

Caracterización energética del corregimiento la Hermosura del municipio de Bolívar
Santander, para una comunidad energética.

Amanda Catalina Niño Bonilla, Liyibeth Güiza Forero

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieras Electricistas

Director

Gabriel Ordóñez Plata

Doctor en Ingeniería Industrial, área Ingeniería Eléctrica

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en Tecnología

Diana María Villalobos Orduz

Ingeniera Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería eléctrica

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

A mi mamá, María Forero, por su inmenso amor y sacrificio, que han sido fundamentales para despejar el camino hacia este logro. A mi hermano Geimar por ser mi ejemplo en esfuerzo y dedicación, por apoyarme constantemente y acompañarme en todos los procesos de mi vida. A mi papá, quien ha sido mi maestro para forjar mi carácter, y a mi hermano Wilmar, a quien amo profundamente, siempre dispuesto a apoyarme y estar presente en todo momento.

Finalmente, a mí, por la perseverancia, la paciencia y la capacidad de aprender en cada etapa de este proceso. No ha sido fácil, pero haberlo culminado me llena de satisfacción y orgullo, tanto por el deber cumplido como por la mujer en la que me he convertido.

Liyibeth Güiza Forero

Para mi mamá, Milena Bonilla, por ser mi sustento y mi polo a tierra durante todos estos años, porque con su amor y paciencia me ha demostrado que todo esfuerzo tiene su recompensa, porque siempre me escuchó sin juzgarme y me protegió sin importar las consecuencias. Para Santiago Mosquera, porque con su amor me enseñó a amar, me ayudó a crecer, me hizo madurar y porque me brindó una familia cuando más la necesitaba. Para Paula Martínez, por ser mi ejemplo de resiliencia, por brindarme seguridad, y ser mi amistad más sincera e incondicional. Para Nami y Lola, mis compañeras más fieles y mi motivación para crecer. Por ellos soy la mujer en la que hoy me he convertido.

Amanda Catalina Niño Bonilla

Agradecimientos

A mis padres y hermanos, a Milena, Anyi, María Paula y Mariángel, mi familia, ese bastón inquebrantable donde el amor se convierte en refugio para encontrar soluciones a los obstáculos. Ustedes han sido y seguirán siendo el equilibrio en mi andar. A mi madrina Nemecia, quien, junto a su familia, me regaló un segundo hogar, un espacio donde siempre encuentro apoyo incondicional.

A la Universidad Industrial de Santander, mi alma mater, donde no solo recibí mi formación académica, sino que tejí lazos imborrables con personas que han dejado huella en mí. Gracias al profesor José Amaya, a Gladicita, al profesor Wilman y a mis directores de tesis, el profesor Gabriel Ordóñez y el profesor Óscar Quiroga, por su entrega y vocación. A los profesores que, con paciencia y dedicación, han sido guías, enseñándonos no solo las materias propias de esta carrera, sino también a comprender los matices del mundo profesional y personal. Quiero destacar la iniciativa del profesor Gabriel con el Semillero de Transición Energética, su creación me brindó el impulso y la claridad necesaria para desarrollar este trabajo de grado.

A mis amigos, quienes, lejos de mi familia, se convirtieron en un hogar donde hallé compañía, enseñanzas y apoyo. De ellos me llevo las mejores lecciones, aprendidas sin que ellos lo supieran, pero que quedarán para siempre en mí.

Y finalmente, a la vida, por darme a mi madre y tener la fortuna de que este conmigo, su presencia es el pilar que me sostiene y me ayuda a transitar todas las etapas de mi vida.

Liyibeth Güiza Forero

A mi familia, Milena y Santiago, por estar siempre para mí cuando más los necesitaba y por amarme con todos mis defectos. A mi tía Silvia Inés por brindarme su apoyo y amor incondicional y porque me ha demostrado que está bien ser quién. A Paito y a Lauri que me brindaron su amistad sincera, me abrieron las puertas de su casa y me hicieron sentir bien conmigo misma.

A mis profesores de la Universidad industrial de Santander, que me brindaron las herramientas para aprender y salir adelante, al profesor Gabriel Ordoñez que con su pasión y sabiduría me ha mostrado un mundo lleno de oportunidades, porque siempre ha confiado en mí y me ha hecho confiar en mis capacidades, al profesor Oscar Quiroga que con su entusiasmo y paciencia me ha demostrado lo linda que es esta carrera y al profesor Manuel Ortiz que con su ejemplo me brindó una guía de la profesional que quiero ser.

A mis amigos y compañeros que me acompañaron a lo largo de este viaje, a Johan por escucharme y aconsejarme, a Duván por apoyarme y animarme, a Aurelio porque me compartió sus conocimientos y siempre me hizo reír. A Diego Pérez por ser un increíble compañero en la universidad y un gran amigo en mi vida profesional.

Y por último quiero agradecerme, porque logré cumplir esta meta, aunque se presentaran dificultades y desánimos que quisieron aplacarme pero que con la ayuda de todas estas personas nunca desistí.

Amanda Catalina Niño Bonilla

Tabla de contenido

Introducción.....	1
1. Alcance y metas del trabajo de grado.....	2
1.1. Alcance del trabajo de grado.....	3
1.2. Objetivo general.....	3
1.3. Objetivos específicos	3
2. Marco referencial.....	4
2.1. Contexto general de la matriz energética nacional	4
2.2. Comunidades energéticas.....	6
2.3. Comunidades energéticas internacionales y nacionales.	6
3. Caracterización del corregimiento La Hermosura, Bolívar Santander.....	8
3.1. Ubicación	8
3.2. Sector social	8
3.3. Sector económico.....	9
3.4. Necesidades energéticas de la comunidad	10
4. Análisis de los recursos energéticos disponibles en la comunidad y análisis de la matriz DOFA	10
4.1. Selección del recurso más viable para generación eléctrica	11
4.2. Análisis DOFA	11
5. Análisis del sistema eléctrico diseñado	12

5.1. Análisis de la demanda	12
5.2. Fronteras comerciales	13
5.3. Interrupciones	13
5.4. Tarifas de energía.....	13
6. Alternativas planteadas para el suministro energético en el Corregimiento La Hermosura	14
6.1. Alternativa no. 1 - sistema AGC.....	14
6.2. Alternativa no.2 – sistema GDC	15
6.3. Alternativa seleccionada	15
6.4. Ubicación del sistema de generación.....	15
7. Dimensionamiento del sistema de generación.....	16
7.1. Método utilizado	16
7.2. Consumo diario de la región	17
7.3. Demanda	17
7.4. Cálculo de la energía total a generar.....	17
7.5. Componentes del sistema.....	18
7.6. Cálculo del número de paneles solares	19
7.7. Selección del inversor	19
7.8. Controladora de carga	20
7.9. Cálculo del banco de baterías	20

7.10. Ubicación del sistema	21
8. Análisis financiero de los sistemas fotovoltaicos	22
8.1. Estimación de gastos.....	22
8.2. Análisis del costo-beneficio.....	23
8.3. Alternativa seleccionada	23
9. Conclusiones y recomendaciones.....	23
9.1. Conclusiones	24
9.2. Recomendaciones	25
Referencias	27

Lista de tablas

Tabla 1. Componentes del costo unitario del \$/kWh.....	14
Tabla 2. Configuración de la conexión de los paneles de acuerdo con el inversor.	20
Tabla 3. Estimación de costos de los dimensionamientos DE AGC y GDC.....	22

Lista de Figuras

Figura 1. Matriz eléctrica nacional según PEN.....	5
Figura 2. Disposición espacial para los módulos solares	21

Lista de apéndices

Apéndice A. EOT_Acuerdo 001 Ene.17 de 2005 aprobación EOT. Bolívar Sder.

