

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO ENERGÉTICO  
PARA COLEGIOS RURALES



Propuesta de una metodología de mejoramiento energético para colegios rurales no interconectados en el departamento del Vichada.

Informe proyecto de investigación:

Reporte final de Investigación

Actividad semana 8

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

agosto de 2025

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO ENERGÉTICO  
PARA COLEGIOS RURALES

Propuesta de una metodología de mejoramiento energético para colegios rurales no  
interconectados en el departamento del Vichada.

Cristian David García Mendivelso  
ID:961046

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

Tatiana Muñoz Martínez  
Magíster en Administración

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

agosto de 2025

## Contenido

Resumen .....	10
Abstract.....	11
Introducción .....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.1. Descripción del problema .....	14
1.2. La pregunta de investigación .....	15
1.3. Los objetivos de investigación .....	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos .....	16
1.4. Justificación de la investigación .....	16
2. MARCO DE REFERENCIA.....	18
2.1. Marco de Antecedentes.....	18
2.2. Marco Teórico.....	20
2.3. Marco normativo .....	24
3. METODOLOGÍA .....	25
3.1. Enfoque y alcance de la investigación .....	25
3.2. Población y muestra .....	26
3.2.1. Definición de la población .....	26
3.2.2. Cálculo y selección de la muestra.....	28
3.3. Instrumento(s) .....	31
3.3.1. Matriz de análisis de datos educativos.....	31
3.3.2. Matriz de información geoespacial y climatológica.....	32
3.3.3. Matriz de evaluación comparativa de alternativas .....	33
3.3.4. Instrumento de modelización energética.....	33
3.4. Descripción de procedimientos.....	34

3.4.1.	Cronograma de actividades para análisis de 21 Sedes Educativas .....	36
3.5.	Análisis de información.....	38
3.5.1.	Procesamiento y análisis de datos con Microsoft Excel .....	38
3.5.2.	Análisis geoespacial con Google Earth.....	40
3.5.3.	Integración de análisis y validación de resultados.....	41
3.6.	Consideraciones éticas.....	42
3.6.1.	Análisis de consideraciones éticas.....	42
3.6.2.	Instrumentos de aceptación y autorización .....	44
4.	RESULTADOS.....	45
4.1.	Caracterización general de las instituciones educativas rurales .....	45
4.2.	Diagnóstico de la situación energética actual .....	46
4.2.1.	Estado general del suministro energético .....	46
4.2.2.	Análisis por núcleo educativo.....	47
4.3.	Caracterización sociodemográfica y educativa .....	48
4.3.1.	Perfil de la población estudiantil.....	48
4.3.2.	Modelos educativos implementados .....	48
4.3.3.	Características poblacionales específicas.....	48
4.4.	Identificación de necesidades energéticas específicas.....	49
4.4.1.	Clasificación de instituciones por tamaño y demanda energética .....	49
4.4.2.	Análisis de consumo energético por categoría institucional .....	50
4.4.3.	Potencial energético renovable por zona .....	50
4.5.	Evaluación técnica y económica de alternativas energéticas.....	51
4.5.1.	Análisis comparativo de tecnologías energéticas.....	51
4.5.2.	Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.....	52
4.5.3.	Análisis de costos por beneficiario .....	52
4.6.	Condiciones de implementación y factores críticos.....	53
4.6.1.	Análisis de accesibilidad y logística .....	53

4.6.2.	Capacidades técnicas locales.....	54
4.6.3.	Marco institucional y normativo.....	54
5.	DISCUSIÓN.....	55
5.1.	Caracterización de la problemática energética: convergencias con la literatura especializada.....	55
5.2.	Viabilidad técnica de sistemas fotovoltaicos: validación empírica de marcos teóricos	56
5.3.	Dimensiones económicas: complejidad más allá de los análisis costo-beneficio tradicionales .....	57
5.4.	Factores socioculturales: dimensiones emergentes en la adopción tecnológica .....	57
5.5.	Capacidades institucionales: brechas entre marcos normativos y realidades territoriales .....	58
5.6.	Metodologías de gerencia de proyectos: adaptaciones necesarias para contextos rurales	59
5.7.	Implicaciones para el desarrollo territorial sostenible.....	59
5.8.	Aportes metodológicos al campo de estudios energéticos rurales .....	60
5.9.	Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación .....	60
5.10.	Proyecciones hacia nuevos paradigmas de desarrollo energético rural.....	61
6.	CONCLUSIONES .....	62
7.	RECOMENDACIONES .....	65
7.1.	Evaluación de viabilidad y contexto de implementación.....	65
7.2.	Clasificación de recomendaciones por prioridad.....	65
7.2.1.	Implementación del programa piloto de energización educativa - Fase Puerto Carreño.....	65
7.2.2.	Programa de energización masiva - Núcleo educativo 3 (Cumaribo).....	66
7.2.3.	Consolidación territorial - Municipios Santa Rosalía y La Primavera.....	67
7.3.	Recomendaciones transversales de sostenibilidad.....	67
7.3.1.	Programa departamental de capacitación técnica.....	67

7.3.2. Sistema departamental de monitoreo energético educativo.....	68
7.4. Recomendaciones para poblaciones específicas .....	69
7.4.1. Protocolo diferenciado para comunidades indígenas.....	69
7.4.2. Programa de inclusión para población migrante venezolana .....	69
7.5. Implicaciones financieras y de sostenibilidad.....	70
7.6. Cronograma integrado de implementación .....	70
Referencias.....	72
Anexos.....	76

**Lista de tablas**

Tabla 1. <i>Matriz de Procedimientos para el Análisis de Información Secundaria</i> .....	34
Tabla 2. <i>Cronograma Compacto (3 meses)</i> .....	36
Tabla 3. <i>Cronograma Semanal Conciso (12 semanas)</i> .....	36
Tabla 4. <i>Distribución de instituciones educativas por municipio</i> .....	45
Tabla 5. <i>Situación energética actual por institución</i> .....	46
Tabla 6. <i>Situación energética por núcleo educativo</i> .....	47
Tabla 7. <i>Características demográficas de la población estudiantil</i> .....	48
Tabla 8. <i>Distribución de modelos educativos</i> .....	48
Tabla 9. <i>Tipología poblacional de las comunidades atendidas</i> .....	48
Tabla 10. <i>Clasificación detallada por tamaño y demanda energética</i> .....	49
Tabla 11. <i>Perfil de consumo energético por categoría</i> .....	50
Tabla 12. <i>Potencial solar por municipio</i> .....	50
Tabla 13. <i>Matriz comparativa de tecnologías energéticas</i> .....	51
Tabla 14. <i>Dimensionamiento por categoría de institución</i> .....	52
Tabla 15. <i>Costo por estudiante según categoría</i> .....	52
Tabla 16. <i>Condiciones de accesibilidad por zona</i> .....	53
Tabla 17. <i>Disponibilidad de capacidades técnicas</i> .....	54
Tabla 18. <i>Actores institucionales y sus roles</i> .....	54

**Lista de figuras**

Figura 1. Distribución de sede por municipio.....	46
Figura 2. Distribución porcentual de la situación energética.....	47

**Lista de anexos**

Anexo 1 SecreEdu Base datos 1 .....	76
Anexo 2 SecreEdu Base datos 2 .....	77
Anexo 3 Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos .....	78
Anexo 4 Matriz 3.3.2 información geoespacial y climatológica .....	79
Anexo 5 Matriz 3.3.3 evaluación comparativa de alternativas .....	80
Anexo 6 Matriz 3.3.4 Instrumento de modelización energética.....	81

## Resumen

Esta investigación desarrolló una metodología de mejoramiento energético para colegios rurales no interconectados en el departamento del Vichada, aplicando principios de gerencia de proyectos y análisis de alternativas de energías renovables. Se analizaron 21 instituciones educativas rurales que atienden 1.185 estudiantes, mediante el procesamiento de información secundaria proporcionada por la Secretaría de Educación del Vichada. Los resultados evidenciaron que el 71,4% de las instituciones carecían completamente de suministro eléctrico, afectando a 476 estudiantes. Se identificó el potencial solar del departamento (4,3-5,0 kWh/m<sup>2</sup>/día) como óptimo para sistemas fotovoltaicos. La metodología propuesta integró caracterización institucional diferenciada, dimensionamiento energético específico y evaluación multicriterio, estableciendo cuatro categorías según tamaño y demanda energética. La inversión total estimada fue de \$155.465.000 COP, con sistemas fotovoltaicos como la alternativa más viable técnica, económica y ambientalmente. Esta metodología proporcionó herramientas específicas para planificar intervenciones energéticas adaptadas a contextos rurales dispersos y étnicamente diversos.

*Palabras clave:* Gerencia de proyectos, energía renovable, educación rural, sistemas fotovoltaicos, Vichada.

