tabla 6. Barreras y oportunidades para la consolidación de comunidades energéticas en Colombia .....	48

## RESUMEN

**Propósito:** El propósito de esta investigación fue analizar los factores económicos, financieros y regulatorios que influyen en la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas en Colombia, con el fin de evaluar su viabilidad como modelo de negocio dentro del proceso de transición energética. El estudio parte de la necesidad de comprender cómo este modelo puede contribuir a la descentralización energética y al fortalecimiento de sistemas más sostenibles e inclusivos en el contexto colombiano.

**Metodología:** Se empleó un enfoque mixto de tipo concurrente con preponderancia cualitativa, bajo un alcance exploratorio-descriptivo. El componente cualitativo, el cual constituye el eje principal de la investigación, se desarrolló mediante una entrevista semiestructurada a un experto del sector energético, analizada a través de matrices de categorización y complementada con revisión documental de fuentes secundarias. El componente cuantitativo se basó en el análisis de información técnica y financiera relacionada con indicadores como costos de instalación (CAPEX), costo nivelado de energía (LCOE), retorno de inversión (ROI), tasa interna de retorno (TIR) y precios de energía en Colombia. Asimismo, se revisaron documentos normativos y estudios nacionales e internacionales sobre comunidades y transición energéticas.

**Hallazgos:** Los resultados evidencian que las comunidades energéticas pueden ser competitivas frente a modelos tradicionales debido a la reducción de costos tecnológicos y a los beneficios asociados al autoconsumo energético. Se identificaron ahorros potenciales en costos de energía y condiciones de rentabilidad favorables bajo determinados escenarios de gestión y consumo. Sin embargo, la sostenibilidad financiera del modelo depende de factores como el acceso a financiamiento, la estabilidad regulatoria, la gestión organizativa y la capacidad técnica de las comunidades. Además, se identificaron barreras relacionadas con la baja formalización operativa, la percepción de riesgo por parte de entidades financieras y las dificultades de coordinación comunitaria. Al mismo tiempo, existen oportunidades derivadas de incentivos estatales, nuevas líneas de crédito y el crecimiento del mercado de energías renovables.

**Contribución:** La investigación identifica los factores críticos que condicionan la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas, evidenciando la interacción entre costos, financiamiento, rentabilidad y regulación. En la misma línea, aporta elementos relevantes para fortalecer la viabilidad económica de este modelo y apoyar la formulación de estrategias y políticas públicas orientadas a la transición energética en Colombia.

*Palabras clave:* política energética, abastecimiento de energía, gestión financiera, desarrollo económico y social, Colombia

## ABSTRACT

**Purpose:** This research analyzed the economic, financial, and regulatory factors influencing the financial sustainability of energy communities in Colombia. The primary objective was to assess their long-term viability as an innovative business model within the national energy transition process. Given Colombia's vulnerability to climate change and the need to democratize energy access in non-interconnected zones, this study examined how decentralized collective schemes can ensure operational and financial continuity beyond initial government subsidies.

**Design/Methodology:** A qualitatively driven mixed-method approach with an exploratory-descriptive scope was used to capture both technical and socio-economic variables. The qualitative component, which served as the core of the study, included a semi-structured interview with an energy sector expert, analyzed through categorization matrices, along with a documentary review of public policies, national decrees, and current regulatory frameworks. The quantitative component consisted of a secondary data analysis of specialized sector reports and financial models. Key performance indicators evaluated included Capital Expenditure (CAPEX), Levelized Cost of Energy (LCOE), Return on Investment (ROI), and local grid energy tariffs.

**Findings:** The results indicate that energy communities in Colombia can be cost-competitive compared to traditional centralized models, mainly due to decreasing solar photovoltaic costs and the benefits of collective self-consumption. However, financial sustainability depends on factors such as community governance, access to tailored financing mechanisms, and regulatory stability. Critical barriers include complex formalization processes, high risk perception by traditional financial institutions, and limited community administrative capacity. Conversely, relevant opportunities are associated with national tax incentives, emerging green credit lines, and the growth of the renewable energy market.

**Originality/Value:** This study contributes to the literature on collective energy projects in Colombia by identifying the main factors that determine their financial sustainability. Beyond technical feasibility, it examines the interaction between technology costs, financing structures, community profitability, and regulatory frameworks. Consequently, the study provides practical recommendations to support public policy design and decision-making processes for developers, local communities, and regulators involved in Colombia's energy transition.

Keywords: energy policy, renewable energy sources, feasibility studies, economic and social development, Colombia

## INTRODUCCIÓN

La transición energética global ha impulsado la adopción de fuentes renovables como alternativa a los combustibles fósiles, en respuesta a los desafíos del cambio climático y la sostenibilidad ambiental. En este contexto, Colombia ha avanzado en la promoción de energías limpias mediante políticas e incentivos orientados a diversificar su matriz energética. A pesar de ello, el desarrollo de estas fuentes no depende únicamente de la disponibilidad de recursos naturales o del respaldo normativo, sino también de su viabilidad económica y financiera frente a los modelos tradicionales.

En este escenario emergen las comunidades energéticas como un modelo innovador basado en la generación, gestión y consumo colectivo de energía renovable. Estas iniciativas buscan promover la descentralización energética, la participación ciudadana y el acceso equitativo a la energía. No obstante, de forma adicional a sus beneficios potenciales, enfrentan importantes desafíos relacionados con los costos de inversión, el acceso a financiamiento, la rentabilidad de los proyectos y las condiciones regulatorias, lo que plantea interrogantes sobre su sostenibilidad en el largo plazo.

En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿qué factores determinan la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas en Colombia y cómo inciden en su viabilidad a largo plazo? Para dar respuesta a este interrogante, el objetivo de esta investigación fue analizar los factores económicos, financieros y regulatorios que influyen en la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas, con el fin de evaluar su viabilidad como modelo de negocio dentro del proceso de transición energética.

Metodológicamente, el estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto de predominancia cualitativa, con alcance exploratorio-descriptivo, que combina el análisis documental de fuentes secundarias especializadas con la aplicación de una entrevista semiestructurada a un experto del sector energético. Esta aproximación permite integrar evidencia cuantitativa y cualitativa para comprender de manera más amplia el fenómeno estudiado. El valor de esta investigación radica en aportar un análisis enfocado en la dimensión financiera de las comunidades energéticas, un campo aún poco desarrollado en

el contexto colombiano, ofreciendo elementos que contribuyen a la toma de decisiones, la formulación de estrategias y el diseño de políticas orientadas a fortalecer su implementación.

El documento se organiza en las siguientes secciones: en primer lugar, se presenta la formulación del problema y la justificación de la investigación; posteriormente, se desarrolla el marco teórico estructurado en torno a las principales categorías de análisis; luego, se expone la metodología empleada; seguidamente, se presentan los resultados del estudio; y finalmente, se plantean las conclusiones, aplicaciones prácticas, limitaciones, futuras investigaciones y recomendaciones derivadas de la presente investigación.

## **1. Planteamiento del problema de investigación**

En el contexto global de la transición energética y la lucha contra el cambio climático, los países están promoviendo el reemplazo progresivo de fuentes fósiles por energías renovables. Colombia, como parte de sus compromisos internacionales, por ejemplo: Acuerdo de París, Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs), ha incentivado proyectos solares, eólicos y de biomasa en los últimos años, según el Ministerio de Minas y Energía:

Por medio de la presente estrategia se pretende promover el desarrollo y la utilización de las FNCER en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico y su participación en las zonas no interconectadas, como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético del país (Ministerio de Minas, 2023b, p. 185).

Sin embargo, el avance de estas fuentes no depende únicamente de la voluntad política o la disponibilidad de recursos naturales, sino también de su viabilidad económica y rentabilidad frente a las fuentes tradicionales como el gas, el carbón y el petróleo (Casallas García, 2024). Los modelos de negocio utilizados en el sector energético son fundamentales para atraer inversiones sostenibles en energías renovables, factores como el costo nivelado de energía (LCOE), el retorno esperado de la inversión, los incentivos fiscales, el acceso a financiamiento y la estabilidad regulatoria determinan si las energías limpias pueden competir efectivamente en condiciones de mercado o, por el contrario, requieren subsidios continuos para ser viables. La evolución tecnológica y eficiencia operativa influyen significativamente en la rentabilidad y capacidad de estos modelos para adaptarse a un mercado energético en auge y constante cambio (Fajardo García, 2021).

En Colombia, aún existe una alta dependencia de los combustibles fósiles, tanto en la matriz energética como en el mercado de inversión. En este escenario emergen las comunidades energéticas, entendidas como formas de organización en las que ciudadanos, empresas y autoridades locales se asocian para producir, gestionar y consumir energía renovable de manera colectiva y descentralizada (García Orrego, 2024). Estas comunidades funcionan bajo tres pilares fundamentales: el administrativo, que asegura la estructura

organizacional y la sostenibilidad económica del proyecto; la gobernanza, que define cómo se toman las decisiones, la participación de los actores y la distribución de beneficios; y el pilar técnico-operativo, relacionado con la infraestructura, tecnologías y operación del sistema energético.

El proceso de conformación de una comunidad energética suele iniciar con la identificación de una necesidad energética común y la conformación de una figura legal o asociativa que permita gestionar los recursos. Posteriormente, se definen los mecanismos de gobernanza, los modelos de financiamiento y las tecnologías más adecuadas para la generación y distribución de energía renovable. La experiencia muestra que la gobernanza suele ser más sencilla y eficiente en proyectos estructurados bajo esquemas empresariales consolidados, mientras que en aquellos basados exclusivamente en la coordinación comunitaria directa pueden aparecer conflictos de interés y obstáculos en la toma de decisiones.

Las comunidades energéticas ofrecen ventajas significativas: promueven la democratización del acceso a la energía, generan ahorros para los participantes, fortalecen la autonomía energética local, impulsan la economía regional y contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, también enfrentan problemáticas y barreras, como la falta de marcos regulatorios claros, el acceso limitado a financiamiento, los costos iniciales de inversión, la resistencia de actores tradicionales del sector energético y las dificultades de coordinación en contextos sociales heterogéneos (Echeverry & Ortiz, 2024).

En consecuencia, surge la necesidad de analizar si estas comunidades pueden consolidarse como modelos de negocio viables y competitivos frente a los modelos tradicionales basados en combustibles fósiles tradicionales, y si su diseño actual permite superar los retos económicos, sociales y regulatorios que plantea la transición energética en Colombia, así como su capacidad para generar beneficios sostenibles a largo plazo, fortalecer la participación ciudadana en el sistema energético y promover una mayor equidad en el acceso a la energía (Giraldo, 2025).

## **2. Formulación del problema o preguntas de investigación**

### **2.1. Pregunta principal:**

¿Qué factores determinan la sostenibilidad financiera de una comunidad energética en Colombia, y cómo inciden en su viabilidad a largo plazo?

### **2.2. Preguntas auxiliares:**

- ¿Qué tan rentables y competitivas son las comunidades energéticas en Colombia frente a los modelos tradicionales basados en combustibles fósiles?
- ¿Qué modelos de negocio y mecanismos de financiamiento predominan en los proyectos de comunidades energéticas?
- ¿Qué incentivos y barreras económicas afectan la rentabilidad de las comunidades energéticas frente a los modelos tradicionales basados en combustibles fósiles?
- ¿En qué medida el entorno regulatorio y financiero en Colombia favorece la inversión privada en energías limpias frente a los combustibles fósiles?
- ¿Qué mecanismos de gobernanza y participación ciudadana fortalecen la sostenibilidad de las comunidades energéticas en Colombia?
- ¿Cómo contribuyen las comunidades energéticas a mejorar el acceso equitativo a la energía y a reducir las brechas sociales en el territorio?
- ¿Qué impactos ambientales positivos generan las comunidades energéticas frente a los modelos tradicionales basados en combustibles fósiles?

### **2.3. Justificación**

#### **2.3.1. Relevancia del tema**

El estudio de la rentabilidad y de los modelos de negocio en torno a las comunidades energéticas resulta fundamental en la actualidad debido a la urgencia de transitar hacia economías bajas en carbono. En Colombia, la alta dependencia de los combustibles fósiles contrasta con el potencial solar, eólico e hídrico disponible, lo que plantea un importante desafío: cómo transformar ese potencial en proyectos económicamente sostenibles. Además, el concepto de comunidades energéticas se vincula directamente con la descentralización del sistema eléctrico, el acceso

equitativo a la energía, la reducción de emisiones y la generación de desarrollo local, integrando dimensiones sociales, ambientales y económicas.