Apéndice B. Estructura JAC La Hermosura.

Apéndice C. Riesgo sísmico

Apéndice D. Necesidades energéticas de la comunidad

Apéndice E. Estudio de prefactibilidad

Apéndice F. Visita al corregimiento

Apéndice G. Análisis DOFA.

Apéndice H. Análisis de la demanda de energía eléctrica

Apéndice I. Alternativas para la generación de energía eléctrica.

Apéndice J. Alternativas para la ubicación del sistema de generación.

Apéndice K. Análisis de interrupciones.

Apéndice L. Modelo de organización de la comunidad energética.

Apéndice M. Fichas técnicas de los componentes del sistema de AGC.

Apéndice N. Fichas técnicas de los componentes del sistema de GDC.

Apéndice O. Dimensionamiento sistemas AGC y GDC.

Apéndice P. Análisis costo-beneficio.

Para su consulta, los apéndices se encuentran disponibles en un archivo de Google Drive en el siguiente link:

https://drive.google.com/drive/folders/1JdA9osWPGX5PTrMh3zp4PF5bxFSruOP?usp=drive_link

Glosario

Comunidad energética: Organización local donde individuos, empresas y autoridades colaboran en la producción, consumo y gestión de energía renovable para generar beneficios sociales, económicos y ambientales.

Combustibles fósiles: Recursos energéticos como el petróleo, el gas natural y el carbón, formados a partir de restos orgánicos que emiten dióxido de carbono al quemarse.

Transición energética: Proceso de cambio hacia un sistema energético sostenible mediante la reducción del uso de combustibles fósiles y la incorporación de energías renovables.

Fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER): Recursos energéticos sostenibles como la solar, eólica, biomasa y geotérmica, que tienen menor impacto ambiental que las fuentes tradicionales.

Sistema Interconectado Nacional (SIN): Red eléctrica que conecta las principales zonas del país para garantizar la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Zona No Interconectada (ZNI): Regiones del país que no están conectadas al Sistema Interconectado Nacional, donde el suministro de energía depende de sistemas aislados.

Autogeneración a Pequeña Escala (AGPE): Producción de energía eléctrica por parte de usuarios finales para satisfacer sus necesidades, con una capacidad menor a 1 MW.

Comisión de regulación de energía y gas (CREG): Entidad encargada de regular las actividades del sector energético y gasístico en Colombia, promoviendo eficiencia y competencia.

Democratización de la generación de energía: Proceso que permite a las comunidades y ciudadanos participar activamente en la generación y gestión de energía renovable.

Energía Renovable: Energía obtenida de recursos naturales inagotables como el sol, el viento, el agua y la biomasa.

Grupos electrógenos: Equipos que convierten energía mecánica en energía eléctrica mediante un motor alimentado generalmente por combustibles como diésel o gas.

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Gases como el dióxido de carbono y el metano que retienen el calor en la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global.

Resumen

Título: Caracterización energética del corregimiento la Hermosura del municipio de Bolívar Santander, para una comunidad energética.¹

Autoras: Güiza Forero Liyibeth, Niño Bonilla Amanda Catalina.²

Palabras Claves: Caracterización energética, Sistema fotovoltaico, Demanda energética, Comunidad energética.

Descripción:

La caracterización energética del corregimiento La Hermosura, Bolívar, Santander, se hace con miras en crear una comunidad energética. Esto implica la administración colectiva de generación, consumo y almacenamiento de energía renovable, promoviendo beneficios económicos, sociales y ambientales. Se evaluaron recursos energéticos como solar, hídrico y eólico, mediante herramientas georreferenciadas que analizaron factores climáticos, topográficos y ambientales. Además, se consideraron las actividades agrícolas, pecuarias y educativas predominantes en la región. Este diagnóstico, alineado con políticas nacionales como el Plan de Desarrollo 2022-2026, propone estrategias de transición energética, incluyendo el uso de fuentes renovables y tecnologías limpias. Se busca establecer un modelo energético eficiente y sostenible que mejore la calidad de vida de la comunidad, dinamice su economía y fomente el desarrollo local.

¹ Trabajo de grado.

² Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Gabriel Ordóñez Plata, Doctor en Ingeniería Industrial, área Ingeniería Eléctrica.

Abstract

Title: Energy Characterization of La Hermosura township in the municipality of Bolívar, Santander, for an Energy Community.³

Author(s): Güiza Forero Liyibeth, Niño Bonilla Amanda Catalina.⁴

Key words: Energy characterization, Photovoltaic System, Energy Demand, Energy Community.

Description:

The energy characterization of the la Hermosura district, Bolívar, Santander, aims to establish an energy community. this involves the collective management of renewable energy generation, consumption, and storage, promoting economic, social, and environmental benefits. energy resources such as solar, hydro, and wind were assessed using georeferenced tools that analyzed climatic, topographic, and environmental factors. additionally, the predominant agricultural, livestock, and educational activities in the region were considered. this diagnosis, aligned with national policies such as the 2022–2026 development plan, proposes energy transition strategies, including the use of renewable sources and clean technologies. the goal is to establish an efficient and sustainable energy model that improves the community's quality of life, boosts its economy, and fosters local development.

³ Degree Work

⁴ Faculty of Engineering Physicochemical, School of Electrical, Electronic and Telecommunication. Director: Gabriel Ordóñez Plata, Doctor's in Industrial Engineering, area Electrical Engineering.

Introducción

La caracterización energética del corregimiento de La Hermosura se centra en evaluar los recursos disponibles en la región, especialmente aquellos provenientes de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), como base para analizar la viabilidad de establecer una comunidad energética que beneficie a sus habitantes.

La comunidad enfrenta desafíos relacionados con su suministro eléctrico. Aunque recibe energía de la Electrificadora de Santander (ESSA), las interrupciones frecuentes por tormentas eléctricas y el deterioro de las líneas de transmisión afectan la continuidad del servicio, generando molestias y limitando el desarrollo de la región.

En Colombia, el 78% de la energía eléctrica proviene de hidroeléctricas (Asociación Colombiana de Productores de Energía., 2022) [2], una fuente considerada insostenible debido a las sequías ocasionadas por el cambio climático. Esto ha motivado la creación de políticas energéticas, como la Ley 1715 de 2014, la Ley 2099 de 2024, y resoluciones como la 075 de 2021 y la 101 003 de 2023 de la CREG. Estas normas promueven el uso de fuentes no convencionales de energía renovable, priorizando una transición hacia fuentes más limpias y confiables.