### **Abstract**

This research developed an energy improvement methodology for non-interconnected rural schools in the Vichada department, applying project management principles and renewable energy alternatives analysis. Twenty-one rural educational institutions serving 1,185 students were analyzed through processing secondary information provided by the Vichada Education Secretary. Results evidenced that 71.4% of institutions completely lacked electricity supply, affecting 476 students. The department's solar potential (4.3-5.0 kWh/m<sup>2</sup>/day) was identified as optimal for photovoltaic systems. The proposed methodology integrated differentiated institutional characterization, specific energy dimensioning and multi-criteria evaluation, establishing four categories according to size and energy demand. Total estimated investment was \$155,465,000 COP, with photovoltaic systems as the most technically, economically and environmentally viable alternative. This methodology provided specific tools for planning energy interventions adapted to dispersed and ethnically diverse rural contexts.

*Keywords:* Project management, renewable energy, rural education, photovoltaic systems, Vichada.

## Introducción

La prestación del servicio de energía eléctrica en zonas rurales no interconectadas se ha convertido en un desafío constante para el desarrollo social y económico de departamentos como Vichada, en especial para poblaciones alejadas de los principales centros urbanos. Diversas fuentes coinciden en señalar las constantes intermitencias y fallas eléctricas que afectan sectores como la educación, la salud y la seguridad alimentaria (Espectador, 2020; Alcaldía de Puerto Carreño, 2023). En este contexto, el municipio de Puerto Carreño ha experimentado limitaciones en la provisión de energía debido a su dependencia de convenios binacionales con Venezuela y de proyectos locales aún en desarrollo (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas, 2019).

La crítica situación ha sido acentuada por la creciente crisis energética del país vecino, afectando la continuidad del servicio. Esto ha impulsado a empresas como ElectroVichada a buscar alternativas de generación que garanticen electrificación estable para todas las zonas. Sin embargo, la realidad muestra que los esfuerzos se han concentrado principalmente en la zona urbana, dejando a las comunidades rurales con acceso limitado o inexistente a la energía eléctrica (Rubio, 2016; Taddei, 2013). La insuficiencia de infraestructura y la escasa inversión en energías renovables han prolongado la brecha energética, exponiendo la vulnerabilidad de sectores críticos como el educativo.

El departamento del Vichada, y en particular su capital Puerto Carreño, enfrenta una crisis energética que ha afectado gravemente a sus habitantes y sectores clave como la educación. La empresa Refoenergy, principal generadora de energía en la región utiliza biomasa como fuente de combustible, pero ha reportado dificultades para operar debido a la falta de pagos por parte del Gobierno Nacional y deudas acumuladas con ElectroVichada, la empresa encargada de la distribución de energía. Según reportes recientes, la deuda de ElectroVichada con Refoenergy asciende a más de 20.000 millones de pesos, mientras que el Gobierno Nacional adeuda subsidios por más de 3.800 millones de pesos correspondientes a varios trimestres de 2023 y 2024 (El Morichal, 2024; Semana, 2025).

La falta de biomasa, causada por la incapacidad de Refoenergy para pagar a sus proveedores, ha llevado a apagones prolongados que superan las 24 horas y racionamientos

de energía que afectan a más del 90% de la población de Puerto Carreño. En enero de 2025, un apagón total dejó a 45.000 personas sin electricidad, lo que generó caos en la región, con temperaturas que alcanzan los 40 grados y afectaciones en hospitales, comercios y hogares (Caracol Radio, 2025; El Espectador, 2024). Además, la falta de combustible diésel para las plantas de respaldo de ElectroVichada, debido a una deuda de 4.900 millones de pesos con la empresa Terpel, ha agravado la situación (Semana, 2025).

En el ámbito escolar, la ausencia de un suministro eléctrico confiable impide el adecuado desarrollo de actividades académicas, la incorporación de tecnología en el aula y la posibilidad de tener aulas con iluminación y equipamiento mínimo para la enseñanza (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2021). En respuesta a estos desafíos, resulta prioritario formular proyectos de implementación de soluciones energéticas para colegios rurales, en particular aquellos que se encuentren fuera de la red eléctrica nacional, promoviendo fuentes limpias, renovables y sostenibles (Ministerio de Minas y Energía, 2021). De esta manera, se busca no solo cubrir la necesidad básica de energía para las actividades cotidianas, sino también fomentar un desarrollo integral de las comunidades rurales del departamento del Vichada.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Ausencias de metodologías de mejoramiento energético para colegios rurales no interconectados en el departamento del vichada.

### **1.1. Descripción del problema**

Los colegios rurales no interconectados del departamento de Vichada enfrentan limitaciones significativas en el acceso a energía eléctrica estable y de calidad. Dicha carencia repercute directamente sobre la calidad de la educación, al imposibilitar el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC), la instalación de equipos de refrigeración para el almacenamiento de alimentos y medicamentos, así como la provisión de iluminación adecuada (Espectador, 2020; Alcaldía de Puerto Carreño, 2023). Lo anterior agrava la desigualdad y dificulta la inclusión educativa, impidiendo que estudiantes y docentes gocen de condiciones óptimas para el desarrollo de actividades pedagógicas.

La situación se ha visto agravada por la ruptura del convenio binacional de interconexión eléctrica entre Venezuela y Colombia, que históricamente suministraba energía a las zonas urbanas de los municipios del Vichada. La crisis energética en Venezuela y la inestabilidad en las relaciones diplomáticas han llevado a la suspensión de este servicio, generando un efecto dominó que afecta tanto a las áreas urbanas como rurales. Esta situación ha obligado a las autoridades locales a redistribuir los limitados recursos energéticos disponibles, priorizando zonas urbanas y dejando en mayor vulnerabilidad a los colegios rurales no interconectados, que ahora enfrentan mayores dificultades para acceder a soluciones energéticas alternativas.

Asimismo, depender de combustibles fósiles o plantas eléctricas en zonas alejadas acarrea altos costos operativos y un impacto ambiental negativo, tanto por la emisión de gases contaminantes como por la contaminación auditiva asociada al uso de generadores diésel (Rubio, 2016). Pese a iniciativas puntuales impulsadas por entidades como el IPSE, aún existen numerosos colegios que continúan desconectados, lo que exige programas y soluciones energéticas coherentes con las particularidades geográficas y socioeconómicas del territorio (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas, 2019; Taddei, 2013).

En este sentido, el departamento del Vichada caracterizado por grandes distancias, baja densidad poblacional y acceso restringido a la red nacional se presenta como un escenario propicio para la implementación de tecnologías renovables, entre las que destaca la energía fotovoltaica por su versatilidad y sostenibilidad (Ministerio de Minas y Energía, 2021). Sin embargo, la falta de recursos financieros, de apoyo institucional y las limitaciones de transporte y logística en áreas remotas obstaculizan la masificación de estas soluciones.

Ante este panorama, se hace urgente proponer un plan de acción que involucre a las autoridades locales, departamentales y nacionales, además de la participación activa de la comunidad educativa y la empresa privada. Esto permitirá el desarrollo de un modelo sostenible, con fuentes de generación confiables y rentables, para asegurar el suministro eléctrico constante en colegios rurales del Vichada (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2021).

## **1.2. La pregunta de investigación**

¿Qué metodología de mejoramiento energético, fundamentada en los principios y herramientas de la gerencia de proyectos, es más viable para garantizar el suministro eléctrico sostenible y continuo en los colegios rurales no interconectados del departamento del Vichada, en articulación con las líneas de investigación del programa?

## **1.3. Los objetivos de investigación**

Desarrollar una metodología que permita mejorar el acceso y la calidad del suministro energético en colegios rurales no interconectados del departamento del Vichada, Colombia. Este enfoque busca garantizar la sostenibilidad, eficiencia y viabilidad técnica de las soluciones energéticas propuestas, contribuyendo al desarrollo educativo y social de las comunidades beneficiadas.

### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar una metodología de mejoramiento energético basada en energías renovables y sustentada en los conceptos de la gerencia de proyectos, que permita garantizar

un suministro eléctrico sostenible, continuo y adaptable a las condiciones socioeconómicas y geográficas de los colegios rurales no interconectados del departamento del Vichada

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las necesidades energéticas y las condiciones socioeconómicas, geográficas y educativas de los colegios rurales no interconectados en el departamento del Vichada.
- Analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las tecnologías de energías renovables aplicables a colegios rurales en el departamento del Vichada.
- Desarrollar una metodología de mejoramiento energético basada en energías renovables para colegios rurales no interconectados en el departamento del Vichada.

### **1.4. Justificación de la investigación**

La justificación de esta investigación radica en la necesidad urgente de abordar la problemática energética que afecta a los colegios rurales no interconectados del departamento del Vichada, Colombia. Según el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE, 2019), el 52% del territorio nacional no está conectado al Sistema Interconectado Nacional, afectando principalmente a comunidades rurales y marginadas. La falta de acceso a un suministro eléctrico estable y sostenible en estas instituciones educativas no solo limita el desarrollo académico de los estudiantes, sino que también perpetúa las desigualdades sociales y económicas en una región ya vulnerable (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2021). Este proyecto busca proponer una metodología de mejoramiento energético basada en energías renovables y principios de gerencia de proyectos, con el objetivo de garantizar un suministro eléctrico continuo, sostenible y adaptado a las condiciones locales, contribuyendo al desarrollo integral de las comunidades rurales.