Este enfoque no solo responde a la necesidad de diversificar la matriz energética y garantizar la seguridad energética en Colombia, sino también a los compromisos internacionales de reducción de emisiones asumidos por el país en el marco del Acuerdo de París, según el Ministerio de Minas y Energía (2024a), *“la actual crisis energética global presenta desafíos complejos. En respuesta, los países buscan asegurar un acceso confiable a la energía, recurso fundamental para el desarrollo tecnológico y el bienestar social, mientras equilibran preocupaciones económicas con la sostenibilidad ambiental y social.”* (p. 15). Esto evidencia que su relevancia no es únicamente técnica, sino también social y política.

### **2.3.2. Pertinencia académica y profesional**

En el campo de la Administración de Empresas, la investigación sobre modelos de negocio y rentabilidad en energías renovables aporta herramientas analíticas para comprender cómo se estructuran, financian y sostienen proyectos en un sector estratégico y en expansión. El tema es valioso porque conecta la teoría administrativa con problemáticas reales como la evaluación de inversiones, la gestión de riesgos, el diseño de estrategias competitivas y la innovación empresarial. Aragón Rangel (2016) explica que *“el emprendedor debe compaginar el deseo de crear valor económico, medioambiental y social”* (p. 6). Para los estudiantes y profesionales de administración, este estudio amplía la visión sobre mercados emergentes y sobre la capacidad de la disciplina para influir en la transición energética, aportando marcos conceptuales y prácticos que son transferibles a múltiples industrias.

### **2.3.3. Aplicabilidad**

Los resultados de esta investigación pueden ser de utilidad para:

- Emprendedores y empresas interesadas en invertir en proyectos renovables, porque podrán identificar qué modelos de negocio resultan más sostenibles.
- Gobiernos y entidades regulatorias, al contar con información sobre barreras y oportunidades que permitan ajustar incentivos, regulaciones y políticas públicas.
- Comunidades locales, especialmente aquellas con potencial de organizarse en comunidades energéticas, dado que conocerán esquemas de financiamiento y operación que pueden replicar.
- Academia e investigadores, que encontrarán un análisis comparativo con valor para futuros estudios sobre transición energética.

Como destaca Giraldo (2025), “*en Colombia, el término ha ganado relevancia como parte del plan de transición energética justa del Gobierno, con un fuerte énfasis en el liderazgo y la propiedad comunitaria*” (párr. 3). En este sentido, el trabajo no se limita a un plano teórico, sino que ofrece un enfoque aplicado que proporciona insumos prácticos tanto para la toma de decisiones estratégicas como para el diseño y la implementación de modelos de negocio capaces de adaptarse a las particularidades de la realidad colombiana. Asimismo, busca generar conocimiento útil que permita a los actores involucrados identificar oportunidades, superar barreras y fortalecer la viabilidad económica, social y ambiental de las comunidades energéticas en el contexto de la transición hacia fuentes de energía más sostenibles.

#### ***2.3.4. Vacíos existentes***

Aunque en Colombia existe literatura sobre energías renovables, la mayoría de los estudios se concentra en aspectos técnicos (generación, eficiencia, costos) y regulatorios, dejando de lado un análisis integral sobre rentabilidad y modelos de negocio aplicados a comunidades energéticas (Casallas García, 2024). En esta línea, Galindo et al. (2025) subrayan que aún falta un marco conceptual robusto que integre factores económicos, regulatorios y sociales. Por lo tanto, este trabajo busca proponer un enfoque integral que articule la sostenibilidad económica con la participación ciudadana y la equidad en el acceso a la energía.

### **3. Revisión de la literatura o Marco teórico**

#### **3.1. Comunidades Energéticas: Concepto, Beneficios y Retos de Implementación**

##### **3.1.1. *Concepto general***

Las comunidades energéticas se entienden como formas de organización colectiva en las que ciudadanos, empresas, entidades territoriales y otros actores locales se asocian para producir, gestionar, consumir y eventualmente comercializar energía, preferiblemente de fuentes renovables, bajo principios de participación abierta, control democrático y beneficio compartido (European Commission, 2019; International Renewable Energy Agency Coalition for Action [IRENA Coalition for Action], 2021). Su propósito va más allá de la simple provisión de energía, pues buscan democratizar el acceso, fortalecer la autonomía local y contribuir a los objetivos de la transición energética.

Estas iniciativas se distinguen por combinar propiedad colectiva y toma de decisiones democrática, así como por perseguir una finalidad múltiple que abarca beneficios sociales y ambientales. Entre sus objetivos más relevantes se encuentran la reducción de costos energéticos, la generación de resiliencia local, el desarrollo económico en los territorios y la disminución de emisiones contaminantes. Su carácter descentralizado e inclusivo permite la participación tanto de usuarios residenciales como de pequeñas empresas e instituciones públicas, lo que favorece la cohesión social. En último lugar, procuran un equilibrio entre sostenibilidad financiera y metas de justicia energética y responsabilidad ambiental, asegurando su viabilidad en el largo plazo.

La importancia de las comunidades energéticas en la transición energética no se limita a su aporte ambiental o social. Su viabilidad como modelo de negocio sostenible y rentable es un factor decisivo para garantizar su permanencia en el tiempo. La capacidad de generar ahorros, atraer inversión, acceder a financiamiento y mantener flujos de ingresos estables define si estas iniciativas pueden consolidarse como alternativas competitivas frente a los modelos tradicionales basados en combustibles fósiles.

##### **3.1.2. *Beneficios esperados de las comunidades energéticas***

Las comunidades energéticas generan beneficios múltiples que abarcan dimensiones económicas, sociales y ambientales. Para sus miembros, representan una oportunidad de reducir costos energéticos, estabilizar el gasto frente a la volatilidad de los combustibles

fósiles y, en algunos casos, obtener ingresos por la venta de excedentes (IRENA Coalition for Action, 2021). En el ámbito social, promueven la democratización del acceso a la energía, fortalecen el capital comunitario mediante la participación en la gestión del proyecto y generan empleo local vinculado a la instalación y operación de infraestructuras.

En el plano ambiental, su contribución es clara: favorecen la reducción de emisiones contaminantes, disminuyen la dependencia de fuentes fósiles y apoyan el cumplimiento de metas climáticas nacionales e internacionales. Estos impactos se complementan con la diversificación de la matriz energética y un aumento de la resiliencia de los sistemas locales (European Commission, 2019).

Para emprendedores, empresas e inversionistas, las comunidades energéticas constituyen una oportunidad de negocio emergente, que combina la apertura de nuevos mercados con retornos financieros estables en el mediano y largo plazo (REN21, 2022). Adicionalmente, otorgan ventajas estratégicas a quienes lideran su desarrollo, al posicionarlos como actores innovadores y sostenibles en un sector en plena transformación. En conjunto, estos beneficios muestran que las comunidades energéticas no son solo una alternativa para ampliar el acceso a energía limpia y asequible, sino también un modelo económicamente viable con potencial de consolidarse dentro de la transición energética en Colombia.

### ***3.1.3. Implicaciones económicas y de rentabilidad***

Aunque las comunidades energéticas nacen con fines sociales y ambientales, su permanencia depende en gran medida de su solidez económica. La viabilidad financiera se convierte en el eje que define si estas experiencias logran trascender como proyectos sostenibles o quedan limitadas a iniciativas piloto. Para sus miembros, la principal expectativa es la reducción de costos energéticos y la posibilidad de generar ingresos adicionales, mientras que para inversionistas y emprendedores representan la apertura de nuevos mercados con retornos relativamente estables (IRENA Coalition for Action, 2021; REN21, 2022).

El atractivo económico de estos modelos está determinado por factores como el costo nivelado de energía, el acceso a financiamiento en condiciones favorables, la existencia de incentivos regulatorios y la eficiencia tecnológica de las soluciones adoptadas

(Walker & Devine-Wright, 2008). No obstante, también enfrentan retos significativos: los altos costos iniciales de instalación, la incertidumbre normativa en países como Colombia y las dificultades de gestión en contextos sociales diversos (Bauwens, et al., 2016).

En consecuencia, el análisis de la dimensión económica es fundamental para establecer si las comunidades energéticas pueden competir con los modelos tradicionales basados en combustibles fósiles y consolidarse como negocios rentables en el marco de la transición energética. Este enfoque permite integrar los beneficios sociales y ambientales con la necesidad de asegurar estabilidad financiera, abriendo el camino hacia la discusión sobre sostenibilidad financiera, eje central del último apartado del marco teórico.

## **3.2. Sostenibilidad: Origen Conceptual y Perspectivas Multidimensionales**

### **3.2.1. Origen y evolución del concepto**

El concepto moderno de sostenibilidad se consolidó con el Informe Brundtland de 1987, el cual definió el desarrollo sostenible señalando que “los niveles de vida que superan el mínimo básico solo son sostenibles si los estándares de consumo en todas partes consideran la sostenibilidad a largo plazo” (WCED, 1987, p. 42). Posteriormente, este enfoque se incorporó a la Agenda 2030 de Naciones Unidas (2015), que estableció los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible como un marco universal para integrar dimensiones económicas, sociales y ambientales.

En el ámbito empresarial, John Elkington (1997) propuso el enfoque de la Triple Bottom Line (TBL), planteando que las organizaciones debían medir su desempeño no solo en términos financieros (“profit”), sino también en impacto social (“people”) y ambiental (“planet”). Más adelante, Rockström et al. (2009) introdujeron el marco de límites planetarios, que establece umbrales biofísicos para mantener condiciones seguras de desarrollo humano en el largo plazo.

La diferencia entre sostenibilidad y sostenibilidad financiera radica en el alcance y el enfoque de cada una. La sostenibilidad se refiere a la integración equilibrada de los tres pilares (económico, social y ambiental), lo que permite evaluar el impacto de los proyectos energéticos en términos amplios y alinearlos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el bienestar comunitario (ONU, 2015). En este marco, la dimensión económica hace

referencia a la capacidad de los proyectos de generar valor y contribuir al desarrollo en el largo plazo, manteniendo el equilibrio con las dimensiones social y ambiental.

Dentro de esta, la sostenibilidad financiera ocupa un lugar central, pues se enfoca en la viabilidad operativa de los proyectos, es decir, en su capacidad de cubrir costos y mantenerse en funcionamiento sin depender de apoyos externos de manera permanente. Se puede entender como la capacidad de una organización, proyecto o comunidad para garantizar su permanencia en el tiempo mediante un equilibrio adecuado entre ingresos y gastos, así como una gestión eficiente de los recursos financieros.

No se trata únicamente de cubrir los costos inmediatos de operación, sino también de asegurar la viabilidad a largo plazo a través de mecanismos de financiamiento, estrategias de ahorro, diversificación de fuentes de ingreso y planificación que considere riesgos económicos y regulatorios (Hudon & Traca, 2011). La OCDE (2023) complementa este enfoque al resaltar la relevancia de estructuras de financiamiento mixtas (blended finance; el uso combinado de capital público, filantrópico y privado para financiar proyectos) y de mecanismos de gestión de riesgos para proyectos sostenibles de infraestructura.

En el contexto de proyectos colectivos como las comunidades energéticas, la sostenibilidad financiera adquiere un papel crucial, ya que la continuidad del servicio depende de que la comunidad pueda generar flujos de ingresos estables y suficientes para cubrir tanto los costos de inversión inicial (CAPEX) como los costos de operación y mantenimiento (OPEX). Aparte, debe existir capacidad de respuesta frente a contingencias económicas, fluctuaciones en los precios de la energía o cambios regulatorios (Gómez et al., 2019; IRENA Coalition for Action, 2021).

En este sentido, la sostenibilidad financiera se vincula estrechamente con la resiliencia económica: la comunidad no solo debe ser capaz de sostener su actividad en condiciones normales, sino también adaptarse a situaciones adversas sin comprometer su viabilidad. Esto puede implicar estrategias como diversificación de ingresos mediante la venta de excedentes de energía, participación en mercados locales de flexibilidad o acceso a subvenciones e incentivos de transición energética (IRENA Coalition for Action, 2021).

De este modo, la sostenibilidad financiera no es un objetivo aislado, sino una condición habilitante para que la sostenibilidad social y ambiental también sean posibles. Sin un modelo económico sólido, los beneficios de cohesión comunitaria, reducción de emisiones y democratización del acceso a la energía no pueden mantenerse en el tiempo. Como señalan Kalkbrenner y Roosen, “se requieren compromiso local, participación sostenida, recursos financieros, así como conocimientos especializados y apoyo gubernamental para la movilización y el éxito de la energía comunitaria” (2016, p. 68).