A nivel nacional, se observa una distribución energética donde solo el 48% del territorio colombiano está conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN), mientras el 52% restante comprende las Zonas No Interconectadas (ZNI). De estas, el 15% carece de acceso a energía, según el informe sectorial de Superservicios de 2021 [11]. Esto evidencia una necesidad de implementar soluciones sostenibles en comunidades del país que no tienen acceso al Sistema interconectado Nacional.

En el caso del corregimiento de La Hermosura, se realizaron varios pasos para abordar esta problemática. Inicialmente, se llevó a cabo un acercamiento con los habitantes para entender sus necesidades respecto al suministro de la energía en la región y sus perspectivas acerca de los costos de dicha energía. Posteriormente, se recolectaron datos de consumo energético mediante facturas, y se analizaron los recursos energéticos disponibles en la zona, como la radiación solar y otros factores locales.

A partir de este análisis, se diseñó una propuesta de prefactibilidad que identifica la solución energética más adecuada para la comunidad, enfocándose en garantizar un suministro estable y sostenible. Este proyecto no solo busca resolver la problemática actual en términos de suministro de energía en la región, sino también acercar a los habitantes a la transición energética.

Con esta iniciativa, se promueve la descentralización y democratización de la generación de energía, incentivando la participación activa de la comunidad. Esto permitirá construirse en un futuro como comunidad energética permitiendo que los habitantes se conviertan en gestores de su propio consumo, aprovechando los recursos naturales de manera eficiente y sostenible.

Los resultados esperados de este trabajo de grado buscan servir como modelo replicable para otras comunidades en ZNI, contribuyendo al desarrollo social, económico y educativo. De esta manera, se pretende fortalecer la sostenibilidad energética en el país y garantizar un acceso equitativo a este recurso esencial.

1. Alcance y metas del trabajo de grado

A continuación, se describe el alcance del trabajo de grado, detallando las acciones previstas para desarrollar la comunidad energética en La Hermosura.

1.1. Alcance del trabajo de grado

Este proyecto tiene como fin realizar un análisis detallado del potencial energético del corregimiento La Hermosura, evaluando los recursos renovables disponibles como la energía solar, eólica e hídrica. Se investigan las condiciones climáticas, geográficas y sociales que influyen en la implementación de una comunidad energética, permitiendo una planificación que atienda las necesidades de la población.

A través de un enfoque multidisciplinario, se identificó la factibilidad de un sistema energético sostenible, analizando la viabilidad técnica y económica de diversas soluciones energéticas, enfocadas en mejorar la confiabilidad del suministro de energía. El estudio también incluye la identificación de las problemáticas actuales relacionadas con el acceso a la energía, como las interrupciones frecuentes en el servicio y la dependencia del gas propano para uso doméstico.

De esta manera, el alcance del proyecto busca proporcionar un plan integral que oriente la creación de una comunidad energética, fomentando la participación local y fortaleciendo la resiliencia energética del corregimiento.

1.2. Objetivo general

Realizar la caracterización energética del corregimiento La Hermosura con el fin de evaluar la creación de una comunidad energética.

1.3. Objetivos específicos

- Efectuar una valoración del estado energético de la comunidad, donde se identifiquen los principales usos de la energía en el corregimiento, así como la estimación del consumo energético.

- Identificar los recursos energéticos disponibles en el corregimiento de La Hermosura, mediante fuentes de energía renovables, como la solar, eólica, hidráulica etc.
- Identificar las oportunidades de desarrollo socioeconómico que podría generar la creación de una comunidad energética haciendo uso de un análisis DOFA.
- Evaluar la viabilidad técnica de la creación de una posible comunidad energética en el corregimiento de La Hermosura. Esto incluye la evaluación de la capacidad de las fuentes de energía renovables para satisfacer la demanda energética del corregimiento.

2. Marco referencial

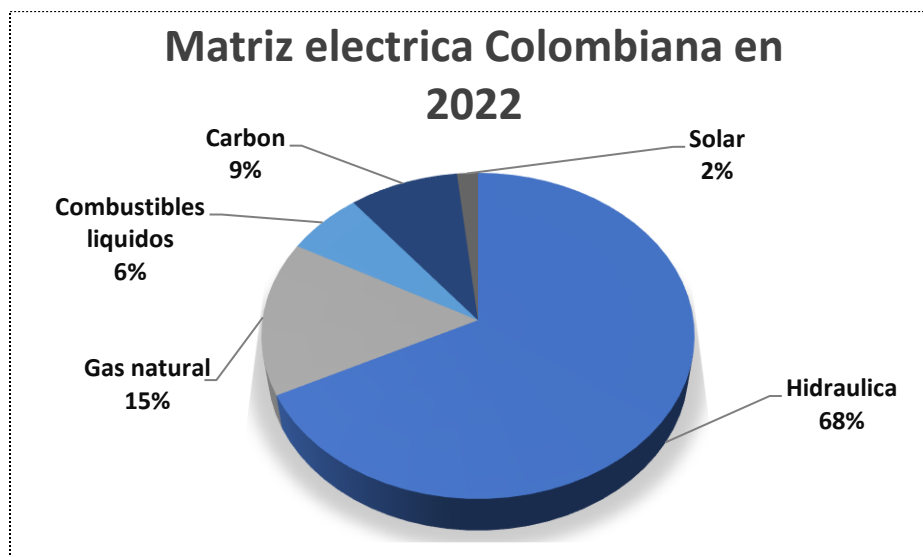
Se investiga sobre la matriz energética nacional, experiencias de comunidades energéticas, nacionales e internacionales para fundamentar la propuesta de solución a la problemática energética del corregimiento La Hermosura.

2.1.Contexto general de la matriz energética nacional

Según el Plan Nacional de energía 2022 – 2052 (PEN) la matriz energética está compuesta por aproximadamente el 77% de la oferta primaria de energía, predominando el petróleo, gas natural y carbón. En cuanto a la generación eléctrica, el 67,1% proviene de fuentes hidráulicas, mientras que las fuentes renovables no convencionales, como solar y eólica, tienen una participación marginal, con el 1,7% y el 0,8%, respectivamente. (UPME, 2024) [12].

Figura 1.

Matriz eléctrica nacional según PEN



El déficit en el Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles ha afectado varios sectores, incluido el energético, especialmente en las ZNI, que dependen de grupos electrógenos alimentados por diésel. Esta situación refleja la necesidad urgente de diversificar las fuentes energéticas en el país, dado que el precio del diésel continúa fluctuando debido a su relación con el mercado internacional.