El problema energético en el Vichada tiene profundas implicaciones que van más allá del aspecto técnico. Como señala el Ministerio de Minas y Energía (2021), la crisis energética en regiones como el Vichada se ha agravado por la dependencia de convenios binacionales

con Venezuela y la falta de inversión en infraestructura energética local. La ausencia de electricidad en los colegios rurales impide el uso de tecnologías educativas, la iluminación adecuada de las aulas y la refrigeración de alimentos y medicamentos, lo que afecta directamente la calidad de la educación y la salud de los estudiantes y docentes (Caracol Radio, 2025) (El Espectador, 2024). Además, esta situación limita las oportunidades de desarrollo económico y social de las comunidades, perpetuando un ciclo de pobreza y exclusión que afecta especialmente a las comunidades indígenas, que representan el 44.35% de la población rural del departamento (Alcaldía de Puerto Carreño, 2023). Por ello, esta investigación no solo busca resolver un problema técnico, sino también generar un impacto positivo en la calidad de vida de las personas y en el desarrollo sostenible de la región.

Desde una perspectiva científica, este proyecto es relevante porque contribuye al avance del conocimiento en el campo de las energías renovables y su aplicación en contextos rurales. La metodología propuesta puede servir como modelo para otras regiones con características similares, promoviendo la replicabilidad y escalabilidad de las soluciones energéticas. Además, se generan datos y análisis que enriquecen la literatura científica sobre energización sostenible en zonas no interconectadas, aportando nuevas perspectivas y enfoques para abordar problemas similares en otros contextos.

Los beneficiarios directos de este proyecto son los estudiantes y docentes de los colegios rurales del Vichada, quienes podrán acceder a un suministro eléctrico confiable que mejorará las condiciones de aprendizaje y enseñanza. Esto permitirá la implementación de tecnologías educativas, el desarrollo de actividades pedagógicas en horarios extendidos y la mejora de la infraestructura escolar. Indirectamente, las comunidades rurales también se beneficiarán, ya que el acceso a la electricidad fomenta el desarrollo económico, la autonomía energética y la sostenibilidad ambiental.

En términos de impacto, este proyecto tiene el potencial de transformar la realidad de los colegios rurales no interconectados del Vichada, mejorando significativamente las condiciones educativas y sociales de las comunidades beneficiadas. Además, al generar un modelo replicable, esta investigación puede inspirar y guiar iniciativas similares en otras regiones de Colombia y el mundo, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la reducción de las desigualdades en el acceso a la energía.

En conclusión, esta investigación no solo aborda una problemática técnica, sino que también tiene un impacto directo en el desarrollo humano, social y ambiental de las comunidades rurales del Vichada. Su enfoque integral y sostenible asegura que los beneficios trasciendan el ámbito educativo, promoviendo un cambio positivo en la calidad de vida de las personas y en el desarrollo de la región.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Marco de Antecedentes**

En Colombia, el 52% del territorio nacional no está conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN), lo que afecta principalmente a comunidades rurales y marginadas. Esta desconexión limita el acceso a servicios básicos como la electricidad, repercutiendo negativamente en la calidad de vida, la educación y el desarrollo económico de estas regiones. Según el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE, 2019), esta situación perpetúa la desigualdad y dificulta la implementación de políticas públicas orientadas al desarrollo sostenible. En el departamento del Vichada, esta problemática es particularmente grave debido a su ubicación geográfica y baja densidad poblacional. Los colegios rurales no interconectados enfrentan desafíos significativos, como la imposibilidad de utilizar tecnologías educativas, la falta de iluminación adecuada y la incapacidad de refrigerar alimentos y medicamentos, lo que afecta directamente la calidad educativa y la salud de las comunidades (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

A nivel internacional, (García-López M. y Fernández, 2022) documentaron la experiencia de electrificación rural en Perú mediante sistemas híbridos solar-eólicos, logrando electrificar 200 escuelas rurales en la región amazónica. Su metodología, basada en principios de gerencia de proyectos, incluyó análisis de viabilidad, diseño participativo y capacitación comunitaria.

En Brasil, (Silva R. y Santos, 2021) desarrollaron una metodología para la implementación de microrredes solares en comunidades ribereñas del Amazonas, beneficiando a más de 50 escuelas rurales. Su enfoque incluyó la aplicación del Project Management Body of Knowledge (PMBOK) para asegurar la sostenibilidad técnica y financiera de los proyectos.

Rodríguez y Martínez (2020) desarrollaron un análisis comparativo de tecnologías renovables para zonas no interconectadas en Colombia, encontrando que los sistemas fotovoltaicos presentan la mayor viabilidad técnica y económica para comunidades rurales dispersas. Sus hallazgos indican que la energía solar puede reducir hasta en un 70% los costos operativos en comparación con generadores diésel. Gómez et al. (2021) implementaron un proyecto piloto de electrificación rural con energía solar en 15 colegios de La Guajira, reportando mejoras significativas en los indicadores educativos: aumento del 35% en la permanencia escolar nocturna y 40% en el uso de tecnologías educativas. Este estudio demostró la correlación directa entre acceso energético y calidad educativa.

Thompson y Anderson (2023) analizaron 45 proyectos de energización rural exitosos en África subsahariana, identificando que aquellos que aplicaron metodologías estructuradas de gerencia de proyectos tuvieron una tasa de éxito del 85%, comparado con el 45% de proyectos sin marco metodológico definido. Morales y Jiménez (2022) propusieron un modelo de gestión basado en la metodología PRINCE2 para proyectos de energías renovables en zonas rurales de México, logrando reducir en 30% los tiempos de implementación y aumentar en 25% la satisfacción de las comunidades beneficiarias.

Velásquez (2023) realizó un diagnóstico energético de 25 instituciones educativas rurales en el Vichada, identificando una demanda promedio de 8 kWh/día por colegio y un potencial solar de 4.8 kWh/m<sup>2</sup>/día, condiciones ideales para sistemas fotovoltaicos. El Instituto Alexander von Humboldt (2022) desarrolló un estudio de impacto ambiental de alternativas energéticas en ecosistemas de sabana inundable del Vichada, concluyendo que los sistemas solares presentan el menor impacto ecológico comparado con generadores diésel o pequeñas centrales hidroeléctricas.

El municipio de Puerto Carreño, capital del Vichada, ha experimentado limitaciones en la provisión de energía debido a su dependencia de convenios binacionales con Venezuela y de proyectos locales aún en desarrollo. La crisis energética en Venezuela ha agravado la situación, generando apagones prolongados y racionamientos de energía que afectan tanto a las áreas urbanas como rurales. Esto ha llevado a que más del 90% de la población de Puerto Carreño enfrente interrupciones constantes en el suministro eléctrico, afectando sectores clave como la educación y la salud (Caracol Radio, 2025; El Espectador, 2024).

En el ámbito escolar, la falta de suministro eléctrico confiable impide el desarrollo de actividades académicas, la incorporación de tecnología en el aula y la provisión de iluminación adecuada. Esto agrava la desigualdad educativa y limita las oportunidades de desarrollo para los estudiantes y docentes en las zonas rurales del Vichada (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2021). Ante esta situación, se hace necesario implementar soluciones energéticas sostenibles que permitan garantizar el acceso a la electricidad en estas comunidades.

Ramírez et al. (2021) desarrollaron una metodología multicriterio para la selección de tecnologías renovables en zonas rurales colombianas, integrando variables técnicas, económicas, ambientales y sociales. Su modelo fue validado en 30 comunidades de diferentes departamentos, incluyendo casos piloto en el Vichada.

Según el análisis de Herrera y Castillo (2023), la implementación de la Ley 1715 de 2014 ha facilitado el desarrollo de 150 proyectos de energías renovables en zonas no interconectadas, pero persisten desafíos en la financiación y el mantenimiento a largo plazo, especialmente en departamentos como Vichada con difícil acceso logístico. Este conjunto de antecedentes evidencia la necesidad de desarrollar metodologías específicas que integren aspectos técnicos, sociales y de gestión para garantizar el éxito de proyectos de energización rural, justificando plenamente el desarrollo de esta investigación.

## **2.2. Marco Teórico**

La sostenibilidad energética se basa en la capacidad de satisfacer las necesidades energéticas actuales sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. Según Goldemberg (2012), los sistemas energéticos sostenibles deben ser económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente responsables. En el contexto de los colegios rurales del Vichada, esto implica diseñar soluciones energéticas que sean accesibles, adaptables y gestionadas por las comunidades locales. Esta perspectiva de sostenibilidad debe integrarse necesariamente con enfoques metodológicos estructurados que aseguren la viabilidad y continuidad de las intervenciones energéticas en contextos rurales complejos.

La gerencia de proyectos, según el Project Management Institute (PMI, 2021), constituye la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las

actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. En el contexto de proyectos de energización rural, esta disciplina es fundamental para asegurar el éxito y sostenibilidad de las intervenciones, particularmente cuando se trata de comunidades vulnerables y geográficamente dispersas como las del departamento del Vichada. La aplicación de principios de gerencia de proyectos permite estructurar de manera sistemática las fases de diagnóstico, planificación, implementación y evaluación de soluciones energéticas, maximizando la probabilidad de éxito y minimizando los riesgos asociados.