### **3.2.2. Dimensiones de la sostenibilidad.**

**Económica.** Busca la creación de valor a largo plazo, eficiencia en el uso de recursos y resiliencia frente a cambios de mercado. Se vincula con modelos de negocio que integran costos ambientales y sociales, y con políticas como el Crecimiento Verde de la OCDE (OECD, 2011).

**Social.** Promueve equidad, inclusión y cohesión comunitaria. Según la ONU (2015), la indivisibilidad de los ODS implica que la sostenibilidad social está interconectada con los avances ambientales y económicos. En el campo energético, Sovacool y Dworkin (2015) introducen la noción de justicia energética, que exige distribuir de forma equitativa los beneficios y cargas de la transición energética.

**Ambiental.** Apunta a la preservación de ecosistemas y la reducción de emisiones contaminantes. El IPCC (2023) enfatiza que los sistemas de energía deben transformarse para mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 °C y evitar daños irreversibles.

### **3.2.3. Sostenibilidad en el sector energético y comunidades energéticas**

En el sector energético, la sostenibilidad implica asegurar un suministro descarbonizado, asequible y seguro. La rápida reducción de costos en tecnologías como solar y eólica ha favorecido la competitividad de las renovables frente a fuentes fósiles, a la vez que aportan beneficios ambientales y sanitarios (IRENA, 2020).

En este marco, las comunidades energéticas representan un modelo innovador que combina sostenibilidad social, ambiental y económica. Según la Directiva Europea RED II (2018), se trata de entidades legales basadas en la participación abierta y voluntaria de ciudadanos, empresas y autoridades locales para producir, gestionar y consumir energía

renovable con fines de beneficio comunitario. Este enfoque ha inspirado experiencias en América Latina, donde se busca fortalecer la autonomía energética y generar beneficios económicos locales.

### **3.3. Sostenibilidad Financiera en Comunidades Energéticas**

#### **3.3.1. Componentes de la sostenibilidad financiera**

La sostenibilidad financiera de una comunidad energética no puede analizarse de manera unidimensional; requiere una visión integral que contemple distintas áreas interrelacionadas. Estas dimensiones permiten identificar los elementos que garantizan la viabilidad económica a corto, mediano y largo plazo, y al mismo tiempo aseguran que los beneficios de la transición energética se distribuyan de manera justa y equitativa entre los participantes. A continuación, se presentan las principales dimensiones que estructuran este concepto:

***Ingresos estables y diversificados.*** La estabilidad de ingresos constituye el núcleo de la sostenibilidad financiera. En el caso de las comunidades energéticas, los ingresos no solo provienen de la venta directa de energía a la red, sino también del ahorro colectivo generado por el autoconsumo, de los servicios de flexibilidad energética (por ejemplo, el ajuste de la demanda en respuesta a precios variables), y de la participación en mercados locales de energía o agregadores (“intermediarios” que agrupan a muchos usuarios para que sus aportes individuales tengan más impacto y valor económico). La diversificación de fuentes de ingresos reduce la dependencia de un solo canal económico, lo cual incrementa la resiliencia de la comunidad frente a fluctuaciones en precios o políticas regulatorias (Brummer, 2018; Bauwens et al., 2016).

***Estructura de costos sostenible.*** La gestión eficiente de los costos es otro pilar fundamental. Una comunidad energética debe equilibrar los costos de inversión inicial (CAPEX) tales como infraestructura, tecnología, licencias y con los costos de operación y mantenimiento (OPEX) que aseguren la continuidad del servicio. Una estructura de costos sostenible implica no solo la correcta amortización de la inversión, sino también la creación de fondos de reserva para reparaciones, reinversiones futuras o ampliaciones de capacidad (Gómez et al., 2019).

***Acceso a financiamiento.*** El financiamiento es determinante para el arranque y expansión de las comunidades energéticas. Más allá de los recursos propios de los miembros, el acceso a subvenciones públicas, préstamos verdes, etc. resulta fundamental para viabilizar los proyectos. Asimismo, se observa un crecimiento de modelos alternativos como la micro financiación energética (una forma de financiar colectivamente proyectos de energía limpia) y las cooperativas de inversión ciudadana, que además de aportar capital, refuerzan la legitimidad social y la apropiación comunitaria del proyecto (Hajdukiewicz & Pera, 2021).

***Riesgos financieros.*** Todo proyecto comunitario enfrenta riesgos asociados tanto a factores internos como externos. Entre los más relevantes se encuentran los cambios regulatorios en el sector eléctrico, la variabilidad de los precios de la energía en los mercados, la morosidad o incumplimiento de pagos por parte de los socios, y los riesgos tecnológicos relacionados con el desempeño de los equipos instalados. Una estrategia de sostenibilidad financiera debe incorporar mecanismos de mitigación, como contratos de compraventa de energía a largo plazo (Power Purchase Agreements, PPAs), seguros, y la diversificación de tecnologías energéticas (Haas et al., 2021).

***Equidad económica.*** Finalmente, la sostenibilidad financiera debe contemplar la dimensión de justicia y equidad en la distribución de beneficios. Una comunidad energética no debe reproducir desigualdades, sino garantizar que los ahorros y retornos generados se repartan de manera proporcional y justa entre los miembros. Este principio es determinante para la cohesión social y la confianza dentro de la comunidad, factores que determinan no solo la sostenibilidad económica, sino también la continuidad del proyecto en el tiempo (Walker & Devine-Wright, 2008; Bauwens, 2016).

### ***3.3.2. Indicadores estratégicos de rendimiento financiero.***

La medición de la sostenibilidad financiera en comunidades energéticas requiere el uso de indicadores cuantitativos que permitan evaluar la viabilidad de un proyecto y su capacidad para generar beneficios económicos en el tiempo. Estos indicadores son herramientas fundamentales tanto para los gestores del proyecto como para los potenciales financiadores o socios, ya que facilitan la toma de decisiones y permiten comparar diferentes alternativas de inversión (Brealey, Myers & Allen, 2019).

**Tasa interna de retorno (TIR).** La TIR es un indicador que mide la rentabilidad relativa de un proyecto en términos relativos, expresada como la tasa de descuento que iguala el valor actual neto de los flujos de caja futuros con la inversión inicial. En proyectos de comunidades energéticas, una TIR superior al coste de capital o a la tasa mínima exigida por los inversores indica que el proyecto es financieramente atractivo (Damodaran, 2015).

**Valor actual neto (VAN).** “El VAN se presenta como un indicador crucial para decidir la viabilidad económica de un proyecto. Se menciona su utilidad en proyectos que requieren un criterio para realizar o no una inversión” (Maza & Mendoza, 2024, p. 16). Permite calcular la rentabilidad absoluta del proyecto en términos monetarios, descontando al presente los flujos de caja futuros esperados y restando la inversión inicial. Un VAN positivo refleja que el proyecto genera valor adicional sobre el capital invertido, lo cual es un criterio clave de aceptación en proyectos de energía renovable comunitaria.

**Período de retorno de la inversión (PRI).** Mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja netos. Aunque no considera el valor temporal del dinero, es un indicador sencillo y fácilmente comprensible por los socios de una comunidad energética, quienes suelen valorar la rapidez con la que podrán percibir los beneficios económicos (Brealey et al., 2019).

**Relación beneficio/costo (B/C).** Compara los beneficios actualizados del proyecto con los costos totales actualizados. Una relación superior a 1 indica que los beneficios superan los costos, y, por tanto, el proyecto es económicamente viable. Este indicador es especialmente útil cuando se busca priorizar proyectos en contextos de presupuestos limitados o de múltiples alternativas (Boardman et al., 2018).

**Flujos de caja anuales.** El análisis de los flujos de caja permite conocer la liquidez del proyecto en cada periodo. Es fundamental en comunidades energéticas porque garantiza que exista capacidad de cubrir los gastos operativos, el pago de deuda y la distribución de beneficios entre los socios. Sumado a esto, un flujo de caja positivo recurrente es señal de estabilidad y sostenibilidad a largo plazo (Gatti, 2018).

**Ahorro neto por hogar o socio.** Este indicador refleja directamente el impacto económico del proyecto sobre los miembros de la comunidad. Se calcula comparando la factura energética previa y posterior a la participación en la comunidad. Es especialmente

relevante porque vincula la sostenibilidad financiera con la percepción de valor por parte de los socios, fortaleciendo así la cohesión y el compromiso comunitario (Brummer, 2018).

Considerados en su totalidad, estos indicadores no solo sirven para demostrar la rentabilidad del proyecto ante financiadores e instituciones, sino también para generar confianza y transparencia entre los miembros de la comunidad, quienes requieren evidencia clara de que su participación traerá beneficios económicos tangibles y sostenibles en el tiempo.

## **4. Metodología**

### **4.1. Objetivos de investigación**

#### **4.1.1. General**

Analizar los factores económicos, financieros y regulatorios que influyen en la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas en Colombia, con el fin de evaluar su viabilidad como modelo de negocio sostenible dentro del proceso de transición energética del país.

#### **4.1.2. Específicos**

1. Analizar la rentabilidad y competitividad de las comunidades energéticas frente a los modelos tradicionales basados en combustibles fósiles en Colombia.
2. Examinar los mecanismos de financiamiento predominantes en los proyectos de comunidades energéticas.
3. Analizar las barreras y oportunidades económicas y regulatorias que afectan la consolidación de comunidades energéticas como modelo de negocio sostenible.
4. Proponer recomendaciones orientadas a fortalecer las condiciones de sostenibilidad financiera en las comunidades energéticas.

### **4.2. Enfoque y alcance de la investigación**

#### **4.2.1. Enfoque**

Los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto representan distintas alternativas metodológicas para abordar problemas de investigación. Cada uno de ellos ofrece aportes valiosos y constituye una vía válida para la generación de conocimiento científico (Hernández Sampieri, 2023). La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, de predominancia cualitativa, el cual combinó la recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos con el propósito de obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado. Esta integración metodológica resulta especialmente útil cuando se busca analizar fenómenos complejos que involucran dimensiones económicas, sociales e institucionales.

En el contexto de esta investigación, el enfoque mixto permitió analizar la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas en Colombia desde dos perspectivas complementarias. Por un lado, el componente cualitativo, que representó la mayor parte del trabajo, se orientó a comprender las percepciones, experiencias y valoraciones de los actores vinculados al desarrollo, regulación y financiamiento de las comunidades energéticas. Para ello se empleó la técnica de entrevista semiestructurada, mediante la cual se exploraron aspectos como las barreras regulatorias,

la percepción de riesgo por parte de los actores del mercado, los mecanismos de financiamiento disponibles y las estrategias para fortalecer la sostenibilidad financiera de estos proyectos.

De manera complementaria, se incluyó el análisis de fuentes secundarias, a través de la revisión sistemática de documentos técnicos, estudios académicos e informes institucionales relacionados con comunidades energéticas, transición energética y financiamiento de energías renovables. Este análisis documental permitió identificar factores económicos, regulatorios y organizacionales que influyen en la implementación de estos proyectos, así como experiencias y recomendaciones internacionales aplicables al contexto colombiano. Según Martínez Corona, “el realizar un análisis documental representa un factor clave de éxito que permite profundizar sobre el objeto de estudio y aporta para que se desarrolle bajo un principio de un compromiso investigativo” (p. 15).

Por otro lado, el componente cuantitativo se centró en el análisis de datos económicos y técnicos provenientes de fuentes documentales especializadas. En esta fase se examinaron indicadores como los costos de instalación (CAPEX), retornos de inversión (ROI), costo nivelado de la energía (LCOE), niveles de ahorro energético, precios del mercado eléctrico y comparaciones de costos entre energías renovables y modelos tradicionales basados en combustibles fósiles. Estos datos permitieron evaluar de manera objetiva la viabilidad económica de las comunidades energéticas y su competitividad dentro del sistema energético.

#### **4.2.2. Alcance**

El alcance de la presente investigación fue exploratorio-descriptivo, debido a que el estudio de las comunidades energéticas en Colombia constituye un campo emergente dentro del proceso de transición hacia sistemas energéticos sostenibles. De acuerdo con Roberto Hernández Sampieri (2023), los estudios exploratorios se emplean cuando el fenómeno de investigación ha sido poco estudiado o cuando existe información limitada sobre sus variables y relaciones. En el caso de las comunidades energéticas en Colombia, si bien existen avances normativos y algunos proyectos piloto, todavía se dispone de poca evidencia sistematizada sobre su sostenibilidad financiera, sus mecanismos de financiamiento y las barreras regulatorias que enfrentan. De esta forma, la investigación permitió identificar los principales factores económicos, institucionales y de mercado que influyen en la viabilidad de estos proyectos.