Además, se ha registrado una disminución en la generación interna de gas natural, lo que ha generado un aumento en las importaciones de Gas Natural Licuado (GNL) (Asociación Colombiana de Gas Natural, 2024), afectando la generación térmica en el país. Aunque la energía hidroeléctrica sigue siendo la principal fuente de electricidad en Colombia, su capacidad de generación se ha visto limitada por el fenómeno del Niño (Findeter, 2024), lo que resalta la vulnerabilidad del sistema ante eventos climáticos extremos. [6]

En los primeros meses de 2024, en la generación eléctrica colombiana ha sobresalido el uso de fuentes renovables, con la hidráulica aportando el 91,63 % en el mes de marzo contribuyendo con 128,03 GWh-día, aunque registró una caída del 10,85 % respecto a febrero. Paralelamente, las fuentes no renovables tuvieron un incremento del 27,09 %, destacando el aumento en la generación con gas importado (57,92 %) y líquidos (449,91 %). La disminución en los aportes hídricos debido al fenómeno de El Niño ha impulsado el uso de combustibles fósiles para mantener el suministro energético (XM, 2024). [13]

2.2.Comunidades energéticas

La directiva (UE) 2019/944 define a las comunidades energéticas como entidades jurídicas donde miembros de una comunidad, pequeñas empresas, autoridades locales y otros actores colaboran en la producción, consumo, gestión y almacenamiento de energía renovable. [4] Su objetivo es generar beneficios sociales, económicos y ambientales para la comunidad. En Colombia, las comunidades energéticas están reguladas por el Decreto 2236 de 2023, permitiendo la autogeneración de energía y su distribución mediante Generación Distribuida Colectiva (GDC), conectándose a redes locales. [3]

Para constituirse formalmente, las siguientes deben cumplir con los requisitos del Ministerio de Minas y Energía y la regulación de la CREG. [7]

2.3.Comunidades energéticas internacionales y nacionales.

A nivel internacional, En Europa, la Directiva (UE) 2018/2001, reconoce a los ciudadanos y comunidades como actores clave en el sistema energético. Esto se consolidó con la Directiva (UE) 2019/944, la cual regula las Comunidades Energéticas Locales (CEL) e introduce las figuras jurídicas de las "comunidades ciudadanas de energía" y las

"comunidades de energía renovable", permitiendo así que estas comunidades desempeñen un rol activo y operativo en el sector energético. [5]

En América Latina se destacan proyectos como RevoluSolar implementada en la favela Babilônia, en Río de Janeiro, Brasil y Comuna Energética de Licantén en Chile desarrollado en el contexto de la Ley de Eficiencia Energética Ley 21.305 del 2021 y la Política Energética Nacional 2050, para alcanzar el objetivo de carbono-neutralidad al año 2050. Estos proyectos, buscan impulsar la generación descentralizada, el autoconsumo colectivo y la sostenibilidad, alineándose con objetivos climáticos y sociales para enfrentar los desafíos energéticos globales.

En la vereda Buenavista Alto Redondo, ubicada en el municipio de Paratebueno, Cundinamarca, Enel Colombia implementó una comunidad energética que marca un hito en la región. Este modelo beneficia a 21 familias y una institución educativa mediante un sistema autónomo de generación basado en energía solar. La iniciativa contribuye al bienestar de cerca de 80 personas. El proyecto incluye la instalación de 72 paneles solares, que permiten el acceso a energía renovable y reducen la dependencia de fuentes convencionales. Además, los habitantes han recibido formación técnica, en colaboración con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), para gestionar de manera autónoma esta solución energética.

Otro caso es la comunidad del Canutal, en el departamento de Cesar. Este proyecto beneficia a 54 familias organizadas en un esquema asociativo, produciendo 297 kWh diarios para satisfacer las necesidades de la población. Su enfoque se centra en garantizar un suministro energético confiable y promover el desarrollo productivo local.

3. Caracterización del corregimiento La Hermosura, Bolívar Santander

La caracterización del corregimiento se realiza para entender las condiciones en las que se encuentra el corregimiento, siendo el punto de partida para identificar recursos energéticos disponibles y evaluar las necesidades de la comunidad. De esta forma poder diseñar soluciones energéticas adecuadas a la zona de estudio.

3.1.Ubicación

La Hermosura está bajo la jurisdicción del municipio de Bolívar Santander y está en medio de la vía alterna que desde Bolívar conduce al Municipio de Landázuri Bolívar, se localiza al suroccidente del departamento de Santander y hace parte de la provincia de Vélez.

Las vías de acceso al centro poblado están sin pavimentar. Las rutas, que unen el corregimiento desde el municipio de Bolívar desde el sector Polvero, Berbeo y La Hermosura junto con la que comunica a San Martín hasta la estación de bombeo Santa Rosa presentan un estado aceptable de conservación debido a los arreglos que suministra la alcaldía municipal y la estación de bombeo Santa Rosa. Desde la cabecera municipal hasta el corregimiento existen alrededor de 15 kilómetros durante aproximadamente 40 minutos.

La vía principal desde Bolívar hasta la estación Santa Rosa pasando por La Hermosura está relativamente en constante mantenimiento debido a que la estación provee arreglos a la vía como acuerdo con la comunidad dado que para llegar a la estación se hace obligatorio tomar esta ruta.

3.2.Sector social

La Hermosura es un corregimiento compuesto por 56 viviendas y aproximadamente 200 personas. Aunque cuenta con un sistema de acueducto, el agua no es potable. La cocción de

alimentos se realiza con cilindros de gas licuado propano o leña, lo que afecta la economía local debido al aumento del precio del gas, y ha generado problemas de salud, como enfermedades respiratorias por la exposición al humo.

A pesar de tener un sistema de alcantarillado, no dispone de una planta de tratamiento de aguas residuales. Además, la comunidad enfrenta dificultades de comunicación por la falta de cobertura telefónica e internet. En caso de emergencias médicas, los habitantes deben trasladarse al municipio de Bolívar que presta auxilios básicos lo que toma alrededor de 40 minutos en vehículo, para más atención está el hospital local de Vélez a 1 hora y 15 minutos en vehículo.

El corregimiento cuenta con un colegio de básica primaria y secundaria con énfasis agropecuario, y cuatro sedes de primaria en diferentes veredas. Dispone de servicio de energía eléctrica, donde los habitantes reciben subsidios del gobierno que financian casi el 50% de la factura.

3.3.Sector económico

El corregimiento de la hermosura es una zona rural, que se dedica principalmente a actividades agrícolas y pecuarias. En la parte agrícola los habitantes cultivan frutas como la gulupa, el tomate de guiso, la mora y el lulo. También producen y venden productos lácteos como la cuajada, el queso y la leche, así como otros negocios locales como tiendas, misceláneas, carpintería, panadería y peluquería. La parte pecuaria, se destaca la cría de ganado, cerdos y gallinas, siendo estos los principales medios para la subsistencia de las familias.

Alrededor de 9 km del centro poblado se encuentra Cenit estación Santa Rosa, una planta de bombeo que pertenece al poliducto de oriente. Algunos habitantes del corregimiento trabajan en esta planta, aunque han tenido problemas con la contratación.

Para fortalecer la economía local, los habitantes, liderados por el comité de deportes, organizan un campeonato de Fútbol. Este evento promueve la actividad física y contribuye a recaudar fondos para el beneficio general del corregimiento.