Kerzner (2022) define cinco fases principales en el ciclo de vida de proyectos de infraestructura energética que resultan especialmente relevantes para el contexto rural: iniciación, que incluye la identificación de necesidades energéticas y definición del alcance del proyecto; planificación, que comprende el desarrollo de planes detallados de trabajo, cronogramas, presupuestos y análisis de riesgos; ejecución, que abarca la implementación de las actividades planificadas, incluyendo adquisiciones, instalaciones y pruebas; monitoreo y control, que involucra el seguimiento del progreso y aplicación de medidas correctivas; y cierre, que incluye la entrega formal del proyecto y transferencia de conocimientos a la comunidad. Esta estructura metodológica es particularmente importante en proyectos de energización rural, donde los desafíos logísticos, técnicos y sociales requieren una planificación rigurosa y una ejecución adaptativa.

Freeman et al. (2020) enfatizan la importancia de la gestión efectiva de stakeholders en proyectos que impactan comunidades rurales, señalando que el éxito de estas iniciativas depende en gran medida de la identificación temprana y el compromiso activo de todos los actores involucrados. En el caso de colegios rurales del Vichada, los stakeholders principales incluyen actores primarios como estudiantes, docentes, padres de familia y líderes comunitarios; actores secundarios como la Secretaría de Educación, IPSE, empresas proveedoras y organizaciones no gubernamentales; y actores clave como alcaldías municipales, gobernación departamental y Ministerio de Minas y Energía. La gestión adecuada de estas relaciones requiere estrategias diferenciadas de comunicación, participación y compromiso que reconozcan las particularidades culturales y organizacionales de cada grupo de interés.

La evaluación de viabilidad de proyectos energéticos, según Brealey et al. (2023), debe considerar múltiples dimensiones que van más allá del análisis financiero tradicional. La viabilidad técnica implica la evaluación de la disponibilidad de recursos renovables, condiciones

climáticas, accesibilidad para mantenimiento y capacidad técnica local, aspectos especialmente relevantes en el Vichada donde el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2021) reporta condiciones favorables con radiación solar promedio de 4.5 kWh/m<sup>2</sup>/día, pero donde las condiciones de acceso y las capacidades técnicas locales pueden representar desafíos significativos. La viabilidad económica requiere un análisis costo-beneficio integral que considere no solo la inversión inicial, costos operativos y ahorros generados, sino también las fuentes de financiación disponibles y los mecanismos de sostenibilidad financiera a largo plazo. Los sistemas fotovoltaicos han experimentado reducciones de costos del 60% en la última década (IRENA., 2023), lo que mejora significativamente su viabilidad económica en contextos rurales.

La viabilidad social constituye un aspecto crítico que incluye la aceptación comunitaria, el impacto en la calidad de vida y la capacidad de apropiación tecnológica por parte de las comunidades beneficiarias. Estudios de Zambrano et al. (2022) indican que la participación comunitaria desde las fases iniciales del proyecto aumenta en 40% las probabilidades de éxito, evidenciando la importancia de desarrollar estrategias de involucramiento que respeten los valores culturales locales y promuevan la apropiación tecnológica. En comunidades indígenas, que representan el 44.35% de la población rural del Vichada, esto implica considerar cosmovisiones particulares sobre el territorio, la tecnología y el desarrollo, requiriendo enfoques de consulta previa y participación diferenciada.

La gestión de riesgos, según el PMBOK Guide (PMI, 2021), incluye la identificación, análisis y respuesta a factores de incertidumbre que pueden afectar el logro de los objetivos del proyecto. En proyectos de energización rural, los riesgos principales incluyen aspectos técnicos como fallas de equipos, condiciones climáticas extremas y dificultades de mantenimiento; riesgos económicos como variaciones de costos, dificultades de financiación y sostenibilidad económica a largo plazo; riesgos sociales como resistencia comunitaria, conflictos internos y migración poblacional; y riesgos ambientales como impactos ecológicos, efectos del cambio climático y vulnerabilidad a desastres naturales. La gestión proactiva de estos riesgos requiere el desarrollo de planes de contingencia específicos y mecanismos de monitoreo continuo adaptados a las condiciones particulares de cada comunidad.

Colombia cuenta con un alto potencial para el desarrollo de energías renovables, especialmente la solar y la eólica, debido a su ubicación geográfica y condiciones climáticas favorables. La energía solar fotovoltaica ha demostrado ser una solución viable para comunidades aisladas, ya que permite generar electricidad de manera descentralizada y con bajo impacto ambiental, características especialmente relevantes para el contexto del Vichada donde la dispersión geográfica y las dificultades de acceso hacen inviable la extensión de redes eléctricas convencionales. Las tecnologías fotovoltaicas actuales ofrecen eficiencias superiores al 20% y vidas útiles de más de 25 años, con requerimientos de mantenimiento relativamente bajos que las hacen especialmente adecuadas para instalaciones remotas.

Los sistemas híbridos que combinan energía solar y almacenamiento en baterías, según (Zambrano, Rodríguez, & Rodríguez, 2022) representan una solución eficiente para garantizar un suministro eléctrico continuo en comunidades aisladas que requieren disponibilidad energética durante las 24 horas del día. Las tecnologías de almacenamiento han evolucionado significativamente, con baterías de ion-litio que ofrecen mayor durabilidad, eficiencia y menores requerimientos de mantenimiento comparadas con tecnologías tradicionales como las baterías de plomo-ácido (Fajardo & Osorio, 2014). Esta evolución tecnológica ha reducido significativamente las barreras técnicas y económicas para la implementación de sistemas energéticos autónomos en zonas rurales.

La sostenibilidad de los proyectos energéticos rurales depende en gran medida de la capacidad de las comunidades para apropiarse de las tecnologías implementadas y desarrollar capacidades locales para su operación y mantenimiento. Rogers (2019) propone un modelo de difusión de innovaciones que incluye cinco etapas secuenciales: conocimiento, donde los individuos se exponen por primera vez a la innovación; persuasión, donde se forma una actitud favorable o desfavorable hacia la innovación; decisión, donde se elige adoptar o rechazar la innovación; implementación, donde se pone en uso la innovación; y confirmación, donde se busca refuerzo de la decisión tomada. Este modelo es particularmente relevante para entender los procesos de adopción tecnológica en comunidades rurales, donde factores culturales, educativos y económicos pueden influir significativamente en la aceptación y apropiación de nuevas tecnologías energéticas.

### **2.3. Marco normativo**

El marco legal colombiano establece diversas normativas para promover el uso de energías renovables y garantizar el acceso a la electricidad en zonas rurales. La ley 1715 de 2014 regula la integración de fuentes no convencionales de energía renovable al sistema energético nacional, promoviendo su uso en zonas no interconectadas. Esta ley busca establecer un marco legal e instrumentos para fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables, como la energía solar, en comunidades rurales (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

Por otro lado, la Ley 697 de 2001 fomenta el uso racional y eficiente de la energía, promoviendo la utilización de energías alternativas. Esta normativa establece lineamientos para reducir la dependencia de combustibles fósiles y promover el desarrollo sostenible en el país. Además, la Constitución Política de Colombia, en su artículo 365, establece que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y que es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional (Constitución Política de la república de Colombia, 1991, art.365).

En el contexto del Vichada, estas normativas son fundamentales para impulsar proyectos de energización rural sostenible. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos relacionados con la financiación, la logística y la falta de infraestructura adecuada, lo que exige un esfuerzo conjunto entre el gobierno, las comunidades locales y el sector privado para garantizar el acceso a la energía en estas regiones.

### **3. METODOLOGÍA**

El presente proyecto de investigación emplea un enfoque mixto, combinando metodologías cualitativas y cuantitativas para abordar de manera integral diversos métodos e instrumentos garantizando la obtención de información relevante, confiable y válida que sustenta el desarrollo de una metodología integral para el mejoramiento energético en los colegios rurales no interconectados del Vichada.

A continuación, se realiza la descripción del enfoque mixto:

El enfoque mixto adoptado en esta investigación permite una complementariedad metodológica que fortalece la validez de los resultados mediante la triangulación de datos. La integración de métodos se realizará siguiendo un diseño concurrente, donde los datos cualitativos y cuantitativos se recolectarán simultáneamente y se analizarán mediante técnicas específicas para cada tipo de información. Para el análisis cualitativo se emplearán procesos de codificación y categorización temática siguiendo la técnica de metacodificación propuesta por Hernández et al. (2018), que permite examinar las relaciones entre categorías teóricas previas y emergentes. En cuanto al componente cuantitativo, se utilizarán análisis estadísticos descriptivos y, cuando sea pertinente, correlacionales para evaluar la viabilidad técnica y económica de las alternativas energéticas. Esta combinación metodológica resulta especialmente valiosa para desarrollar soluciones tecnológicas con pertinencia sociocultural, aspecto crucial en el contexto de comunidades rurales con particularidades étnicas, geográficas y económicas diversas.