Posteriormente, el estudio adoptó un alcance descriptivo. Los estudios descriptivos según Hernández Sampieri (2023) “midan o recolectan datos y reportan información sobre diversos conceptos, variables, aspectos o dimensiones del fenómeno o problema a investigar” (p. 109). En la presente investigación esto se evidenció al caracterizar dichos factores mediante el análisis de información documental y la interpretación de evidencia empírica obtenida a partir de la entrevista al experto del sector energético. El carácter exploratorio-descriptivo permitió comprender las dinámicas económicas y regulatorias que condicionan el desarrollo de las comunidades energéticas en Colombia, así como identificar oportunidades para fortalecer su sostenibilidad financiera dentro del proceso de transición energética.

#### **4.3. Población de estudio**

La población de estudio estuvo conformada por actores vinculados al desarrollo, regulación y financiamiento de comunidades energéticas en Colombia, incluyendo expertos del sector energético, consultores especializados en energías renovables y profesionales involucrados en el diseño o implementación de proyectos de generación distribuida. Debido al carácter mixto de la investigación, se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, el cual consiste en seleccionar informantes que poseen conocimiento especializado sobre el fenómeno estudiado (Folgueiras Bertomeu, 2016).

Este tipo de muestreo es adecuado cuando se busca obtener información profunda y contextualizada a partir de actores con experiencia relevante. En este caso, se realizó una entrevista semiestructurada a un experto del sector energético con experiencia en proyectos de comunidades energéticas y regulación del mercado eléctrico en Colombia.

Criterios de inclusión:

- Experiencia profesional en el sector energético colombiano.
- Conocimiento o participación en proyectos de comunidades energéticas o energías renovables.
- Vinculación con aspectos regulatorios, técnicos o financieros del sector.

Criterios de exclusión:

- Actores sin experiencia directa en el desarrollo o análisis de comunidades energéticas.
- Profesionales sin conocimiento del contexto energético colombiano.
- Falta de conocimiento o experiencia en la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas.

#### **4.4. Técnicas para la recolección de datos**

##### **4.4.1. Categorías de estudio**

Las categorías pueden entenderse como construcciones conceptuales que sintetizan las características y atributos de los fenómenos estudiados, permitiendo organizar e interpretar la realidad de manera estructurada dentro del proceso investigativo (Rico de Alonso et al., 2006). En coherencia con el enfoque mixto de la investigación, se definieron categorías y dimensiones para el análisis cualitativo, así como variables para el componente cuantitativo. Estas se derivaron de los objetivos específicos y fueron sustentadas conceptualmente a partir del marco teórico. En este sentido, la construcción de las categorías respondió tanto a los ejes conceptuales desarrollados en el marco teórico como a la información empírica obtenida mediante las matrices de análisis documental y entrevistas.

***Categoría 1: Rentabilidad y competitividad de las comunidades energéticas.*** Esta categoría se fundamenta en el Capítulo I del marco teórico, específicamente en el apartado de *implicaciones económicas y de rentabilidad*, donde se establece que la viabilidad de las comunidades energéticas depende de su capacidad para generar ahorros, ingresos y competir con modelos tradicionales basados en combustibles fósiles. Por otra parte, se articula con el Capítulo III, en el que se abordan los componentes e indicadores de la sostenibilidad financiera, los cuales permiten evaluar de manera objetiva la rentabilidad, la estabilidad de ingresos y la viabilidad económica de estos proyectos en el tiempo. El análisis de esta categoría permitió evaluar la viabilidad económica del modelo a partir de información proveniente de fuentes secundarias.

Variables:

- Costos de instalación

- Fuentes de financiación
- Retornos de inversión (ROI)
- Ahorro energético
- Precios de venta de energía
- Comparación con modelos fósiles

**Categoría 2: Mecanismos de financiamiento.** Está sustentada principalmente en el Capítulo III del marco teórico, específicamente en el componente de *acceso a financiamiento*, donde se resalta el papel de las fuentes de capital, los incentivos y los esquemas de inversión como elementos fundamentales para garantizar la viabilidad y continuidad de las comunidades energéticas. De manera complementaria, se conecta con el Capítulo I, en el cual se reconoce que la consolidación de estas iniciativas depende de su capacidad para atraer inversión y estructurar modelos económicos sostenibles. Su análisis permitió identificar las estructuras de financiamiento predominantes y su relación con la sostenibilidad financiera a través de fuentes secundarias.

Dimensiones:

- Tipos de modelos implementados (cooperativo, público-privado, comunitario)
- Fuentes de capital
- Acceso a créditos verdes, fondos o incentivos

**Categoría 3: Barreras y oportunidades del entorno energético.** La presente categoría se justifica en el Capítulo I del marco teórico, específicamente en el apartado de *retos de implementación*, donde se identifican las dificultades económicas, regulatorias y sociales que enfrentan las comunidades energéticas en su desarrollo. Además, se relaciona con el Capítulo II, en relación con las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad, las cuales permiten comprender cómo las condiciones del entorno influyen en la viabilidad y permanencia de estos proyectos. Se integró información de fuentes primarias y secundarias, permitiendo analizar tanto las condiciones estructurales como las percepciones de los actores.

Dimensiones:

- Obstáculos financieros, regulatorios y sociales
- Disponibilidad tecnológica

- Percepción de riesgo
- Condiciones de mercado energético
- Oportunidades de inversión e innovación

***Categoría 4: Sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas.*** Esta categoría se deriva principalmente del Capítulo III del marco teórico, en el cual se desarrollan los componentes, indicadores y estrategias asociadas a la sostenibilidad financiera, entendida como la capacidad de las comunidades energéticas para garantizar su viabilidad económica y permanencia en el tiempo. De forma vinculada, se fundamenta en el Capítulo II, en tanto incorpora el enfoque de sostenibilidad como un marco integral que articula dimensiones económicas, sociales y ambientales, orientando la formulación de estrategias sostenibles en el largo plazo.

En coherencia con el último objetivo específico de la investigación orientado a proponer recomendaciones, esta categoría tiene un carácter propositivo, ya que integra los hallazgos del análisis cualitativo y cuantitativo para formular recomendaciones orientadas a fortalecer las condiciones de sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas. Estas recomendaciones se construyen a partir de la articulación entre la evidencia empírica obtenida y los referentes teóricos desarrollados en el marco conceptual, garantizando su pertinencia y aplicabilidad en el contexto analizado.

Dimensiones:

- Buenas prácticas internacionales
- Lecciones aprendidas
- Indicadores de desempeño económico-financiero
- Estrategias de mejora
- Lineamientos de política pública

Para garantizar la coherencia metodológica, se estableció una relación directa entre las metas de la investigación y la naturaleza de la información. En la Tabla 1 se presenta dicha relación, donde se detallan los objetivos específicos, los requerimientos de información y su aplicación dentro del estudio.

**Tabla 1**

*Relación entre objetivos específicos, datos requeridos y propósito analítico*

<b>Objetivo específico</b>	<b>Datos requeridos</b>	<b>Propósito analítico</b>
Analizar la rentabilidad y competitividad de las comunidades energéticas	Costos de instalación, fuentes de financiación, retornos de inversión (ROI), ahorro energético, precios de venta, comparativos con modelos fósiles	Evaluar y comparar la viabilidad económica de las comunidades energéticas frente a los modelos tradicionales, identificando márgenes de rentabilidad y competitividad.
Examinar los mecanismos de financiamiento en comunidades energéticas	Tipos de modelos implementados (cooperativo, público-privado, comunitario), fuentes de capital, esquemas de participación, acceso a créditos verdes, fondos o incentivos	Identificar los esquemas financieros predominantes y su impacto en la sostenibilidad económica de las comunidades energéticas.
Analizar barreras y oportunidades	Obstáculos financieros, regulatorios y sociales; disponibilidad tecnológica; percepción de riesgo; condiciones de mercado; oportunidades de inversión e innovación	Reconocer los factores que limitan o potencian la implementación y sostenibilidad de las comunidades energéticas.
Proponer recomendaciones	Buenas prácticas internacionales, lecciones aprendidas, indicadores de desempeño sostenible, estrategias de mejora y lineamientos de política pública	Formular propuestas orientadas a fortalecer el modelo de negocio y las condiciones de sostenibilidad de las comunidades energéticas.

*Nota.* Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 1, existe una correspondencia directa entre los objetivos planteados y los tipos de datos requeridos, lo que permite abordar el fenómeno de las comunidades energéticas desde una perspectiva integral. La combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos no solo facilita la evaluación de la viabilidad económica, sino que también permite comprender los factores estructurales, sociales y regulatorios que inciden en su desarrollo. Por consiguiente, la tabla evidencia que el estudio no se limita al análisis financiero, sino que incorpora una visión amplia orientada a la sostenibilidad y a la formulación de recomendaciones estratégicas.

**Variables e indicadores.** En el componente cuantitativo se emplearon variables económicas derivadas del análisis documental de fuentes secundarias especializadas. Estas variables permitieron complementar el análisis cualitativo mediante la incorporación de evidencia empírica orientada a evaluar la rentabilidad y competitividad del modelo de comunidades energéticas. De esta manera, se fortaleció el análisis del fenómeno estudiado

al integrar diferentes tipos de información, aportando mayor consistencia y profundidad a la interpretación de los resultados. Las variables analizadas fueron las siguientes:

- Costos de instalación (CAPEX)
- Costos de operación (OPEX)
- Costo nivelado de la energía (LCOE)
- Retorno de inversión (ROI)
- Ahorro energético
- Precios de energía
- Comparación con modelos fósiles

#### **4.4.2. Fuentes de datos**

Las fuentes primarias estuvieron constituidas por una entrevista semiestructurada realizada a un informante clave del sector energético, seleccionado por su experiencia en proyectos de comunidades energéticas y en la regulación del mercado eléctrico en Colombia. La elección de un único experto se justifica en el enfoque de la investigación, el cual privilegia la profundidad del análisis sobre la amplitud de la muestra, permitiendo obtener información detallada, contextualizada y relevante sobre el fenómeno estudiado.

Esta entrevista permitió recolectar información cualitativa sobre aspectos como las barreras regulatorias, la percepción de riesgo, los mecanismos de financiamiento y las estrategias orientadas a fortalecer la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas. Su pertinencia radica en que el informante aporta una visión experta y aplicada del contexto colombiano, lo cual resulta fundamental para comprender las dinámicas reales del sector.

Por su parte, las fuentes secundarias incluyeron documentos técnicos, artículos académicos, informes institucionales y bases de datos del sector energético, provenientes de organismos nacionales e internacionales. Entre las principales fuentes analizadas se encuentran informes sectoriales, estudios especializados sobre comunidades energéticas y reportes de entidades reconocidas en el ámbito de las energías renovables, como la International Renewable Energy Agency (IRENA), los cuales aportan información confiable, actualizada y metodológicamente validada sobre costos de implementación, indicadores de rentabilidad y esquemas de financiamiento.

La selección de estas fuentes se justifica en su rigurosidad técnica y relevancia en el análisis del sector energético, ya que permiten acceder a datos comparables a nivel internacional y a experiencias consolidadas en distintos contextos. Esto resulta especialmente pertinente para el estudio de las comunidades energéticas, dado su carácter emergente en Colombia y la necesidad de contrastar su desempeño con referentes globales. Su uso permitió sustentar teóricamente el análisis y complementar la información empírica, facilitando una comprensión más amplia del fenómeno estudiado y aportando insumos necesarios para la evaluación de la rentabilidad, los mecanismos de financiamiento y las condiciones de sostenibilidad financiera.