3.4. Necesidades energéticas de la comunidad

El corregimiento de La Hermosura cuenta con varias necesidades energéticas por abarcar, siendo el suministro de energía eléctrica la principal necesidad, pues como se ha mencionado anteriormente las interrupciones de la red por tormentas eléctricas afectan las actividades cotidianas que se desarrollan en el corregimiento. De igual forma, el suministro de gas es otro aspecto a resaltar pues la utilización de leña para la cocción de alimentos ha afectado la salud de los habitantes. También se resalta una problemática en el sistema de telecomunicaciones pues ha afectado el desarrollo educativo, social y político del territorio. Estos temas se tratan con mayor profundidad en el *Apéndice D*.

4. Análisis de los recursos energéticos disponibles en la comunidad y análisis de la matriz DOFA

En este capítulo se analizan la disponibilidad del recurso solar, hidráulico, eólico y de biomasa, integrando datos como temperatura, nubosidad y precipitaciones. Este análisis, basado en información de fuentes como la Power Data Access Viewer (NASA, 2023), PVGIS (PVGIS, 2023), y el Atlas Solar de Colombia proporcionado por la UPME (UPME, ATLAS VELOCIDAD DEL VIENTO DE COLOMBIA, 2023). Se utilizaron estas herramientas para recopilar datos de radiación solar y eólico en el corregimiento La Hermosura durante el

período comprendido entre 2018 y 2022. Lo anterior para determinar cuál de estos recursos predomina en la región. A partir de esta evaluación, se define el recurso más viable para implementar un sistema de generación eléctrica. Los detalles ampliados del estudio se encuentran en el *Apéndice E*, donde se sustenta el proceso de selección y su justificación técnica.

4.1. Selección del recurso más viable para generación eléctrica

Tras analizar las fuentes de energía disponibles en el corregimiento La Hermosura, la energía solar fotovoltaica se identificó como la opción más viable para la generación eléctrica. Esta decisión se fundamenta en la irradiación solar promedio de la región. Además, la instalación de paneles solares resulta relativamente sencilla y requiere menos infraestructura y mantenimiento en comparación con otras alternativas energéticas.

4.2. Análisis DOFA

El análisis DOFA realizado como parte del proyecto tiene como propósito evaluar los factores internos y externos que impactan el desarrollo de una solución energética en la región. Este análisis permite determinar qué recurso energético predomina en el área y cómo este puede ser aprovechado para la generación de electricidad, considerando las necesidades de la comunidad y las condiciones locales.

La metodología utilizada clasifica los elementos en fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, y genera estrategias para maximizar el impacto positivo de los factores internos y externos. Entre las fortalezas destacadas se encuentran la irradiación solar promedio, el marco normativo favorable y la cohesión comunitaria, mientras que entre las oportunidades resalta el acceso a subsidios y créditos verdes, así como el potencial para mejorar la

infraestructura y diversificar la economía local. Por otro lado, las debilidades incluyen la limitada cobertura de telecomunicaciones y gas natural, además de la baja capacitación técnica en energías renovables. Las amenazas abarcan factores climáticos, financieros y sociales que podrían dificultar la implementación del proyecto.

La matriz DOFA y las estrategias diseñadas en base a este análisis se presentan en detalle en el *Apéndice G* del proyecto, junto con las observaciones y conclusiones específicas obtenidas.

5. Análisis del sistema eléctrico diseñado

Para entender el comportamiento energético en cuanto al servicio de energía eléctrica, se identifican limitaciones en la prestación del servicio de esta manera poder proponer soluciones que optimicen el funcionamiento del servicio se evalúa la capacidad actual de la red, los factores que afectan su estabilidad y las condiciones económicas relacionadas, proporcionando una base para diseñar estrategias que mejoren la calidad y sostenibilidad del suministro eléctrico.

5.1. Análisis de la demanda

Se determina la potencia diaria consumida por la comunidad, utilizando métodos como aforos, análisis de recibos de energía y curvas de demanda establecidas por la norma ESSA, para dimensionar el sistema fotovoltaico (SFV) propuesto, asegurando que pueda satisfacer la demanda energética de la comunidad.

Las facturas recolectadas fueron de, 8 usuarios de estrato 1, 15 usuarios de estrato 2 y dos locales comerciales. El cálculo del consumo total de energía se obtiene a partir de la suma del consumo promedio de todos los usuarios de acuerdo con su naturaleza y estrato. Este análisis se encuentra detallado en el *Apéndice H* del proyecto.

5.2.Fronteras comerciales

En el numeral 5 del *Apéndice E* se encuentra el diagrama unifilar de la red que alimenta al corregimiento de La Hermosura, su frontera comercial es el transformador 0182553 de 45 kVA pertenece al circuito 90502 proveniente de la subestación 90 Vélez y cuenta con disponibilidad del operador de red (ESSA) para realizar la conexión de un autogenerador a pequeña escala.

5.3.Interrupciones

Para analizar las interrupciones del servicio de energía eléctrica en el corregimiento de La Hermosura, es fundamental comprender los indicadores DIU y FIU, que miden la calidad del suministro eléctrico. Estos indicadores definen el tiempo de autonomía que necesitaría la solución del sistema de generación que implemente baterías. Estos datos se analizarán en detalle en el *Apéndice K*.

5.4.Tarifas de energía

Actualmente el operador maneja un costo de tarifas para cada uno de los agentes involucrados, dando como costo unitario del kWh en 920,12 \$COP.

Los valores detallados de las tarifas de energía eléctrica, desglosados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Componentes del costo unitario del \$/kWh.

Componente	Costo unitario [Pesos]
Generación (G)	366,81 \$
Transmisión (T)	54,32 \$
Distribución (D)	280,99 \$
Comercialización (C)	128,22 \$
Perdidas (P)	78,61 \$
Restricciones (R)	11,17 \$

6. Alternativas planteadas para el suministro energético en el Corregimiento La Hermosura

El análisis de las alternativas de generación eléctrica que se proponen permite identificar la opción que más le conviene a la comunidad según las condiciones específicas de la región. Se plantean dos alternativas para mejorar el suministro eléctrico en La Hermosura: La primera consiste en un sistema de AGC solar fotovoltaica conectado a la red y sin almacenamiento y la segunda consiste en un GDC en una microrred solar fotovoltaica conectada a la red con almacenamiento. Este análisis se amplía en el *Apéndice I*.

6.1. Alternativa no. 1 - sistema AGC

La generación solar fotovoltaica en un Sistema de AGC produce electricidad conectándose directamente a la red eléctrica, sin incorporar almacenamiento. Este sistema utiliza la irradiación solar disponible para generar energía en tiempo real, inyectando los excedentes a la red durante picos de producción y consumiendo de ella en momentos de menor generación o mayor demanda.

6.2. Alternativa no.2 – sistema GDC

La generación solar fotovoltaica en un Sistema GDC basado en producir electricidad a través de un sistema fotovoltaico integrado a una microrred local combina generación y almacenamiento, permitiendo el uso directo de la energía producida, el suministro de excedentes a la red y el respaldo en caso de interrupciones en un tiempo de autonomía determinado.