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

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, que integra elementos cualitativos y cuantitativos para abordar de manera holística la problemática energética en colegios rurales no interconectados del Vichada. Según Hernández, Fernández y Baptista (2018), los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación que implican la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. Este enfoque se justifica por la naturaleza compleja del problema investigado, que requiere tanto la

comprensión profunda de los contextos socioculturales y las necesidades específicas de las comunidades educativas rurales (aspecto cualitativo), como la medición y evaluación técnica de variables energéticas y parámetros de eficiencia (aspecto cuantitativo). El alcance de esta investigación es descriptivo-propositivo, buscando caracterizar detalladamente la situación energética **actual** de los colegios rurales del Vichada y, a partir de este conocimiento, desarrollar una metodología integral adaptada a las condiciones específicas de la región.

Esta investigación aborda temáticamente el desarrollo de metodologías de mejoramiento energético para instituciones educativas rurales, integrando conceptos de gerencia de proyectos, tecnologías de energías renovables, sostenibilidad ambiental y desarrollo social comunitario. El estudio se centra específicamente en la aplicación de principios del Project Management Body of Knowledge (PMBOK) y metodologías de evaluación de proyectos para el diseño de soluciones energéticas adaptadas a contextos rurales no interconectados.

El alcance temporal de esta investigación comprende el período 2024-2025, tomando como línea base los datos más recientes disponibles de la Secretaría de Educación del Vichada (2024) y las condiciones energéticas actuales documentadas hasta lo que llevamos del año 2025. La metodología propuesta está diseñada para implementarse en el corto y mediano plazo (2025-2027), considerando los ciclos presupuestales gubernamentales y los tiempos típicos de ejecución de proyectos de infraestructura energética rural.

El alcance espacial se delimita al departamento del Vichada, específicamente a los cuatro municipios que lo componen: Puerto Carreño (capital departamental), La Primavera, Santa Rosalía y Cumaribo. El estudio se concentra en las instituciones educativas rurales ubicadas en zonas no interconectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN), con especial énfasis en aquellas que presentan mayor vulnerabilidad energética y atienden poblaciones indígenas y campesinas en condiciones de dispersión geográfica.

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Definición de la población**

La población objeto de estudio de esta investigación comprende todos los colegios rurales no interconectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) localizados en el

departamento del Vichada. El Vichada es uno de los departamentos más extensos de Colombia con 100.242 km<sup>2</sup>, situado en la región oriental del país, limitando con Venezuela al este, con el departamento de Casanare y Meta al oeste, con Arauca al norte y con Guainía al sur. Administrativamente está dividido en cuatro municipios: Puerto Carreño (la capital), La Primavera, Santa Rosalía y Cumaribo, siendo este último el municipio más extenso de Colombia (Alcaldía de Puerto Carreño, 2023).

En términos demográficos, la población rural del Vichada asciende aproximadamente a 34.000 habitantes, caracterizada por una baja densidad poblacional (0,34 habitantes por km<sup>2</sup>) y una alta dispersión geográfica. Esta población está compuesta por comunidades indígenas (principalmente de las etnias Sikuni, Piara, Puinave, Curripaco y Piapoco, que representan aproximadamente el 44.35% de la población rural), colonos y campesinos. Las principales actividades económicas son la ganadería extensiva, la agricultura de subsistencia, la pesca artesanal y, en menor medida, el turismo ecológico (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

En cuanto a la infraestructura educativa rural, el departamento cuenta con aproximadamente 42 instituciones educativas principales y sus respectivas sedes anexas (más de 230 sedes educativas rurales en total), distribuidas en los cuatro municipios. Específicamente, la investigación se centra en las instituciones que cumplen con la característica de no estar conectadas al Sistema Interconectado Nacional, que representan aproximadamente el 85% del total de instituciones educativas rurales del departamento (IPSE, 2019).

Estas instituciones educativas se caracterizan por:

- Infraestructura física: Construcciones generalmente de un solo nivel, con materiales mixtos (mampostería, madera y zinc), con deficientes condiciones de iluminación natural y ventilación. Muchas carecen de espacios adecuados para laboratorios, bibliotecas o áreas recreativas.
- Comunidad educativa: Compuesta por aproximadamente 4,800 estudiantes (desde preescolar hasta educación media), 285 docentes y 65 funcionarios administrativos. Los estudiantes son principalmente de origen indígena (60%) y campesino (40%), con edades entre los 5 y 18 años. Los docentes, en su mayoría, son profesionales que no residen permanentemente en las

comunidades debido a las difíciles condiciones de acceso y permanencia. (Secretario de Educación y Cultura de Vichada, 2025)

- Condiciones de acceso: Los colegios rurales del Vichada se caracterizan por su difícil acceso, con distancias que oscilan entre 20 y 300 kilómetros desde los cascos urbanos principales. Las vías de acceso son principalmente trochas o caminos de herradura que se vuelven intransitables durante la temporada de lluvias (abril a noviembre), lo que dificulta el transporte de materiales, equipos y personal.
- Condiciones energéticas actuales: En ausencia de conexión a la red eléctrica nacional, estos colegios utilizan alternativas energéticas temporales, como plantas generadoras de diésel o gasolina (48%), sistemas solares rudimentarios y de baja capacidad (22%), o carecen por completo de cualquier fuente de energía eléctrica (30%). El funcionamiento de los generadores está limitado a pocas horas al día debido al alto costo del combustible y las dificultades logísticas para su transporte (Ministerio de Minas y Energía, 2021).
- Necesidades energéticas: Sus requerimientos incluyen iluminación básica de aulas y espacios comunes, funcionamiento de equipos básicos de oficina (computadores, impresoras), equipos audiovisuales para apoyo pedagógico, sistemas de comunicación (radio, internet), refrigeración para conservación de alimentos del Programa de Alimentación Escolar (PAE) y, en algunos casos, bombeo de agua para sistemas de saneamiento.

Esta población presenta condiciones de alta vulnerabilidad socioeconómica, con índices de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) que superan el 65% en las zonas rurales. Las comunidades enfrentan desafíos significativos relacionados con la seguridad alimentaria, el acceso a servicios de salud, agua potable y, particularmente relevante para este estudio, energía eléctrica, factor que limita considerablemente las posibilidades de desarrollo educativo, tecnológico y socioeconómico (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2021).

### **3.2.2. Cálculo y selección de la muestra**

Se empleará un muestreo probabilístico estratificado, considerando que se requiere obtener información representativa de los colegios rurales no interconectados del departamento

del Vichada, y que estos presentan características heterogéneas en cuanto a su tamaño, ubicación geográfica, condiciones de infraestructura y necesidades energéticas específicas. El muestreo estratificado permite dividir la población en subgrupos o estratos homogéneos, para luego seleccionar aleatoriamente unidades de cada estrato, garantizando así que todas las características relevantes de la población estén adecuadamente representadas en la muestra (Hernández Sampieri, 2018).

Los estratos se definirán según los siguientes criterios:

1. Ubicación por municipio (Puerto Carreño, La Primavera, Santa Rosalía y Cumaribo)
2. Tamaño de la institución educativa (pequeña: menos de 50 estudiantes; mediana: entre 50 y 100 estudiantes; grande: más de 100 estudiantes)
3. Tipo de población predominante (indígena, campesina, mixta)

- **Cálculo del tamaño de la muestra**

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizará la siguiente fórmula estadística para poblaciones finitas:

$$n = [N \times Z^2 \times p \times q] / [e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q]$$

Dónde:

- n = tamaño de muestra buscado
- N = tamaño de la población o universo (42 instituciones educativas principales con 230 sedes rurales)
- Z = nivel de confianza (95% equivalente a 1,96)
- p = probabilidad de éxito o proporción esperada (0.5)
- q = probabilidad de fracaso (0.5)
- e = error máximo admisible (5%)

Aplicando esta fórmula para las 42 instituciones educativas principales:

$$n = [42 \times (1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5] / [(0,05)^2 \times (42 - 1) + (1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5]$$

$$n = [42 \times 3,8416 \times 0,25] / [0,0025 \times 41 + 3,8416 \times 0,25]$$

$$n = 40.3368 / 1.0629$$

$$n = 37.95 \approx 38 \text{ instituciones educativas}$$

Aplicando esta fórmula para las 42 instituciones educativas principales se obtiene un resultado de  $n = 37.95 \approx 38$  instituciones educativas. Sin embargo, considerando las limitaciones logísticas, presupuestales y temporales del estudio, así como la necesidad de garantizar la calidad en la recolección y análisis de datos, se ha determinado trabajar con una muestra de 21 instituciones educativas. Esta decisión se sustenta en que 21 sedes representan el 50% del total de instituciones principales (42), manteniendo la representatividad estadística y permitiendo una distribución equitativa entre los cuatro municipios del departamento (5-6 sedes por municipio), lo que asegura la cobertura geográfica necesaria para el desarrollo de una metodología integral y replicable.