***Entrevista semiestructurada.*** Como técnica de recolección de información primaria, se utilizó la entrevista semiestructurada dirigida a un experto del sector energético. Según Folgueiras Bertomeu (2016), este tipo de entrevista permite explorar en profundidad las percepciones y experiencias de los participantes, manteniendo al mismo tiempo una estructura temática alineada con los objetivos del estudio. El instrumento utilizado para su aplicación fue una guía de entrevista, compuesta por un conjunto de preguntas orientadoras diseñadas previamente en función de las categorías de análisis. La información obtenida fue registrada y posteriormente organizada mediante una matriz de sistematización de entrevistas, utilizada como instrumento de apoyo para el procesamiento de la información. Estas preguntas abordaron temas relacionados con:

- Barreras regulatorias y financieras
- Percepción de riesgo en proyectos energéticos
- Mecanismos de financiamiento disponibles
- Oportunidades de inversión en comunidades energéticas
- Recomendaciones para fortalecer la sostenibilidad financiera

***Análisis documental.*** Como técnica complementaria, se empleó el análisis documental, el cual permitió examinar estudios académicos, informes sectoriales y documentos institucionales relacionados con comunidades energéticas, transición energética y financiamiento de energías renovables. De acuerdo con Martínez Corona et al. (2023), esta técnica permite analizar de manera sistemática documentos relevantes con el fin de identificar información significativa vinculada al objeto de estudio.

El instrumento utilizado en esta técnica fue una matriz de análisis documental, en la cual se registraron y organizaron de manera sistemática los datos relevantes en función de los objetivos específicos de la investigación. Esta matriz permitió clasificar la información por categorías y dimensiones de análisis, facilitando su comparación e interpretación. En ella se incluyeron variables como costos de instalación, retornos de inversión, modelos de financiamiento y comparaciones con sistemas energéticos tradicionales, lo que permitió estructurar la información de forma ordenada y asegurar la trazabilidad de los datos utilizados en el estudio.

#### 4.5. Método y procedimiento

El análisis de la información se realizó mediante un enfoque de análisis cualitativo basado en matrices de análisis, específicamente a través del uso de matrices de análisis documental y matrices de análisis cualitativo de entrevistas, las cuales permitieron organizar, clasificar y relacionar los datos obtenidos de las diferentes fuentes. Este método facilitó la articulación entre las categorías, dimensiones y variables definidas en el estudio, en coherencia con los objetivos de la investigación.

Cabe precisar que las matrices cualitativas constituyen herramientas fundamentales para la sistematización y el análisis de la información, al permitir estructurar los datos en función de categorías analíticas previamente definidas. A continuación, se presentan dos tablas de referencia adaptadas de Calderón Chelius (2025), las cuales ilustran la estructura de una matriz de análisis cualitativo utilizada en este tipo de estudios.

**Tabla 2**  
*Ejemplo de matriz de categoría*

<b>Familia de categorías</b>	<b>Categoría o unidad analítica</b>	<b>Indicador o categoría específica</b>	<b>Descripción</b>
Familia de categorías	Categoría 1	Indicador 1.1	Descripción del indicador 1.1
		Indicador 1.2	Descripción del indicador 1.2
		Indicador 1.3	Descripción del indicador 1.3

<b>Familia de categorías</b>	<b>Categoría o unidad analítica</b>	<b>Indicador o categoría específica</b>	<b>Descripción</b>
		Indicador 1.4	Descripción del indicador 1.4
		Indicador 1.N	Descripción del indicador 1.N
		Categoría 2	Descripción del indicador 2
	Categoría N	Indicador N.1	Descripción del indicador N.1
		Indicador N.N	Descripción del indicador N.N

*Nota.* Adaptado de Calderón Chelius (2025, p.79)

**Tabla 3**  
*Ejemplo de matriz de análisis cualitativo*

<b>Familia de categoría</b>	<b>Categoría o unidad analítica</b>	<b>Indicador o categoría específica</b>	<b>Fuente 1</b>	<b>Fuente 2</b>	<b>Fuente N</b>	<b>Consideraciones sobre el concepto</b>
Familia de categorías 1	Categoría 1	Concepto 1				Patrones, tendencias y conexiones
		Concepto 2				Patrones, tendencias y conexiones
		Concepto N				Patrones, tendencias y conexiones
	Categoría N	Consideraciones generales sobre el grupo				Patrones, tendencias y conexiones
		Consideraciones generales sobre el grupo				

*Nota.* Adaptado de Calderón Chelius (2025, p.79)

Como se observa en las Tablas 2 y 3, el uso de matrices cualitativas facilita la organización sistemática de la información y permite identificar patrones, relaciones y categorías relevantes para el análisis. Estas herramientas fortalecen la interpretación de los datos y contribuyen a una comprensión más profunda del fenómeno estudiado. El desarrollo completo de este análisis, con la sistematización de la información obtenida en la

entrevista al experto y la revisión de las fuentes secundarias sobre comunidades energéticas se encuentra detallado en el Anexo A: Matrices de Análisis (Archivo Excel).

Adicionalmente, el componente cuantitativo se abordó mediante el análisis descriptivo de variables económicas obtenidas de fuentes secundarias, lo que permitió complementar la interpretación cualitativa con evidencia empírica sobre la rentabilidad y competitividad del modelo. El proceso de análisis se desarrolló en las siguientes fases:

***Identificación de datos requeridos.*** Se elaboró una matriz de especificación de datos, en la cual se definieron de manera detallada los tipos de información necesarios para dar respuesta a cada uno de los objetivos específicos de la investigación. De igual manera, se estableció su correspondencia con las categorías y dimensiones de análisis, así como con las fuentes primarias y secundarias seleccionadas. Esta fase permitió delimitar el alcance de la información a recolectar, asegurando la coherencia entre el marco teórico, los objetivos del estudio y las técnicas de recolección de datos, y constituyéndose en una guía estructurada para las etapas posteriores del proceso investigativo.

***Sistematización de fuentes documentales.*** La información obtenida de documentos técnicos, informes sectoriales y estudios académicos fue organizada mediante una matriz de análisis documental, en la cual se registraron y clasificaron los datos relevantes en función de las variables y dimensiones previamente definidas, tales como rentabilidad, mecanismos de financiamiento, barreras regulatorias y experiencias internacionales. Este proceso permitió no solo estructurar la información cuantitativa y cualitativa, sino también identificar tendencias y elementos comunes en diferentes contextos, garantizando la consistencia del análisis con los objetivos del estudio y facilitando su posterior interpretación.

***Sistematización de la entrevista.*** Posteriormente a la transcripción de la entrevista semiestructurada, las respuestas obtenidas fueron organizadas a través de una matriz de análisis cualitativo, en la cual la información fue clasificada de acuerdo con las categorías y dimensiones previamente definidas en la investigación. Este procedimiento permitió ordenar de manera sistemática los aportes del experto entrevistado, facilitando la identificación de percepciones, experiencias y valoraciones relevantes. Asimismo, contribuyó a vincular los hallazgos cualitativos con los ejes temáticos del estudio,

fortaleciendo la coherencia analítica entre la información recolectada y los objetivos planteados.

*Análisis e interpretación de resultados.* Como último aspecto, se llevó a cabo un proceso de análisis interpretativo orientado a identificar relaciones, patrones y tendencias entre los factores económicos, regulatorios y organizacionales que inciden en la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas. Dicho análisis se desarrolló mediante la integración de la información proveniente de las distintas técnicas de recolección, lo que permitió contrastar los hallazgos cualitativos y cuantitativos.

De este modo, se aplicó una estrategia de triangulación de la información, la cual permitió comparar y complementar los resultados obtenidos de las diferentes fuentes, fortaleciendo la validez y consistencia del análisis. De esta manera, se logró construir una comprensión integral del fenómeno estudiado y generar conclusiones coherentes con el marco teórico y los objetivos de la investigación.

De manera integral, este procedimiento metodológico permitió articular de manera explícita las categorías y variables de estudio, las técnicas de recolección de información (entrevista semiestructurada y análisis documental) y los instrumentos utilizados (matrices de análisis), garantizando coherencia entre los objetivos planteados, la información recolectada y el análisis desarrollado.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Caracterización de la muestra**

La presente investigación se desarrolló a partir de un enfoque mixto con predominio del análisis documental, complementado mediante una entrevista semiestructurada realizada a un experto del sector energético colombiano. En este sentido, la muestra de estudio no respondió a criterios estadísticos, sino a una selección intencional orientada a obtener información especializada y contextualizada sobre las comunidades energéticas y su sostenibilidad financiera en Colombia.

En relación con la fuente primaria, la selección del informante se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando su trayectoria profesional y conocimiento especializado sobre el fenómeno estudiado. La entrevista permitió profundizar en aspectos relacionados con barreras regulatorias, mecanismos de financiamiento, percepción de riesgo y oportunidades para la consolidación de las comunidades energéticas como modelo de negocio sostenible.

Por otra parte, las fuentes secundarias estuvieron conformadas por documentos técnicos, artículos científicos, informes institucionales, normativas y reportes sectoriales relacionados con transición energética, energías renovables y comunidades energéticas. Entre las principales fuentes analizadas se incluyeron documentos de organismos nacionales e internacionales como IRENA, Ministerio de Minas y Energía, XM, REN21 y la Comisión Europea, así como investigaciones académicas especializadas en sostenibilidad financiera y modelos energéticos comunitarios.

La selección de los documentos respondió a criterios de pertinencia temática, actualidad y relevancia académica, priorizando estudios que abordaran variables económicas, regulatorias y organizativas asociadas a la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas. De manera adicional, se incluyeron fuentes que permitieran contextualizar el caso colombiano y compararlo con experiencias internacionales en modelos de generación distribuida y participación comunitaria en el sector energético.

### **5.2. Rentabilidad y competitividad de las comunidades energéticas**

En relación con el primer objetivo específico, los resultados evidencian que las comunidades energéticas presentan una creciente competitividad frente a modelos tradicionales basados en combustibles fósiles, principalmente gracias a la reducción de costos tecnológicos y los beneficios económicos asociados al autoconsumo. El análisis documental muestra que los costos de instalación de sistemas solares han disminuido significativamente, alcanzando valores cercanos a USD 758/kW en 2023, lo que representa una reducción del 86% frente a 2010 (International Renewable Energy Agency [IRENA], s. f.; Pineda & Diez, 2025, p.5), lo que ha favorecido su viabilidad. De manera complementaria, el costo nivelado de la energía (LCOE) solar, con un valor de USD 44/MWh resulta inferior al de fuentes fósiles (de hasta USD 100/MWh), evidenciando una ventaja económica clara (IRENA, s. f.).

En Colombia, la variabilidad de los precios de la energía, que se encuentra entre aproximadamente 310 COP/kWh en el mercado regulado y hasta 857 COP/kWh en escenarios de escasez, refuerza el potencial de estos modelos para generar ahorros y reducir la dependencia del mercado (XM, 2025). En términos de beneficios, se identifican reducciones en costos de energía entre un 10% y 45%, así como periodos de recuperación de la inversión entre 5 y 14 años y tasas internas de retorno (TIR) promedio entre el 9% y el 11%, lo que indica una rentabilidad viable bajo condiciones adecuadas (Trevisan et al., 2024).

Desde el componente cualitativo, el entrevistado destaca que “la viabilidad depende de la capacidad de la comunidad para reducir costos asumiendo funciones administrativas” (Juan David Molina Castro, comunicación personal, 26 de febrero de 2026), lo que evidencia que la rentabilidad no depende únicamente de factores técnicos, sino también de la gestión interna y organizativa. De esta forma, los resultados indican que las comunidades energéticas son económicamente competitivas; a pesar de ello, su sostenibilidad depende tanto de las condiciones del mercado como de la capacidad de gestión de las comunidades, en coherencia con lo planteado en el marco teórico. Como se ilustra en la Tabla 4, los principales indicadores financieros evidencian la competitividad económica de las comunidades energéticas frente a modelos tradicionales.

**Tabla 4***Indicadores de rentabilidad y competitividad de comunidades energéticas*

<b>Indicador</b>	<b>Valor estimado</b>	<b>Fuente</b>	<b>Interpretación</b>
Costo de instalación solar	~USD 758/kW (global)	IRENA (s. f.)	Reducción de costos favorece la viabilidad del modelo
LCOE solar	~USD 44/MWh	IRENA (s. f.)	Más competitivo que fuentes fósiles
LCOE fósil	Hasta USD 100/MWh	IRENA (s. f.)	Menor competitividad frente a renovables
Precio energía Colombia	310–857 COP/kWh	XM (2025)	Alta volatilidad favorece el autoconsumo
Ahorro en costos de energía	10% – 45%	Trevisan et al. (2024)	Beneficio económico directo para usuarios
Periodo de retorno (PRI)	5 – 14 años	Trevisan et al. (2024)	Recuperación viable en mediano plazo
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9% – 11%	Trevisan et al. (2024)	Rentabilidad atractiva bajo condiciones adecuadas

*Nota.* Elaboración propia con base en IRENA (s. f.), XM (2025) y Trevisan et al. (2024).