6.3. Alternativa seleccionada

Se seleccionó la Alternativa No. 2, debido a la necesidad de garantizar un suministro continuo de energía, incluso en los momentos de interrupción del servicio. Aunque el sistema solar fotovoltaico puede generar energía durante el día, sin el almacenamiento, los residentes continuarían enfrentando la misma problemática de falta de energía cuando no haya radiación solar o haya fallas en la red. Las baterías proporcionarán autonomía durante estos períodos, asegurando que la comunidad tenga acceso a energía durante cortes prolongados. Esta opción fue elegida en base a los criterios de selección presentados en el cuadro comparativo de alternativas en el *Apéndice I*.

6.4. Ubicación del sistema de generación

El sistema de generación se ubicará en el techo de la iglesia católica del corregimiento La Hermosura, tras evaluar tres opciones: el techo del polideportivo central, el de la escuela primaria del Colegio Agropecuario Silvano Velasco y el de la iglesia católica. Se eligió esta última como la mejor opción, según los criterios detallados en el *Apéndice J*. Esta decisión se basó en una evaluación de ventajas y desventajas, considerando factores como la

proximidad al transformador, la buena condición estructural del techo, la ausencia de sombras y la baja frecuencia de actividades en el lugar.

Aunque el costo inicial es mayor debido a la inclusión de baterías, estas resultan esenciales para garantizar autonomía durante los cortes de energía, ofreciendo un respaldo hasta que se restablezca el suministro eléctrico. Lo que permite a la comunidad evitar pérdidas económicas asociadas a interrupciones, mejorar la calidad de vida al asegurar continuidad en sus actividades cotidianas y optimizar el uso energético, lo que acelera el retorno de la inversión. Los detalles de esta evaluación se encuentran en el *Apéndice P*.

7. Dimensionamiento del sistema de generación

El dimensionamiento del SFV se lleva a cabo para establecer la capacidad instalada requerida que permita cubrir la demanda energética de la comunidad del corregimiento.

En esta investigación se realizó el dimensionamiento de dos sistemas de generación fotovoltaica propuestos para garantizar un análisis técnico completo. Los detalles específicos de los cálculos y configuraciones de cada sistema se encuentran documentados en el *Apéndice O*, donde se analiza la capacidad de los sistemas para satisfacer las necesidades energéticas de la comunidad. A continuación, se expone el dimensionamiento de la alternativa seleccionada como solución que corresponde al sistema fotovoltaico con almacenamiento denominado como GDC.

7.1.Método utilizado

Para dimensionar el sistema de generación que se propone implementar se utilizó el método de amperios-hora, técnica utilizada para SFV aislados, con este método se evalúa la necesidad energética en términos de generación solar y almacenamiento. Se centra en

calcular la energía requerida por el sistema de acuerdo con la corriente (amperio-hora), considerando el voltaje del banco de baterías y en el tiempo de autonomía de estas.

Este dimensionamiento utiliza las condiciones más críticas de irradiancia con el objetivo de suplir la demanda energética en los periodos más desfavorables durante el año.

7.2. Consumo diario de la región

El consumo diario del corregimiento es de 86,220 [kWh], la planta busca cubrir el 70% de este consumo, lo que equivale a 60,340 [kWh], sin embargo, es importante considerar la eficiencia del sistema fotovoltaico (77%), por lo que el sistema tendría que abastecer un consumo de energía diario final de 77,841 [kWh].

7.3. Demanda

El sistema de generación fotovoltaica propuesto para el corregimiento La Hermosura debe satisfacer la demanda energética mensual proyectada de 2335,23 [kWh], correspondiente a las necesidades de los 56 usuarios. Esto equivale a un consumo diario promedio de 77,841 [kWh], distribuido de manera variable a lo largo del mes.

7.4. Cálculo de la energía total a generar

El diseño del sistema busca garantizar un suministro continuo, ajustado a las características de consumo de la comunidad. Para ello, se considera la generación limitada por las horas de irradiancia solar (3,74 HSP) y las condiciones climáticas locales, junto con el área disponible para la instalación de los paneles.

Para calcular la energía total que debe generar el sistema, se parte del consumo que se desea cubrir, 60,340 [kWh/día], considerando, además, la eficiencia global del sistema (77%) con esto, se calcula la energía real que debe generar el sistema para cubrir tanto el

consumo ($77,841 [Wh/día]$), como las pérdidas que se generan por suciedad en los paneles, cableado en los circuitos DC y AC e inclusive pérdidas en arranque de energía ocasionadas por días de alta nubosidad, es decir que la entrada de energía está muy por debajo de la capacidad nominal del inversor. Finalmente, para conocer la potencia necesaria de generación se divide esta energía entre las HSP, dando como resultado que el sistema necesitará generar por hora una potencia de 20,813 kW.

El cálculo de la energía total requerida para el sistema ($77,841 [kWh/día]$) refleja un incremento del 29% sobre el consumo deseado ($60,340 [kWh/día]$), evidenciando la relevancia de considerar las pérdidas en todo el sistema. Estas pérdidas, atribuidas a factores como suciedad en los paneles, resistencia en el cableado y condiciones adversas, afectan significativamente la eficiencia del sistema (77%). El cálculo de la potencia necesaria (20,813 kW) por hora, basado en la HSP (3,74), confirman que los parámetros de diseño deben de garantizar no solo el suministro contante de energía, sino también una resiliencia adecuada frente a las variables externas. Este análisis destaca la importancia de realizar mantenimientos preventivos regulares, dimensionar adecuadamente los componentes y considerar la variabilidad climática para maximizar el aprovechamiento del sistema fotovoltaico.

7.5. Componentes del sistema

En los *Apéndices M* y *N* se detallan ficha técnica de los paneles solares, inversores y baterías, indispensables para el sistema. Los componentes del sistema incluyen **paneles solares** con una potencia nominal de 625 [Wp], un **inversor** con potencia nominal de 20 [kW]; este inversor tiene integrado una **controladora de carga MPPT** con eficiencia del 99% para la conexión de baterías. Finalmente, las **baterías** seleccionadas son de litio, con

una capacidad nominal de 100 [Ah], y profundidad de descarga (DoD) del 90%, sin embargo, se seleccionó un DoD del 50% para prevalecer el tiempo de vida de la batería. La eficiencia del sistema es del 77%, y las pérdidas generales del sistema son del 13%.

7.6.Cálculo del número de paneles solares

Este cálculo se realiza primero sobredimensionando un 18% la potencia de generación necesaria del sistema, para asegurar el sistema en cuestión de las pérdidas mencionadas anteriormente, dando como resultado una potencia real de 24,560 kW; este valor se divide entre la potencia del panel seleccionado (625 W), señalando un total de 40 paneles para abastecer la demanda que se desea cubrir.