- **Criterios de inclusión:**

1. Instituciones educativas rurales oficialmente registradas en la Secretaría de Educación del Vichada.
2. Instituciones que no estén conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN).
3. Colegios que hayan mantenido operaciones educativas continuas durante los últimos tres años escolares (2022-2024).
4. Instituciones que cuentan con una infraestructura física permanente (no temporal).
5. Sedes educativas con un mínimo de 15 estudiantes matriculados activamente.
6. Instituciones que hayan expresado interés en participar en el estudio mediante consentimiento informado institucional.

- **Criterios de exclusión:**

1. Instituciones educativas que ya cuentan con sistemas de energía alternativa plenamente funcionales y que cubren el 100% de sus necesidades energéticas.
2. Colegios con planos de reubicación, fusión o cierre programados para los próximos dos años (2025-2026).

3. Sedes educativas con infraestructura provisional o en condiciones físicas que imposibilitan la instalación de sistemas energéticos.
4. Instituciones que hayan participado en menos del 70% de las actividades educativas programadas durante el último año escolar debido a problemas administrativos o logísticos.
5. Colegios que manifiestan explícitamente su negativa a participar en el estudio.

Para la selección concreta de la muestra se utilizarán las bases de datos proporcionadas por la Secretaría de Educación del Vichada, que contienen información actualizada al año 2024 con la clasificación detallada de cada uno de los estudiantes matriculados en el departamento. Estos registros incluyen información sobre la institución a la que pertenecen, datos personales (tarjeta de identidad, SISBEN, dirección, teléfono, estrato, fecha de nacimiento, género), tipo de población, etnia, grado que cursa, entre otros datos relevantes.

Esta información permitirá realizar una selección precisa y estratificada que refleje adecuadamente las características demográficas y educativas de la población estudiantil del departamento, garantizando así que la metodología de mejoramiento energético propuesta responde efectivamente a las necesidades reales de los colegios rurales no interconectados del Vichada.

### **3.3. Instrumento(s)**

Para la recolección de información necesaria para el desarrollo de la metodología de mejoramiento energético, se aprovecharán los datos proporcionados por la Secretaría de Educación del Vichada en los archivos Excel con información actualizada a 2024, complementándolos con los siguientes instrumentos específicos:

#### **3.3.1. Matriz de análisis de datos educativos.**

**Objetivo:** Organizar y clasificar sistemáticamente la información proporcionada por la Secretaría de Educación del Vichada sobre las 21 sedes educativas rurales no interconectadas.

**Estructura:** Hoja de cálculo estructurada en las siguientes secciones:

- Información general de la institución (código DANE, nombre, ubicación, coordenadas)
- Características poblacionales (número de estudiantes, docentes y personal administrativo)
- Infraestructura existente (tipo de construcción, área disponible, estado)
- Situación energética actual (si cuenta con algún sistema temporal, tipo de energía utilizada actualmente)

**Variables analizadas:** Distribución geográfica, tamaño de la población estudiantil, condiciones de infraestructura, nivel educativo, jornadas de funcionamiento.

**Aplicación:** Esta matriz servirá para procesar la base de datos en Excel proporcionada por la Secretaría de Educación del Vichada (2024), permitiendo clasificar las instituciones según criterios relevantes para el estudio.

### 3.3.2. Matriz de información geoespacial y climatológica

**Objetivo:** Recopilar y estructurar datos sobre condiciones geográficas y climatológicas que afectan el potencial energético de cada zona donde se ubican las instituciones educativas.

**Estructura:** Sistema de información que integrará:

- Datos de radiación solar promedio (kWh/m<sup>2</sup>/día)
- Régimen de vientos (velocidad y dirección)
- Precipitaciones anuales y estacionalidad
- Temperatura media y variaciones estacionales
- Accesibilidad y conectividad de la zona

**Fuentes:** Información obtenida de bases de datos del IDEAM, NASA Surface Meteorology and Solar Energy, y sistemas de información geográfica nacionales.

**Aplicación:** Este instrumento permitirá determinar el potencial energético de cada zona y las tecnologías renovables más adecuadas según las condiciones ambientales específicas.

### 3.3.3. Matriz de evaluación comparativa de alternativas

**Objetivo:** Sistematizar y comparar distintas soluciones energéticas aplicables a entornos educativos rurales, considerando múltiples criterios técnicos, económicos y sociales.

**Estructura:** Tabla de evaluación multicriterio que incluye:

- Tipos de tecnologías energéticas renovables disponibles en el mercado
- Requerimientos técnicos de implementación
- Costos de inversión, operación y mantenimiento
- Vida útil y sostenibilidad
- Adaptabilidad a condiciones locales
- Facilidad de operación y mantenimiento por la comunidad
- Impacto ambiental y social

**Aplicación:** Se utilizará para analizar documentalmente las diferentes alternativas y seleccionar las más adecuadas para cada tipo de institución educativa, según su ubicación, tamaño y necesidades específicas.

### 3.3.4. Instrumento de modelización energética

**Objetivo:** Estimar los requerimientos energéticos de cada institución y modelar el comportamiento de diferentes soluciones energéticas bajo las condiciones específicas.

**Estructura:** Software especializado o plantillas de cálculo para:

- Estimar consumo energético según número de usuarios y equipamiento
- Proyectar demanda energética en distintos escenarios
- Rendimiento similar de sistemas energéticos bajo condiciones locales
- Calculador dimensionamiento óptimo de instalaciones
- Estimar costos y beneficios en ciclo de vida completo

**Aplicación:** Este instrumento permitirá desarrollar modelos predictivos sobre el comportamiento de los sistemas energéticos sin necesidad de implementación física, utilizando datos estadísticos estándar de consumo para instalaciones educativas similares.

Los instrumentos descritos serán aplicados de manera secuencial durante el desarrollo del proyecto, iniciando con la recopilación y organización de datos existentes, para luego proceder al análisis comparativo y finalmente a la modelización y desarrollo de la metodología de mejoramiento energético.

### 3.4. Descripción de procedimientos

Para sistematizar el análisis de la información secundaria requerida en esta investigación, se ha diseñado un protocolo estructurado de procedimientos que abarca desde la recopilación inicial de datos hasta la validación final de resultados. Este protocolo se organiza en cinco fases secuenciales que permiten el procesamiento integral de la información disponible y garantizan la rigurosidad metodológica del estudio. La siguiente matriz detalla las actividades específicas, cronogramas, fuentes y resultados esperados en cada fase del proceso analítico:

**Tabla 1.**  
*Matriz de Procedimientos para el Análisis de Información Secundaria*

Fase	Actividades	Tiempo	Fuentes de información	Procedimiento	Resultado esperado
1. Análisis de bases de datos de la Secretaría de Educación	Procesamiento y categorización de datos de estudiantes matriculados	2 semanas	Base de datos Excel proporcionada por la Secretaría de Educación del Vichada (2024)	Filtrado, categorización y análisis estadístico descriptivo de la información.	Caracterización detallada de las 21 sedes educativas rurales no interconectadas
	Georreferenciación de las instituciones	1 semana	Coordenadas disponibles en la base de datos de la Secretaría	Utilización de herramientas SIG para mapear las instituciones	Mapa de distribución de instituciones con potencial energético
	Análisis de infraestructura existente	1 semana	Registros de infraestructura de la Secretaría de Educación	Tabulación de datos sobre instalaciones físicas.	Diagnóstico de condiciones actuales
2. Recopilación de datos complementarios	Obtención de datos climatológicos	1 semana	IDEAM (radiación solar, régimen de vientos, precipitaciones)	Descarga y procesamiento de información meteorológica	Caracterización del potencial energético renovable por zona
	Compilación de datos demográficos	1 semana	DANE (censo poblacional, proyecciones)	Análisis estadístico de datos poblacionales	Contexto sociodemográfico de cada

	Recopilación de normatividad vigente	1 semana	Mín. Educación, Min. Minas y Energía, CREG, IPSE	Revisión sistemática de normativas	institución educativa Marco legal aplicable
3. Análisis comparativo de soluciones energéticas	Investigación documental sobre alternativas energéticas	2 semanas	Estudios académicos, informes técnicos, proyectos similares.	Revisión bibliográfica sistemática	Matriz comparativa de alternativas
	Evaluación técnica documental	2 semanas	Especificaciones técnicas de soluciones energéticas	Análisis de viabilidad técnica según condiciones del Vichada	Preselección de alternativas viables
	Análisis económico	2 semanas	Cotizaciones, informes de mercado, estudios de caso.	Evaluación de costos, retorno de inversión	Comparativo económico de alternativas
	Modelado de necesidades energéticas	2 semanas	Datos de consumo estándar educativo, infraestructura	Cálculo de demanda energética estimada	Perfil de consumo por tipo de institución
4. Evaluación y modelización	Diseño teórico de soluciones.	2 semanas	Resultados de análisis anteriores	Desarrollo de propuestas adaptadas a cada contexto.	Metodología de mejoramiento energético
	Simulación de implementación	2 semanas	Software especializado, datos recopilados	Proyección de resultados esperados	Indicadores de impacto estimados
5. Integración y desarrollo metodológico	Sistematización de la información	1 semana	Todos los análisis anteriores	Organización de resultados	Documento técnico integral
	Formulación metodológica	2 semanas	Resultados de análisis anteriores	Desarrollo del paso a paso metodológico	Propuesta metodológica final
	Validación teórica	1 semana	Literatura especializada	Contraste con experiencias documentadas.	Ajustes finales a la metodología

Nota: Elaboración propia.