Estos indicadores muestran que la reducción del LCOE y de los costos de instalación ha mejorado significativamente la viabilidad del modelo. Asimismo, los niveles de la TIR y los periodos de recuperación evidencian que, bajo condiciones adecuadas, las comunidades energéticas pueden generar retornos atractivos en el mediano plazo. No obstante, estos resultados deben interpretarse considerando la variabilidad del mercado eléctrico colombiano y las condiciones específicas de cada proyecto.

### **5.3. Ejemplo de rentabilidad en una comunidad energética en Colombia**

A partir de la información disponible, es posible plantear un escenario hipotético para una comunidad energética en Colombia. Por ejemplo, una comunidad de aproximadamente 50 hogares en la región Caribe podría implementar un sistema fotovoltaico comunitario de 100 kW. Según la IRENA (s. f.), los costos globales de instalación solar se sitúan alrededor de USD 758/kW; sin embargo, al ajustarlos al contexto colombiano, es más realista considerar valores entre USD 900 y 1.200/kW, lo que implica una inversión aproximada de 360 a 480 millones COP.

Bajo condiciones favorables de irradiación, el sistema podría generar entre 140.000 y 180.000 kWh/año, suponiendo un nivel de planta entre 16-20% (Pineda & Diez, 2025).

Considerando precios de electricidad cercanos a 300–320 COP/kWh reportados por XM (2025), el beneficio neto anual se estimaría entre 25 y 40 millones COP, suponiendo un nivel de autoconsumo elevado (superior al 70-80%), ya que la energía excedente inyectada a la red suele valorarse a precios inferiores. En estas condiciones, el periodo de recuperación de la inversión oscilaría entre 10 y 14 años, con una tasa interna de retorno (TIR) estimada entre 6% y 10%, en línea con referencias internacionales como Riccardo Trevisan et al. (2024), ajustadas al contexto nacional.

Cabe señalar que la viabilidad de estos proyectos depende menos de los costos tecnológicos (en reducción a nivel global) y más de factores como la capacidad de coordinación del consumo, la claridad en la distribución de beneficios, los costos de gestión y la evolución del marco regulatorio, como señala el entrevistado. En consecuencia, aunque el modelo puede ser financieramente viable, su desempeño está condicionado principalmente por variables organizativas y regulatorias. Con el fin de ilustrar la viabilidad financiera en un contexto aplicado, en la Tabla 5 se presenta un escenario hipotético de implementación de una comunidad energética en Colombia.

**Tabla 5**

*Escenario hipotético de comunidad energética en Colombia*

<b>Variable</b>	<b>Valor estimado</b>
Tamaño del sistema	100 kW
Inversión inicial	360 – 480 millones COP
Generación anual	140.000 – 180.000 kWh
Precio energía	300 – 320 COP/kWh
Beneficio anual	25 – 40 millones COP
Autoconsumo	70% – 80%
Periodo de retorno	10 – 14 años
TIR estimada	6% – 10%

*Nota.* Elaboración propia a partir de supuestos basados en IRENA (s. f.), XM (2025), Pineda y Diez (2025) y Trevisan et al. (2024), ajustados al contexto colombiano.

Como se observa, el modelo presenta periodos de recuperación y niveles de rentabilidad consistentes con la literatura, lo que sugiere que, bajo condiciones favorables de autoconsumo y precios de energía, las comunidades energéticas pueden consolidarse

como una alternativa económicamente viable. Del mismo modo, se evidencia que el acceso a mecanismos de financiamiento e incentivos regulatorios puede fortalecer significativamente su sostenibilidad financiera en el largo plazo.

#### **5.4. Análisis de los mecanismos de financiamiento en proyectos de comunidades energéticas**

Colombia consolidó un ecosistema legal para transitar hacia un modelo energético descentralizado y participativo (Galindo et al., s.f.). El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y el Decreto 2236 de 2023 definen a las Comunidades Energéticas (CE) como actores clave de la Transición Energética Justa, otorgándoles personería para gestionar su propia energía (Ministerio de Minas y Energía, 2024; Echeverry & Ortiz, 2024). El registro oficial mediante el NURIN es el mecanismo administrativo que habilita el acceso a beneficios legales y tarifarios (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

##### ***5.4.1. Gobernanza basada en el tejido social existente***

La sostenibilidad de las CE depende de estructuras de gobernanza democrática basadas en el tejido social. Se concluye que las Juntas de Acción Comunal (JAC) y las JAL son los núcleos de gestión natural, garantizando un reparto equitativo de beneficios bajo el principio de "un miembro, un voto" (Echeverry & Ortiz, 2024; Ministerio de Minas y Energía, 2024). Este enfoque asegura la apropiación cultural de la tecnología y evita el control de grandes empresas (Galindo et al., s.f.)

##### ***5.4.2. Viabilidad económica y modelos de financiamiento híbrido***

La implementación de CE es financieramente rentable al aprovechar los incentivos de las Leyes 1715 de 2014 y 2099 de 2021, como la deducción del 50% de renta y exclusión de IVA (Galindo et al., s.f.). Se destaca un esquema híbrido donde el Estado (FENOGE e IPSE) aporta capital semilla o infraestructura cedida gratuitamente, complementado con créditos blandos (Findeter) con tasas cercanas al 10% (Echeverry & Ortiz, 2024; Ministerio de Minas y Energía, 2024).

##### ***5.4.3. Superación de la brecha técnica mediante las OTCE***

Una de las barreras más críticas identificadas es la falta de conocimiento especializado en comunidades vulnerables (Galindo et al., s.f.). Como solución, se propone

la creación de Organizaciones Técnicas para Comunidades Energéticas (OTCE), conformadas por pymes, universidades u ONGs, que actúen como el "brazo técnico" encargado de los estudios de viabilidad, diseño de ingeniería y gestión ante el Registro Único de Comunidades Energéticas (RUCE). Este acompañamiento técnico es vital para reducir los riesgos de ejecución y asegurar la operación a largo plazo (Echeverry & Ortiz, 2024).

#### **5.4.4. Impacto en la justicia social y el medio ambiente**

Las CE combaten la pobreza energética, que en zonas rurales llega al 25,1%. Ambientalmente, contribuyen a la descarbonización reduciendo 0,504 toneladas de CO<sub>2</sub> por cada MWh generado con fuentes renovables. Estas iniciativas garantizan derechos como salud y educación mediante conectividad. Además, optimizan la red al reducir pérdidas de transporte y aseguran la sostenibilidad mediante planes de gestión de residuos electrónicos.

### **5.5. Análisis de barreras y oportunidades para la consolidación de comunidades energéticas como modelo de negocio**

#### **5.5.1. Barreras regulatorias**

El análisis evidencia que, aunque se establece un marco jurídico, la principal barrera regulatoria es la baja formalización operativa de las comunidades energéticas. Según la entrevista: "Problemas regulatorios: Aunque existe respaldo jurídico (CREG, UPME, Ley 1715), el obstáculo es la falta de 'vocación' de los actores y la baja formalización; de 2,000 registradas ante el Ministerio, solo dos están ante CREG y XM" (Juan David Molina Castro, comunicación personal, 26 de febrero de 2026). De manera complementaria, Molina señala que el modelo está en un proceso de aprendizaje, la complejidad se refleja en la brecha de formalización (solo 2 comunidades registradas formalmente), lo que sugiere que el paso del registro ministerial al operativo (XM/CREG) es un cuello de botella.

En la profundización de las fuentes secundarias, se identifican requisitos costosos para estas comunidades; requisitos para operar como Empresa de Servicios Públicos (E.S.P.) (Ley 142/1994), registro SSPD y trámites CREG, además de procesos complejos, costos administrativos y agregando un precio de venta poco competitivo frente a grandes

empresas. (Ramírez Tovar et al., 2022). También falta política pública específica para comunidades energéticas, los incentivos existentes (Ley 1715 y 2099) están orientados principalmente a empresas o autogeneración individual (Ministerio de Minas y Energía, 2024a).

#### **5.5.2. Barreras financieras**

El acceso al financiamiento se ve limitado por la percepción de riesgo de las entidades bancarias. La entrevista señala que los bancos perciben riesgos técnicos (daño de equipos) y financieros (impago). “Actúan bajo lógica de rentabilidad, no de beneficencia, exigiendo codeudores o garantías” (Juan David Molina Castro, comunicación personal, 26 de febrero de 2026). También se menciona, según el entrevistado: "La evaluación de riesgos por parte de los bancos (patrimonio y capacidad de pago) y la dificultad inicial para acceder a créditos por ser un modelo nuevo". Las fuentes secundarias coinciden en que las principales barreras financieras incluyen la dificultad para cubrir el financiamiento inicial, la incertidumbre sobre la rentabilidad del modelo, la competencia con empresas consolidadas y la ausencia de políticas específicas (Brummer, 2018).

#### **5.5.3. Barreras sociales**

El principal obstáculo social es la falta de apropiación tecnológica y organización interna. Según la entrevista el principal reto es la apropiación tecnológica y la organización interna. Muchas comunidades en zonas vulnerables enfrentan brechas en otros servicios básicos (agua, acueducto). Aparte, en la comunidad se busca mejorar la calidad de vida, el reto social es el reto de la apropiación tecnológica, el entendimiento y la capacidad de apoderarse de dichos procesos. Las fuentes secundarias traen a colación principalmente la baja capacidad técnica comunitaria, dificultades organizativas, 16,1% pobreza energética (en 2023) y alta concentración de empresas en el SIN (Casallas García, 2024).

#### **5.5.4. Oportunidades identificadas**

A pesar de las barreras, existen oportunidades que favorecen la consolidación del modelo. En principio, la reducción de costos tecnológicos: "Disminución de costos tecnológicos y mayor disponibilidad de paneles solares y baterías" (Casallas García, 2024). Luego, como afirma Molina, la venta de excedentes como mecanismo habilitante: “La venta de excedentes es una regla clave que favorece la sostenibilidad”. Seguidamente, el

surgimiento de instrumentos financieros: “Están surgiendo líneas de crédito especiales para sistemas solares en bancos como Bancolombia, AV Villas y Davivienda” (Juan David Molina Castro, comunicación personal, 2026).

Además, el uso de regalías por parte del Estado ha sido un instrumento eficiente para financiar proyectos en zonas vulnerables. Para finalizar, el mercado muestra una tendencia favorable: “Mercado renovable en crecimiento con mayor integración de generación distribuida” (Casallas García, 2024). Con el fin de sintetizar los principales factores que inciden en la consolidación de las comunidades energéticas como modelo de negocio, la Tabla 6 presenta las barreras y oportunidades identificadas a partir del análisis documental y la evidencia empírica.

**Tabla 6**  
*Barreras y oportunidades para la consolidación de comunidades energéticas en Colombia*

<b>Dimensión</b>	<b>Tipo</b>	<b>Factor identificado</b>	<b>Descripción</b>
Regulatoria	Barrera	Baja formalización operativa	Brecha entre registro ante el Ministerio y formalización ante CREG y XM
Regulatoria	Barrera	Complejidad normativa	Requisitos como E.S.P., registro SSPD y trámites CREG generan altos costos
Regulatoria	Barrera	Falta de política específica	Incentivos centrados en empresas, no en comunidades
Financiera	Barrera	Acceso limitado a crédito	Percepción de alto riesgo por parte de entidades financieras
Financiera	Barrera	Exigencia de garantías	Solicitud de codeudores y respaldo patrimonial
Financiera	Barrera	Incertidumbre de rentabilidad	Modelo percibido como nuevo y poco probado
Social	Barrera	Baja apropiación tecnológica	Limitado conocimiento técnico en comunidades
Social	Barrera	Dificultades organizativas	Problemas de coordinación y gestión interna
Social	Barrera	Condiciones socioeconómicas	Presencia de pobreza energética y necesidades básicas insatisfechas
Tecnológica	Oportunidad	Reducción de costos	Mayor acceso a tecnologías como paneles solares
Económica	Oportunidad	Venta de excedentes	Generación de ingresos adicionales
Financiera	Oportunidad	Nuevos instrumentos financieros	Líneas de crédito especializadas y uso de regalías

<b>Dimensión</b>	<b>Tipo</b>	<b>Factor identificado</b>	<b>Descripción</b>
Mercado	Oportunidad	Crecimiento del sector renovable	Mayor integración de generación distribuida

*Nota.* Elaboración propia con base en entrevistas (Juan David Molina Castro, comunicación personal, 2026) y fuentes secundarias como Ramírez Tovar et al. (2022), Brummer (2018), Casallas García (2024) y Ministerio de Minas y Energía (2024).