7.7.Selección del inversor

Es importante que el inversor sea de menor potencia que la generada por los paneles, de esta forma se asegura que los paneles proporcionen la energía suficiente inclusive en esos días donde el clima presenta intensa nubosidad y no es posible generar los 25 kW esperados de los paneles.

El inversor seleccionado es de 20 kW, valor adecuado para no sobre pasar el 50% de la capacidad del transformador (22,5 kVA). Con las especificaciones técnicas se conoce el número de paneles en serie que se pueden conectar a cada MPPT. Este cálculo se puede visualizar en el numeral 4 del *Apéndice O*. En la Tabla 2 se expone la configuración utilizada para la ubicación de los paneles.

Tabla 2.

Configuración de la conexión de los paneles de acuerdo con el inversor.

CONFIGURACIÓN STRING/PANEL

MPPT	STRING	# PANELES
1	1	10
1	2	10
2	1	10
2	2	10
TOTAL, DE PANELES		40

7.8. Controladora de carga

Como se mencionó anteriormente este componente se encuentra integrado al inversor y su selección se realiza de acuerdo con las tensiones y corriente máximas resultante de la configuración mencionada en la Tabla 2 para los paneles. En las especificaciones técnicas del *Apéndice P* se puede visualizar que la controladora tiene un rango de voltaje de entre 160 y 500 [V] y una corriente máxima de 50 [A]. En la configuración utilizada el voltaje total por string es de 416 V y la corriente total por string en de 30 A.

7.9. Cálculo del banco de baterías

Las baterías almacenan el excedente de energía generado durante el día para ser usado cuando ocurran interrupciones en el suministro eléctrico.

La energía total requerida de las baterías se calcula de acuerdo con la demanda del sistema (86,22 kW) y a la autonomía que se desee implementar, en este caso serán 6 horas de autonomía, dando como resultado una energía necesaria en las baterías de 21,555 [kWh].

La capacidad requerida por la batería es definida por la eficiencia (100%), la profundidad de descarga (50%) y el voltaje nominal del banco de baterías en serie (204,8 V porque se

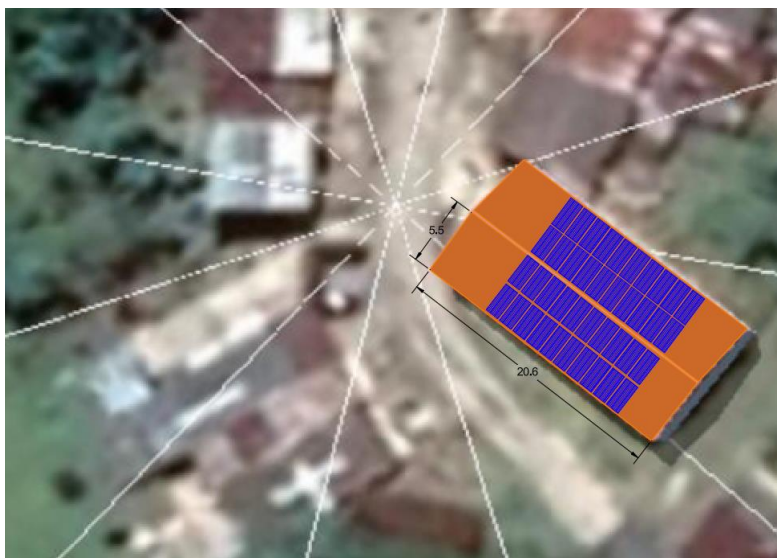
usarán 4 baterías en serie), dando como resultado una capacidad de 210,49 [Ah]. De acuerdo con esto y conociendo la capacidad en corriente por módulo (100 A) es posible conocer el número de baterías en paralelo que se pueden conectar a la controladora de carga, que coincide con las exigidas en la ficha técnica del inversor, es decir, 2 paralelos.

7.10.Ubicación del sistema

La ubicación del sistema se encuentra en las coordenadas $6,12^{\circ}[\text{N}]$ y $-73,79^{\circ}[\text{W}]$, características de la región. En este lugar, la irradiación solar promedio del peor mes es de $3,74 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$, con 3,74 Horas Solar Pico (HSP). La cubierta destinada para la instalación cuenta con un área total de $205,35 \text{ [m}^2\text{]}$. De esta superficie, se ocupan $107,58 \text{ [m}^2\text{]}$ para la instalación de los paneles solares, lo que deja un espacio libre de $97,77 \text{ [m}^2\text{]}$. La disposición espacial para los módulos se puede observar en la Figura 2.

Figura 2

Disposición espacial para los módulos solares



8. Análisis financiero de los sistemas fotovoltaicos

El análisis financiero de un proyecto permite visualizar la viabilidad económica del mismo, este análisis se realiza con el objetivo de visualizar el costo de los dos dimensionamientos propuestos y analizar el comportamiento del retorno de la inversión de cada uno. Este análisis se detalla en el *Apéndice P* y nos muestra que el sistema de AGC tiene un costo de \$128 750 000,00 COP y su retorno de inversión es de 6,3 años mientras que el sistema de GDC tiene un valor de \$209 250 000,00 COP, siendo un proyecto más costoso por el uso de baterías, pero con un retorno de inversión de 3,7 años. Esto se debe a que cuenta con un periodo de recuperación de la inversión de tan solo dos años mayor al del primer sistema. Es decir, que la recuperación del sistema seleccionado es de 5,3 años, mientras que el sistema AGC es de 3,3 años, un valor muy corto comparado con la inversión inicial, permitiendo una alta rentabilidad.

8.1. Estimación de gastos

La estimación de los gastos hace referencia a los componentes que conforman el proyecto para que se pueda realizar y mantener a lo largo de su vida útil, estos datos se aprecian detalladamente en el título Retorno de Inversión del *Apéndice P*, en donde se puede visualizar los componentes que hacen parte de cada proyecto. Dicha estimación se muestra en la Tabla 3 de forma resumida.

Tabla 3

Estimación de costos de los dimensionamientos AGC y GDC.

SISTEMA DE AGC		SISTEMA DE GDC	
CAPEX	\$111 772 056,00	CAPEX	\$173 482 056,00
OPEX	\$ 16 500 000,00	OPEX	\$ 35 750 000,00
Total	\$128 750 000,00	Total	\$209 250 000,00
ROI	6,3 años	ROI	3,7 años

Como se puede apreciar en la tabla el ROI del sistema GDC seleccionado tarda menos en retornar su inversión, ofreciendo no solo beneficios económicos sino también beneficios significativos durante la mayor parte de su vida útil, convirtiéndolo en una inversión sólida y sostenible para la comunidad, especialmente en nuestro caso que buscamos maximizar los ahorros pues la comunidad estará protegida de posibles aumentos en las tarifas de energía y tendrá autonomía energética a largo plazo.

8.2. Análisis del costo-beneficio

Para comprender este análisis es importante tener en cuenta el consumo de los usuarios, considerar las tarifas de energía que maneja la electrificadora, así como tener presente el descuento que se le otorga a los usuarios por el subsidio de subsistencia. Además, de considerar la generación de energía mensual que proporciona el sistema fotovoltaico y el consumo que se piensa cubrir con este sistema. Toda esta información se encuentra detallada en el *Apéndice P*.