### 3.4.1. Cronograma de actividades para análisis de 21 Sedes Educativas

**Tabla 2.**  
*Cronograma Compacto (3 meses)*

<b>Actividad</b>	<b>mes 1</b>	<b>mes 2</b>	<b>Mes 3</b>
<b>Análisis de bases de datos de la Secretaría</b>			
Procesamiento y categorización de datos	■■■■■■■		
Georreferenciación de instituciones	■■■		
Análisis de infraestructura existente	■■■		
<b>Recopilación de datos complementarios</b>			
Obtención de datos climatológicos	■■■		
Compilación de datos demográficos	■■■		
Recopilación de normatividad	■■■		
<b>Análisis comparativo de soluciones</b>			
Documental de investigación	■■	■■■	
Evaluación técnica documental		■■■■	
Análisis económico		■■■■	
<b>Evaluación y modelización</b>			
Modelado de necesidades energéticas		■■■	■
Diseño teórico de soluciones.			■■■
Simulación de implementación			■■■
<b>Integración y desarrollo metodológico</b>			
Sistematización de la información			■■
Formulación metodológica			■■
Validación teórica			■

*Nota:* Elaboración propia.

**Tabla 3.**  
*Cronograma Semanal Conciso (12 semanas)*

<b>Actividad</b>	<b>Semanas de ejecución</b>
<b>Análisis de bases de datos de la Secretaría</b>	
Procesamiento y categorización de datos	Semanas 1 y 2
Georreferenciación de instituciones	Semanas 2 y 3
Análisis de infraestructura existente	Semanas 3 y 4
<b>Recopilación de datos complementarios</b>	

Obtención de datos climatológicos	Semanas 2-4
Compilación de datos demográficos	Semanas 1-3
Recopilación de normatividad	Semanas 1 y 2
<b>Análisis comparativo de soluciones.</b>	
Documental de investigación	Semanas 4-6
Evaluación técnica documental	Semanas 5-7
Análisis económico	Semanas 6-8
<b>Evaluación y modelización</b>	
Modelado de necesidades energéticas	Semanas 7-9
Diseño teórico de soluciones.	Semanas 8-10
Simulación de implementación	Semanas 9-11
<b>Integración y desarrollo metodológico</b>	
Sistematización de la información	Semanas 10 y 11
Formulación metodológica	Semanas 11-12
Validación teórica	Semana 12

*Nota:* Elaboración propia.

### **Consideraciones para la ejecución en 3 meses:**

**Trabajo en paralelo:** Se han programado actividades simultáneas cuando no dependen directamente de unas de otras. Por ejemplo, la recopilación de datos climatológicos, demográficos y normativos se realiza en paralelo.

**Intensificación de esfuerzos:** Las actividades de investigación documental y análisis técnico se realizarán con dedicación exclusiva durante sus períodos asignados.

**Aprovechamiento de datos secundarios:** Al tratarse de un trabajo netamente investigativo, se maximizará el uso de información disponible en bases de datos oficiales, sin necesidad de visitas de campo.

**Asignación de recursos:** Se recomienda contar con al menos tres investigadores especializados trabajando simultáneamente en diferentes componentes del proyecto:

- Especialista en análisis de datos e infraestructura.

- Especialista en energías renovables y modelización técnica.
- Especialista en análisis económico y normativo.

**Uso de herramientas digitales:** Se empleará software especializado para el análisis de datos y georreferenciación, lo que permitirá optimizar los tiempos de procesamiento. (Excel y Google Earth).

**Reuniones semanales:** Se mantendrán reuniones de coordinación cada semana para garantizar el avance adecuado del proyecto y resolver inconvenientes oportunamente.

Este cronograma compacto permitirá completar el análisis de las 21 sedes educativas en el plazo de 3 meses, generando como resultado final una metodología integral de mejoramiento energético adaptada a las condiciones específicas del departamento del Vichada.

### **3.5. Análisis de información**

La metodología de análisis de información para esta investigación se ha diseñado considerando el enfoque mixto y el carácter documental del estudio, empleando herramientas informáticas accesibles pero potentes para procesar los datos secundarios obtenidos. A continuación, se detalla el procedimiento analítico que se implementará.

#### **3.5.1. Procesamiento y análisis de datos con Microsoft Excel**

Microsoft Excel constituirá la herramienta principal para el procesamiento y análisis de la información, siguiendo un protocolo estructurado en varias fases:

##### **1. Fase de preparación y depuración de datos.**

Importación y consolidación de bases de datos: Las bases de datos proporcionadas por la Secretaría de Educación del Vichada serán importadas a Excel, donde se realizará la unificación de formatos y estructuras para facilitar su manejo.

Depuración de la información: Se aplicarán técnicas de limpieza de datos mediante:

- Identificación y tratamiento de valores atípicos usando funciones condicionales
- Eliminación de duplicados mediante la función correspondiente de Excel

- Validación de la integridad de datos usando tablas dinámicas para detectar inconsistencias
- Estandarización de nomenclaturas y unidades de medida.

Codificación de variables cualitativas: Se asignarán códigos numéricos a variables categóricas para facilitar su análisis cuantitativo posterior.

## **2. Fase de análisis estadístico descriptivo**

Caracterización de las instituciones educativas:

- Distribución de frecuencias para clasificar las instituciones según tamaño, ubicación y características de infraestructura
- Cálculo de estadísticos descriptivos básicos (media, mediana, moda, desviación estándar)
- Elaboración de tablas resumen que sintetizan las principales características de cada institución.

Análisis de demanda energética potencial:

- Estimación de consumo energético por institución según número de estudiantes, infraestructura y equipamiento básico necesario
- Creación de indicadores energéticos mediante fórmulas personalizadas en Excel.
- Segmentación de instituciones por rangos de demanda energética estimada

## **3. Fase de análisis comparativo y relacional**

Tablas dinámicas: Se utilizarán para analizar:

- Distribución geográfica de las instituciones por municipio y tipo
- Relación entre tamaño de la institución y demanda energética estimada
- Comparación de condiciones actuales entre diferentes zonas del departamento

Análisis correlacional:

- Aplicación de coeficientes de evaluación para identificar variables asociadas a la demanda energética

- Construcción de matrices de evaluación entre variables clave.
- Análisis de tendencias mediante gráficos de dispersión con líneas de tendencia

#### **4. Fase de visualización de datos**

Generación de gráficos:

- Gráficos de barras y columnas para comparaciones entre instituciones.
- Gráficos circulares para distribuciones porcentuales.
- Gráficos de dispersión para análisis de correlaciones.
- Histogramas para distribuciones de frecuencias.
- Gráficos de radar para evaluación multidimensional de alternativas energéticas

#### **3.5.2. Análisis geoespacial con Google Earth**

Google Earth se utilizará como herramienta complementaria para el análisis geoespacial, siguiendo estos procedimientos:

Georreferenciación de instituciones educativas:

- Ubicación de cada institución mediante coordenadas obtenidas de las bases de datos oficiales
- Creación de marcadores personalizados según tipo de institución y características relevantes
- Exportación de coordenadas en formato KML compatible con Excel

Análisis de condiciones geográficas y ambientales:

- Análisis de accesibilidad a través de la visualización de vías y rutas disponibles.
- Estudio de factores ambientales relevantes (vegetación, cuerpos de agua, exposición solar)

Cálculo de distancias y áreas:

- Medición de distancias entre instituciones y centros urbanos
- Determinación de áreas disponibles para posibles instalaciones energéticas.

Integración con datos estadísticos:

- Exportación de datos geospaciales en formato compatible con Excel
- Conversión de coordenadas entre sistemas Cartesianas y Gauss-Krüger según necesidades del análisis

### **3.5.3. Integración de análisis y validación de resultados**

La integración entre los análisis estadísticos y geospaciales se realizará mediante:

**Cruce de información:**

- Vinculación de bases de datos estadísticas con información georreferenciada
- Creación de identificadores únicos para cada institución que permitan relacionar todos los datos

Análisis de patrones espaciales:

- Identificación de clusters o agrupaciones de instituciones con características similares.
- Evaluación de factores geográficos que inciden en las necesidades energéticas.

Validación cruzada de resultados:

- Comparación de estimaciones por diferentes métodos para verificar consistencia.
- Triangulación de fuentes de datos para aumentar la confiabilidad de los resultados.
- Aplicación de pruebas estadísticas de consistencia interna cuando sea apropiado.

Control de calidad:

- Verificación sistemática de cálculos mediante fórmulas de control.
- Revisión de resultados por pares para detectar posibles errores o inconsistencias.
- Documentación detallada del proceso analítico para garantizar transparencia y replicabilidad.