En resumen, las barreras se concentran principalmente en el ámbito regulatorio y financiero, especialmente en la formalización y el acceso al crédito, lo que limita la consolidación del modelo. Aun así, las oportunidades asociadas a la reducción de costos tecnológicos, el acceso a nuevos instrumentos financieros y el crecimiento del mercado renovable evidencian un entorno favorable para su desarrollo.

## **5.6. Recomendaciones para la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas**

Inicialmente, las fuentes secundarias destacan varias prácticas exitosas a nivel global. A nivel global, autores como Walker y Devine-Wright (2008) sostienen que el éxito de estos modelos radica en el fortalecimiento de las capacidades locales y la construcción de un tejido de confianza social. La European Commission (2019) señala: "Participación ciudadana y propiedad comunitaria en proyectos energéticos, especialmente mediante cooperativas". Finalmente, REN21 (2022) indica: "Diversidad de modelos organizativos y tecnológicos (solar, eólica, biomasa) adaptados al contexto local".

La entrevista evidencia dos lecciones clave para el contexto colombiano. En primer lugar, la necesidad de una organización previa, ya que no basta con la instalación de infraestructura tecnológica, sino que la comunidad debe definir con anticipación acuerdos claros sobre la distribución de beneficios. En segundo lugar, se resalta la importancia del acompañamiento institucional, dado que experiencias como el caso de Jamundí muestran que el apoyo de empresas del sector, como Celsia, facilita los procesos de formalización y consolidación del modelo (Juan David Molina Castro, comunicación personal, 26 de febrero de 2026).

En cuanto a la evaluación de la sostenibilidad financiera, se identifican indicadores fundamentales como el retorno de la inversión, la tasa de rentabilidad, la utilidad del proyecto y la certeza de ingresos, esta última asociada al perfil de riesgo y a las garantías disponibles. Estos elementos se complementan con indicadores de participación, los cuales incluyen el nivel de involucramiento ciudadano en el autoconsumo y en la gestión energética comunitaria (Walker & Devine-Wright, 2008), así como métricas relacionadas con el uso de energías renovables en distintos sectores (electricidad, calefacción y transporte) y la reducción de emisiones, en línea con lo establecido por la Directiva RED II (Green Digital Innovation Hub [GeDIH], 2025; Directiva 2018/2001).

Se establecen ciertas estrategias de mejora, para empezar, se puede iniciar por fomentar la autogestión administrativa para reducir gastos operativos, seguido de establecer alianzas con el sector privado para el soporte técnico y capacitar a los miembros en la toma de decisiones financieras para asegurar que el recaudo y pago de obligaciones (créditos) se mantenga al día. Como complemento se puede proponer impulsar modelos energéticos descentralizados y participativos (European Commission, 2019) y fortalecer gobernanza energética inclusiva y participación local (REN21, 2022).

Como lineamientos de política pública es necesario que el Estado fortalezca su rol como garante de créditos. También se requiere simplificar o incentivar el registro formal ante la CREG y XM, y promover políticas que no solo entreguen infraestructura, sino que aseguren la formación técnica y administrativa de la comunidad para reducir el riesgo operativo. Como complemento, promover participación comunitaria y modelos cooperativos, simplificar trámites, financiamiento y fortalecimiento de capacidades locales y crear entornos regulatorios estables y no discriminatorios para proyectos comunitarios.

### **5.7. Articulación resultados–marco teórico**

Los resultados obtenidos se interpretan a la luz del marco teórico, evidenciando que las comunidades energéticas, aunque surgen con objetivos sociales y ambientales, requieren una base económica sólida para consolidarse como modelos sostenibles en el tiempo (European Commission, 2019; IRENA Coalition for Action, 2021). En este sentido, la evidencia confirma que la viabilidad no depende únicamente de la reducción de costos

tecnológicos o de la rentabilidad del sistema, sino de la capacidad de generar beneficios económicos reales para sus miembros y de operar bajo condiciones de mercado (REN21, 2022).

Igualmente, los hallazgos muestran que la sostenibilidad financiera actúa como un elemento habilitante de la sostenibilidad integral, ya que, sin ingresos estables, acceso a financiamiento y gestión eficiente de recursos, los beneficios sociales y ambientales no pueden mantenerse (Hudon & Traca, 2011; OCDE, 2023). En última instancia, se evidencia que factores como el acceso al financiamiento, la estabilidad regulatoria y la capacidad de gestión comunitaria condicionan el desempeño del modelo, lo que respalda la idea de que la sostenibilidad financiera responde a una lógica multidimensional en la que interactúan variables económicas, institucionales y operativas (Bauwens et al., 2016; Brummer, 2018).

## 6. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió analizar los factores económicos, financieros y regulatorios que influyen en la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas en Colombia, con el propósito de evaluar su viabilidad como modelo de negocio dentro del proceso de transición energética del país. A partir de la triangulación entre información documental y una entrevista a un actor experto del sector energético, se evidencia que las comunidades energéticas constituyen un modelo con potencial real de sostenibilidad económica, especialmente por la reducción de costos tecnológicos, la posibilidad de autoconsumo energético y la disminución de la dependencia de los precios del mercado eléctrico.

En respuesta a la pregunta de investigación, se concluye que la sostenibilidad financiera de las comunidades energéticas en Colombia está determinada por la interacción entre factores económicos, regulatorios y organizativos. Si bien el modelo es financieramente viable bajo condiciones técnicas favorables, su consolidación depende principalmente del acceso a financiamiento, la capacidad de gestión interna de las comunidades y la existencia de un marco regulatorio que facilite su operación efectiva. De esta forma, la viabilidad no se explica únicamente por la rentabilidad del sistema energético, sino por la articulación de estas condiciones estructurales.

En relación con el objetivo general, se concluye que las comunidades energéticas en Colombia son financieramente viables bajo condiciones técnicas y económicas favorables, pero su sostenibilidad depende en gran medida de factores institucionales y sociales. La evidencia muestra que la reducción de costos de tecnologías renovables y los incentivos existentes permiten escenarios de rentabilidad positivos; en cambio, las barreras regulatorias, la percepción de riesgo del sistema financiero y las limitaciones organizativas de las comunidades siguen siendo determinantes para su expansión.

## 7. IMPLICACIONES PRÁCTICAS, LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

### 7.1. Implicaciones prácticas de la investigación

A partir de los resultados de la investigación, se derivan ciertas implicaciones prácticas dirigidas a los actores involucrados en el desarrollo, financiamiento, regulación y operación de las comunidades energéticas en Colombia. Estas implicaciones profundizan en el análisis teórico y ofrecen un panorama de la realidad operativa para fortalecer la sostenibilidad financiera y la viabilidad económica de este modelo en el contexto de la transición energética nacional.

#### 7.1.1. *Implicaciones para comunidades y organizaciones locales*

La investigación evidencia que la viabilidad financiera de una comunidad energética no depende exclusivamente de la tecnología empleada o de las condiciones naturales incontrolables, sino de manera fundamental de la capacidad de gestión interna y de la organización previa de los participantes. Se demuestra la necesidad crítica de que las comunidades definan acuerdos claros antes de la instalación tecnológica, estableciendo con anticipación las reglas de distribución de beneficios, los mecanismos de toma de decisiones y las responsabilidades de cada miembro, mitigando así conflictos posteriores que destruyen la sostenibilidad del proyecto.

A su vez, los datos señalan el valor de aprovechar el tejido social existente, como las Juntas de Acción Comunal (JAC) y las Juntas Administradoras Locales (JAL). Estas estructuras constituyen formas de gobernanza natural que facilitan la organización comunitaria, garantizan el principio de "un miembro, un voto" y reducen significativamente los costos administrativos iniciales (Echeverry & Ortiz, 2024; Ministerio de Minas y Energía, 2024b).

En términos de viabilidad económica, el ejemplo hipotético desarrollado en esta investigación establece que una comunidad de aproximadamente 50 hogares en la región Caribe requiere una inversión inicial entre 360 y 480 millones de pesos colombianos, generando ahorros anuales entre 25 y 40 millones de pesos, alcanzando una tasa interna de retorno (TIR) entre el 6% y el 10% y recuperando la inversión en un periodo de 10 a 14 años. Estos valores funcionan como un referente cuantitativo para que otras comunidades

proyecten sus propias estimaciones. Para terminar, el análisis del reto social de la baja apropiación tecnológica demuestra que la falta de inversión de tiempo y recursos en procesos de capacitación continua incrementa drásticamente la dependencia operativa de terceros.

### **7.1.2. *Implicaciones para entidades financieras***

El estudio revela que una de las principales barreras para la consolidación de las comunidades energéticas es el limitado acceso a financiamiento, derivado de la percepción de alto riesgo por parte de la banca tradicional. El análisis financiero determina la urgencia de que las entidades bancarias evolucionen hacia el diseño de instrumentos adaptados a las características de las comunidades energéticas, considerando plazos más largos, periodos de gracia y tasas preferenciales. Según la información recopilada en la entrevista, la incursión de bancos como Bancolombia, AV Villas y Davivienda en líneas de crédito para sistemas solares representa el punto de partida para la apertura de productos específicos para el modelo comunitario.

Bajo esta misma perspectiva, la investigación demuestra la viabilidad de reconocer el aval comunitario como una garantía complementaria válida. Dado que muchas comunidades carecen de activos tradicionales para respaldar créditos, el estudio abre la puerta a la exploración de esquemas de garantía colectiva, fondos de reserva comunitaria o la aceptación de flujos futuros de ahorro energético como respaldo financiero viable. En definitiva, los hallazgos exponen que la falta de capacitación en los equipos evaluadores de la banca sobre las particularidades técnicas y económicas de las energías renovables comunitarias es el factor principal que alimenta la incertidumbre y limita la aprobación de créditos.

### **7.1.3. *Implicaciones para el Estado y entidades regulatorias***

El análisis normativo evidencia que, si bien existe un marco legal favorable (Leyes 1715 de 2014 y 2099 de 2021, Decreto 2236 de 2023), las barreras regulatorias persisten y asfixian la formalización operativa. El estudio pone de manifiesto un cuello de botella institucional crítico: de aproximadamente 2.000 comunidades registradas ante el Ministerio de Minas y Energía, solo dos han logrado completar el registro operativo ante la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Esto comprueba que la exigencia de requisitos

complejos (como la constitución como empresa de servicios públicos y el registro ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios) paraliza el avance del sector.

Adicionalmente, el análisis señala que el Estado debe asumir un rol activo como garante de créditos, implementando esquemas de garantía parcial que reduzcan el riesgo percibido por la banca, especialmente en zonas vulnerables. Los resultados también demuestran la ineficacia de los incentivos fiscales actuales para el sector comunitario, dado que están orientados principalmente a grandes empresas o a la autogeneración individual; esto hace evidente la necesidad de una política diferenciada que incluya subsidios a la conexión, tarifas especiales para la inyección de excedentes o líneas de cofinanciamiento no reembolsables para fases iniciales.

Por otra parte, se constata que asegurar el acompañamiento técnico mediante la creación y fortalecimiento de organizaciones para Comunidades Energéticas (conformadas por pequeñas y medianas empresas (pymes), universidades u organizaciones no gubernamentales (ONGs)) funciona como una estrategia clave para superar la brecha de conocimiento especializado y reducir los riesgos de ejecución (Echeverry & Ortiz, 2024). A modo de cierre, los datos confirman que las regalías son un instrumento de financiamiento eficiente para desarrollar proyectos en zonas vulnerables, siempre y cuando los recursos se acompañen de formación técnica y administrativa, y no únicamente de infraestructura.

## **7.2. Limitaciones de la investigación**

Esta investigación presentó varias limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. Para empezar, se trata de un fenómeno emergente en Colombia, lo que implica una disponibilidad limitada de información empírica consolidada sobre comunidades energéticas, especialmente en términos de desempeño financiero real en operación. Sumado a lo anterior, el acceso a información primaria fue restringido, ya que solo se logró la participación de un experto del sector energético, lo cual, si bien permitió profundizar en el análisis cualitativo, limita la posibilidad de contrastar múltiples perspectivas institucionales o empresariales.

Adicionalmente, gran parte de la información secundaria disponible proviene de fuentes internacionales o documentos técnicos en otros contextos geográficos, lo que puede

generar diferencias en la aplicabilidad directa al caso colombiano. Asimismo, el acceso a datos financieros detallados de proyectos reales de comunidades energéticas en Colombia es todavía incipiente, lo que restringe la posibilidad de realizar evaluaciones cuantitativas más robustas.