8.3. Alternativa seleccionada

La alternativa que se seleccionó para el presente proyecto fue la N°2, es decir, el sistema fotovoltaico GDC con almacenamiento, esto debido a que buscamos solucionar la problemática que tiene el corregimiento en cuanto a las interrupciones de energía. Aunque este proyecto es más costoso y el plazo de su retorno es mayor, consideramos que es el adecuado para brindarle un desarrollo social y económico al corregimiento.

9. Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se presentan las conclusiones y se plantean recomendaciones que garantizan sostenibilidad en el sistema eléctrico diseñado en este trabajo de grado.

9.1. Conclusiones

El dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos AGC y GDC para el corregimiento de La Hermosura se fundamenta en un análisis detallado de los requerimientos energéticos y las características técnicas del equipamiento seleccionado. Se estableció una configuración que asegura un suministro eficiente y confiable mediante la instalación de 40 paneles solares y un banco de baterías con capacidad suficiente para garantizar la autonomía del sistema en situaciones críticas. Este diseño no solo optimiza el uso de recursos disponibles, sino que también cumple con normativas y parámetros técnicos, garantizando la sostenibilidad y operatividad del sistema en el contexto local.

El dimensionamiento del sistema GDC con Capacidad de Almacenamiento para el corregimiento La Hermosura resalta como una solución eficiente y sostenible al incluir baterías que garantizan la autonomía energética durante interrupciones. Este sistema permite cubrir un 70% de la demanda energética del corregimiento con capacidad de almacenamiento suficiente, logrando un ahorro anual significativo de \$209 250 000,00 COP. Aunque el costo inicial del proyecto es mayor en comparación con sistemas AGC su retorno se refleja rápidamente, el dimensionamiento del GDC asegura una mayor resiliencia y flexibilidad frente a fluctuaciones en la red eléctrica, representando una inversión estratégica a largo plazo.

Para garantizar la sostenibilidad de los proyectos de comunidades energéticas, es importante la implementación de políticas que promuevan iniciativas enfocadas en la energización comunitaria, abarcando las áreas conectadas a la red como las aisladas. Estas políticas deben enfocarse en integrar activamente a la comunidad, dado que su participación

garantiza el compromiso colectivo y la gestión de los recursos energéticos, asegurando la permanencia de las soluciones planteadas.

En La Hermosura, persisten problemas de baja confiabilidad en la red eléctrica y poca capacitación técnica para llevar a cabo un proyecto de energías renovables. Si bien estas limitaciones representan desafíos, la caracterización energética del corregimiento ha permitido identificar recursos disponibles y oportunidades que, junto con el marco normativo existente, establecen las bases para mejorar el suministro eléctrico mitigando impactos sociales y económicos, sirviendo como modelo para comunidades con características similares.

9.2.Recomendaciones

La caracterización energética realizada abre la posibilidad de abordar problemáticas y promover soluciones en el desarrollo local. Uno de los temas prioritarios es el acceso al agua potable. A través de sistemas impulsados por energía solar, se podrían instalar plantas de tratamiento y bombeo que optimicen el suministro del acueducto, garantizando agua limpia y segura para la comunidad.

Asimismo, la existencia de ASOGAHER, la asociación de ganaderos de La Hermosura representa una oportunidad estratégica para el crecimiento económico de la región. Utilizando la energía solar como base, se podrían implementar una secadora de frutos secos o una planta pasteurizadora, permitiendo la diversificación de actividades económicas en torno a los productos agrícolas y ganaderos locales. Iniciativas que incrementarían el valor agregado de los productos, fortaleciendo el mercado local y abriendo oportunidades de comercialización.

Con el sistema eléctrico reforzado, sería factible instalar cámaras de refrigeración para almacenar cosechas como gulupa y tomate de guiso, prolongando la vida útil y reduciendo las pérdidas postcosecha. De igual forma, plantas de procesamiento para transformar los productos en derivados como pulpas, salsas o jugos, promoviendo el desarrollo agroindustrial.

Referencias

- [1] Asociación Colombiana de Gas Natural. (2024, Diciembre 23). *NATURGAS*. Gas natural en Colombia: cifras 2024: <https://naturgas.com.co/gas-natural-en-colombia-cifras-2024/>
- [2] Asociación Colombiana de Productores de Energía. (2022). *Informe sobre la generación de energía en Colombia*. ACPE.
- [3] Decreto 2236. (2023, Diciembre 22). [Presidente De La Republica De Colombia]. *Decreto Por el cual se adiciona al Decreto 1073 de 2015 con el fin de reglamentar parcialmente el artículo 235 de la Ley 2294 de 2023 del Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026 en lo relacionado con las Comunidades Energéticas en el marco de la Transición Energética Justa en Colombia*, Colombia: EVA Gestor Normativo.
- [4] Directiva 2001. (2019, Diciembre 11). [Parlamenteo Europeo y Del consejo]. *Directiva relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables*. Colombia: EUR-Lex.
- [5] Directiva 944. (2019, Junio 5). [Parlamento Europeo y del Consejo]. *Directiva sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE*. EUR-Lex.
- [6] Findeter. (2024). *Las Empresas De Energia Frente Al Fenomeno Del Niño*. Ministerio de Hacienda. ; Colombia.
- [7] Ley 1715. (2014, Mayo 13). [Congreso de Colombia] Ley ordinaria. *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. EVA Gestor Normativo. Sistema Unico De Informacion

Normativa:

[https://www.suin-](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1687143)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1687143](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1687143)

- [8] Ley 2099. (2021, Julio 10). [Congreso de la Republica de Colombia]. *Decreto POR MEDIO DE LA CUAL SE DICTAN DISPOSICIONES PARA LA TRANSICION ENERGETICA, LA DINAMIZACION DEL MERCADO ENERGETICO, LA REACTIVACION ECONOMICA DEL PAIS Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES*. Colombia: EVA Gestor Normativo.
- [9] Resolucion 174. (2021, Octubre 7). [Comision de Regulacion de Energia y Gas]. *resolucion Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional*. Colombia: Gestor Normativo Alejandría 2.0.
- [10] Resolución 281. (2015, Junio 5). [Unidad de Planeacion Minero-Energetica]. *Resolucion por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala*. Colombia: Gestor Normativo Alejandría 2.0.
- [11] Superservicios. (2021, Noviembre). Informe sectorial de la prestación del serrvicio de energia eléctrica 2021. *Zonas No Interconectadas*. Bogota: Superintendencia de Servivios Publicos Domiciliarios.
- [12] UPME. (2024, Marzo). Resumen Ejecutivo Plan Energetico Nacional 2022-2052. *PEN 2022-2052*. Bogotá, Colombia: UPME.
- [13] XM. (2024, Diciembre). *Sinergox*. Oferta y Generación: <https://sinergox.xm.com.co/oferta/Paginas/Informes/GeneracionSIN.aspx>