### **7.3. Futuras líneas de investigación**

A partir de los hallazgos obtenidos, se identifican varias líneas de investigación futuras. Primero, se recomienda desarrollar estudios empíricos con múltiples casos de comunidades energéticas en operación en Colombia, con el fin de analizar su desempeño financiero real en diferentes contextos regionales. Segundo, sería pertinente profundizar en investigaciones de tipo comparativo entre modelos de comunidades energéticas en América Latina, con el objetivo de identificar factores de éxito replicables en el contexto colombiano.

De manera adicional, se sugiere avanzar en estudios cuantitativos más robustos que incorporen series de tiempo sobre costos, retornos de inversión y estabilidad de ingresos, lo que permitiría evaluar con mayor precisión la sostenibilidad financiera del modelo. Por último, futuras investigaciones podrían enfocarse en el análisis del papel del sistema financiero colombiano en la transición energética, particularmente en la disposición de los bancos para financiar modelos comunitarios de energía y en el diseño de instrumentos financieros adaptados a su nivel de riesgo. En conjunto, estos aportes permitirían fortalecer la comprensión del fenómeno y contribuir al diseño de políticas públicas más efectivas para la consolidación de las comunidades energéticas como modelo sostenible de transición energética en Colombia.

## RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos obtenidos en la presente investigación, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la sostenibilidad financiera y la consolidación de las comunidades energéticas en Colombia. En primer lugar, se recomienda fortalecer el marco regulatorio aplicable a las comunidades energéticas, simplificando los procesos de formalización ante entidades como la CREG y XM. Aunque actualmente existe un respaldo normativo importante a través de la Ley 1715 de 2014, la Ley 2099 de 2021 y el Decreto 2236 de 2023, persisten barreras administrativas y operativas que dificultan la implementación efectiva de estos proyectos, especialmente en comunidades con capacidades técnicas y financieras limitadas.

En segundo lugar, es necesario promover instrumentos de financiamiento especializados para comunidades energéticas. Se propone que entidades financieras públicas y privadas desarrollen líneas de crédito con condiciones preferenciales, esquemas de garantías y mecanismos de reducción de riesgo que faciliten el acceso al capital inicial. Así las cosas, el Estado podría fortalecer programas de cofinanciación y fondos de apoyo orientados a proyectos de generación distribuida y autoconsumo comunitario.

De igual manera, se recomienda impulsar procesos de capacitación y fortalecimiento organizacional dentro de las comunidades. La sostenibilidad financiera de estos proyectos no depende únicamente de factores tecnológicos, sino también de la capacidad administrativa y de gestión de los actores involucrados. En este sentido, resulta fundamental promover estrategias de formación en temas técnicos, financieros y de gobernanza energética.

Por otro lado, se sugiere fomentar alianzas entre comunidades, sector privado, universidades y entidades territoriales, con el fin de facilitar el acompañamiento técnico y la transferencia de conocimiento. La participación de actores especializados puede contribuir a reducir riesgos operativos, mejorar la estructuración financiera de los proyectos y fortalecer su viabilidad en el largo plazo.

Finalmente, se recomienda continuar promoviendo políticas públicas orientadas al desarrollo de modelos energéticos descentralizados y participativos, reconociendo el papel

de las comunidades energéticas dentro del proceso de transición energética justa en Colombia. Esto implica no solo incentivar la adopción de tecnologías renovables, sino también garantizar condiciones económicas, regulatorias e institucionales que permitan la permanencia y sostenibilidad de estos proyectos en el tiempo.

## REFERENCIAS

Agencia Internacional de Energías Renovables [IRENA]. (2020). *Costos de generación de energía renovable en 2019*. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA\\_Costs\\_2019\\_ES.PDF](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Costs_2019_ES.PDF)

Aragón Rangel, L. E. (2016). *Modelos de negocios aplicables a eficiencia energética y energías renovables en el sector privado*. Cámara Colombiana de la Energía.

Bauwens, T. (2016). Explaining the diversity of motivations behind community renewable energy. *Energy Policy*, 93, 278–290. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.017>

Bauwens, T., Gotchev, B., & Holstenkamp, L. (2016). What drives the development of community energy in Europe? The case of wind power cooperatives. *Energy Research & Social Science*, 13, 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.016>

Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice* (5th ed.). Cambridge University Press.

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2019). *Principles of corporate finance* (13th ed.). McGraw-Hill.

Brummer, V. (2018). Community energy – benefits and barriers: A comparative literature review of Community Energy in the UK, Germany and the USA, the benefits it provides for society and the barriers it faces. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.013>

Calderón Chelius, M. (2025). Matriz de análisis para información cualitativa. *Revista Perspectivas Sociales / Social Perspectives*, 27(1), 77–81.

Casallas García, Á. C. (2024). *Estudio de viabilidad según el análisis costo-beneficio de la transición a fuentes no convencionales de energías renovables fotovoltaica y eólica en el esquema de confiabilidad energética en Colombia*. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería.  
<http://repositorio.escuelaing.edu.co/entities/publication/c5b617bd-00d7-48fd-bb19-8112702f4e11/full>

Damodaran, A. (2015). *Applied corporate finance* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Echeverry Largo, L. M., & Ortiz Rodríguez, M. C. (2022). *Modelo económico para la implementación de comunidades energéticas en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad del Rosario]. Repositorio Institucional Universidad del Rosario.  
<https://repository.urosario.edu.co/items/4c60cb8f-0f50-4d78-a218-0dd15ee89d68>

Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.

European Commission. (2019). *The EU Clean Energy Package*. ENTSO-E.  
<https://www.entsoe.eu/cep/>

European Union. (2018). *Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001>

European Union. (2019). *Directive (EU) 2019/944 on common rules for the internal market for electricity (IEMD)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944>

- Fajardo García, G. (2021). El autoconsumo de energía renovable, las comunidades energéticas y las cooperativas. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 66, 261–288. [https://ciriec.es/wp-content/uploads/2021/07/Revista\\_66\\_CIDEC\\_tema.pdf](https://ciriec.es/wp-content/uploads/2021/07/Revista_66_CIDEC_tema.pdf)
- Folgueiras Bertomeu, P. (2016). *Técnica de recogida de información: La entrevista* (Documento de trabajo). Universidad de Barcelona. <https://hdl.handle.net/2445/99003>
- Galindo, A., Olarte Ortiz, O., Jiménez Alvernia, D., & Cortés Torres, J. (2025). *Análisis multidimensional para el desarrollo de comunidades energéticas en Colombia: Una evaluación de factores políticos, socioeconómicos, tecnológicos y ambientales*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28646.95042>
- García Orrego, S. (2024). *Comunidades energéticas*. Ministerio de Minas y Energía.
- Gatti, S. (2018). *Project finance in theory and practice: Designing, structuring, and financing private and public projects* (3rd ed.). Academic Press.
- Giraldo, J. (2025, agosto 15). Comunidades energéticas: la nueva estrategia de Colombia para impulsar la participación ciudadana en la transición energética. *Solenium*. <https://www.jetknowledge.org/insights/comunidades-energeticas-la-nueva-estrategia-de-colombia-para-impulsar-la-participacion-ciudadana-en-la-transicion-energetica/>
- Green Digital Innovation Hub [GeDIH]. (2025, October 13). *Renewable Energy Directive (RED II) – Directive (EU) 2018/2001*. <https://dih.green/renewable-energy-directive-red-ii-directive-eu-2018-2001/>

Hernández Sampieri, R. (2023). *Metodología de la investigación Plus*. McGraw-Hill.

Hudon, M., & Traca, D. (2011). On the efficiency effects of subsidies in microfinance: An empirical inquiry. *World Development*, 39(6), 966–973.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.10.017>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *AR6 Synthesis Report: Summary for Policymakers*.  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf)

International Renewable Energy Agency [IRENA]. (s. f.). *Global trends*.  
<https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Costs/Global-Trends>

International Renewable Energy Agency Coalition for Action [IRENA Coalition for Action]. (2021). *Community energy toolkit: Best practices for broadening the ownership of renewables*. [https://www2.energia.coop/colombia/wp-content/uploads/2021/11/IRENA\\_Coalition\\_Energy\\_Toolkit\\_2021.pdf](https://www2.energia.coop/colombia/wp-content/uploads/2021/11/IRENA_Coalition_Energy_Toolkit_2021.pdf)

Kalkbrenner, B. J., & Roosen, J. (2016). Citizens' willingness to participate in local renewable energy projects: The role of community and trust in Germany. *Energy Research & Social Science*, 13, 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.006>

Li, N., & Okur, Ö. (2023). Economic analysis of energy communities: Investment options and cost allocation. *Applied Energy*, 336, 120706.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261923000703>

Martínez-Corona, J. I., Palacios-Almón, G. E., & Oliva-Garza, D. B. (2023). Guía para la revisión y el análisis documental: Propuesta desde el enfoque investigativo. *Ra Ximhai*, 19(1), 67–83.

Ministerio de Minas y Energía. (2023a). *Hoja de ruta para la Transición Energética Justa (TEJ)*.

[https://minenergia.gov.co/documents/13272/Hoja\\_de\\_ruta\\_transicion\\_energetica\\_justa\\_TEJ\\_2025.pdf](https://minenergia.gov.co/documents/13272/Hoja_de_ruta_transicion_energetica_justa_TEJ_2025.pdf)

Ministerio de Minas y Energía. (2023b). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*.

Ministerio de Minas y Energía. (2024a). *Estrategia nacional de comunidades energéticas*.

<https://www.minenergia.gov.co/documents/13312/Metodologia-General-Estrategia-Nacional-Comunidades-Energeticas-2024.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2024b). *Manual de gestión de comunidades energéticas* (versión 1.0). Grupo de Comunicación y Prensa.

<https://www.minenergia.gov.co/documents/13313/Manual-Gestion-Comunidades-Energeticas-2024.pdf>

Monsberger, C., Fina, B., & Auer, H. (2021). Profitability of energy supply contracting and energy sharing concepts in a neighborhood energy community: Business cases for Austria. *Energies*, 14(4), 921. <https://ideas.repec.org/a/gam/jeners/v14y2021i4p921-d496642.html>

OECD. (2011). *Towards green growth*. OECD Publishing.

[https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2011/05/towards-green-growth\\_g1g1342a/9789264111318-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2011/05/towards-green-growth_g1g1342a/9789264111318-en.pdf)

Pineda, N., & Diez, M. (2025). *Informe sectorial energía – Julio 2025* (Dirección de Investigaciones Económicas, Sectoriales y de Mercado, Grupo Bancolombia). Bancolombia.

Ramírez Tovar, A., España Forero, J., Duque Restrepo, L., & Giraldo Quiroz, J. (2022). *Barreras regulatorias para la implementación de comunidades energéticas en Colombia*. Universidad EIA.  
<https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/1a3e5e6f-37a1-416d-8bbe-f248138ddd24/content>

REN21 Secretariat. (2022). *Renewables 2022 global status report*. REN21.  
[https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2022\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf)

Rico de Alonso, A., Alonso, J. C., Rodríguez, A., Díaz, A., & Castillo, S. (2006). Las categorías de la investigación social. En *La investigación social: Diseños, componentes y experiencias* (pp. 23–27). Pontificia Universidad Javeriana.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., III, Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., . . . Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, *461*(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

Silva, J. J., & Mendoza, A. J. (2024). Estudio de factibilidad para la integración de energías renovables en la red eléctrica en el sector de Conocoto, Ontaneda Alta. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *5*(1), 16.

Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, *142*, 435–444.  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>

Trevisan, R., Ladu, M., Ghiani, E., & Balletto, G. (2024). Achieving net zero condominiums through energy community sharing. *Sustainability*, 16(5), 2076. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/5/2076>

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>

Walker, G., & Devine-Wright, P. (2008). Community renewable energy: What should it mean? *Energy Policy*, 36(2), 497–500. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.10.019>

World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

XM (Compañía de Expertos en Mercados S. A. E.S.P.). (2025, noviembre 21). *Informe de XM sobre las variables del mercado de energía en octubre de 2025*. <https://www.xm.com.co/noticias/8442-informe-de-xm-sobre-las-variables-del-mercado-de-energia-en-octubre-de-2025>

## **ANEXOS**

**Anexo A.** Matrices de Análisis (archivo Excel).

**Anexo B.** Transcripción de Entrevista Semiestructurada (archivo PDF).

**Anexo C.** Vídeo resumen del proyecto. Enlace: <https://youtu.be/JtezQb9UmLI>