Esta metodología de análisis permitirá procesar de manera eficiente la información secundaria disponible, generando resultados confiables y representativos que sustentarán el desarrollo de la propuesta metodológica de mejoramiento energético para las instituciones educativas rurales no interconectadas del Vichada.

### **3.6. Consideraciones éticas**

La investigación científica debe estar guiada por principios éticos fundamentales que aseguren el respeto por los derechos, la dignidad y el bienestar de todos los involucrados, así como la integridad del proceso investigativo. El presente proyecto, aunque se basa principalmente en el análisis de datos secundarios, reconoce su responsabilidad ética hacia las comunidades educativas rurales del Vichada y hacia el avance del conocimiento científico. Por ello, se compromete a adherirse a los siguientes principios éticos generales:

- **Beneficencia:** El proyecto busca generar beneficios concretos para las comunidades educativas rurales, contribuyendo a mejorar sus condiciones energéticas y, por ende, su calidad educativa.
- **No maleficencia:** Se garantizará que ninguna parte del proceso investigativo o sus resultados generen perjuicios a las comunidades o instituciones involucradas.
- **Justicia:** La metodología propuesta considera criterios equitativos de distribución de beneficios, priorizando la atención a las necesidades más urgentes.
- **Integridad científica:** Todo el proceso investigativo se realizará con honestidad, objetividad y transparencia, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados.
- **Responsabilidad social:** Se reconoce la responsabilidad de contribuir al desarrollo sostenible y al mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades vulnerables.

#### **3.6.1. Análisis de consideraciones éticas**

En cumplimiento de los lineamientos éticos establecidos por Uniminuto y por la comunidad científica en general, esta investigación aplicará las siguientes consideraciones éticas específicas:

##### **Lineamientos éticos de Uniminuto**

El proyecto se alinea con la misión institucional de Uniminuto que promueve el desarrollo integral sostenible de las comunidades y regiones más necesitadas, a través de:

**Compromiso con el desarrollo social:** La investigación contribuye directamente a los objetivos de desarrollo sostenible, particularmente el ODS 7 (energía asequible y no contaminante) y el ODS 4 (educación de calidad), alineándose con la praxeología social promovida por Uniminuto.

**Responsabilidad ambiental:** La propuesta metodológica considera soluciones energéticas ambientalmente sostenibles, minimizando impactos negativos en ecosistemas frágiles del Vichada.

**Inclusión y respeto por la diversidad:** Se reconocerá y respetará la diversidad cultural de las comunidades indígenas y campesinas del Vichada, considerando sus particularidades en el diseño metodológico.

### **Manejo ético de datos e información**

**Confidencialidad y privacidad:** Aunque se trabajará con datos secundarios proporcionados por la Secretaría de Educación del Vichada, se garantizará:

- Protección de información sensible de las instituciones educativas.
- Anonimización de datos cuando sea necesario.
- Uso de la información exclusivamente para los fines declarados de la investigación.

**Transparencia en el manejo de datos:**

- Documentación clara sobre el origen de todos los datos utilizados.
- Explicación detallada de los métodos de procesamiento y análisis.
- Declaración explícita de limitaciones metodológicas.

### **Integridad científica y académica**

**Rigor metodológico:** Se aplicarán métodos válidos y verificables para la recolección y análisis de datos, evitando sesgos o interpretaciones tendenciosas.

**Respecto a la propiedad intelectual:**

- Reconocimiento adecuado de todas las fuentes consultadas.
- Citación rigurosa según normas APA 7.
- Evitar cualquier forma de plagio o apropiación indebida de ideas ajenas.

Veracidad y objetividad:

- Presentación honesta de resultados, incluso cuando no coinciden con las hipótesis iniciales.
- Distinción clara entre hechos comprobados y opiniones o especulaciones.
- Documentación de posibles conflictos de interés que podrían afectar la objetividad.

### **Consideraciones éticas en la comunicación de resultados**

**Accesibilidad de la información:**

- Comunicación de resultados en formatos comprensibles para diferentes audiencias.
- Compromiso de compartir los hallazgos con las instituciones y comunidades involucradas.

**Uso responsable de los resultados:**

- Prevención del uso inadecuado de la información generada.

La aplicación rigurosa de estas consideraciones éticas permitirá que la investigación no solo cumpla con los estándares académicos y científicos requeridos, sino que también contribuya significativamente al mejoramiento de las condiciones educativas de las comunidades rurales del Vichada, respetando sus derechos y dignidad en todo el proceso.

### **3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización**

El presente estudio, por su naturaleza investigativa fundamentada exclusivamente en el análisis de datos secundarios, no requiere la implementación de instrumentos formales de consentimiento informado. Esta determinación metodológica se sustenta en los siguientes aspectos:

La información utilizada procede de fuentes oficiales y de carácter público, específicamente de bases de datos proporcionadas por la Secretaría de Educación del Departamento del Vichada, entidad que, en cumplimiento de la Ley 1712 de 2014 (Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional), facilita estos datos para fines de investigación, desarrollo y mejoramiento de políticas públicas.

No obstante, aunque no se requieran instrumentos formales de autorización, este proyecto asume plenamente los compromisos éticos mencionados y aclarados anteriormente,

asegurando el equilibrio entre el derecho al acceso a la información pública y la responsabilidad en su manejo.

## 4. RESULTADOS

Los resultados presentados a continuación se obtuvieron a partir del procesamiento y análisis de la información suministrada por la Secretaría de Educación del Departamento del Vichada, contenida en los documentos "SecreEdu Base datos 1.xlsx" y " SecreEdu Base datos 2.xlsx" (ver Anexos 1 y 2 respectivamente). Para el análisis sistemático de esta información, se elaboró el documento "Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos.xlsx" (ver Anexo 3), la cual contiene el procesamiento completo de los datos y constituye la base técnica de los hallazgos que se presentan en este capítulo.

### 4.1. Caracterización general de las instituciones educativas rurales

El análisis de los datos oficiales reveló la existencia de 21 instituciones educativas rurales distribuidas en cuatro municipios del departamento del Vichada. Estas instituciones atienden a una población total de 1.185 estudiantes y cuentan con 52 docentes, lo que representa una relación promedio de 22,8 estudiantes por docente.

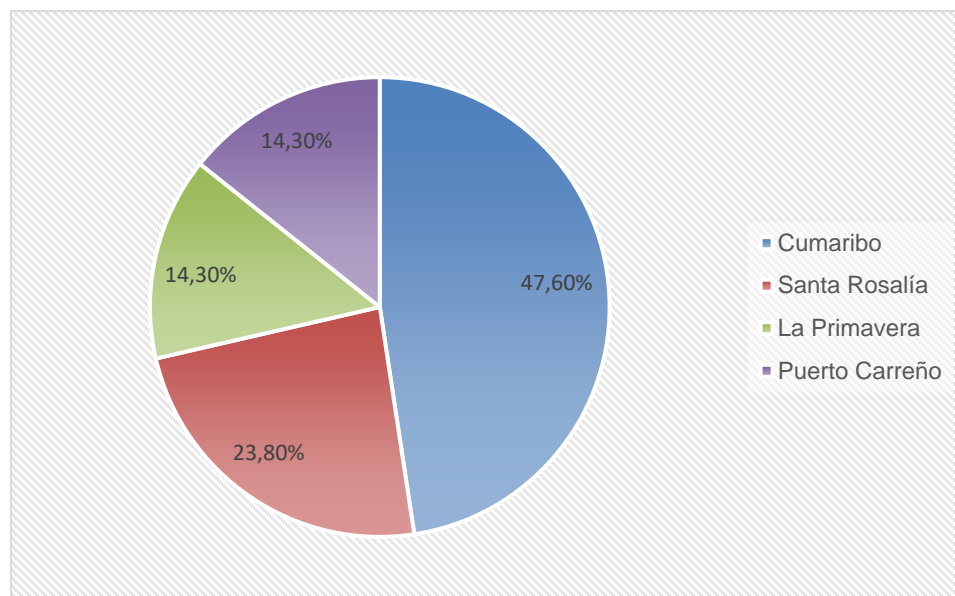
**Tabla 4.**  
*Distribución de instituciones educativas por municipio*

Municipio	Número de Sedes	% del Total	Estudiantes	% Estudiantes	Docentes
Cumaribo	10	47,6%	822	69,4%	34
Santa Rosalía	5	23,8%	151	12,7%	8
La Primavera	3	14,3%	94	7,9%	5
Puerto Carreño	3	14,3%	118	10,0%	5

*Nota:* Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo ).

La concentración más significativa se presenta en el municipio de Cumaribo, que alberga el 47.6% de las instituciones y el 69.4% de la población estudiantil total.

**Figura 1.**  
Distribución de sede por municipio



*Nota:* Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo 3).

## 4.2. Diagnóstico de la situación energética actual

### 4.2.1. Estado general del suministro energético

El diagnóstico de la situación energética revela una crisis significativa en el acceso a servicios energéticos. De las 21 instituciones analizadas, 15 sedes (71.4%) carecen completamente de suministro eléctrico, afectando directamente a 476 estudiantes.

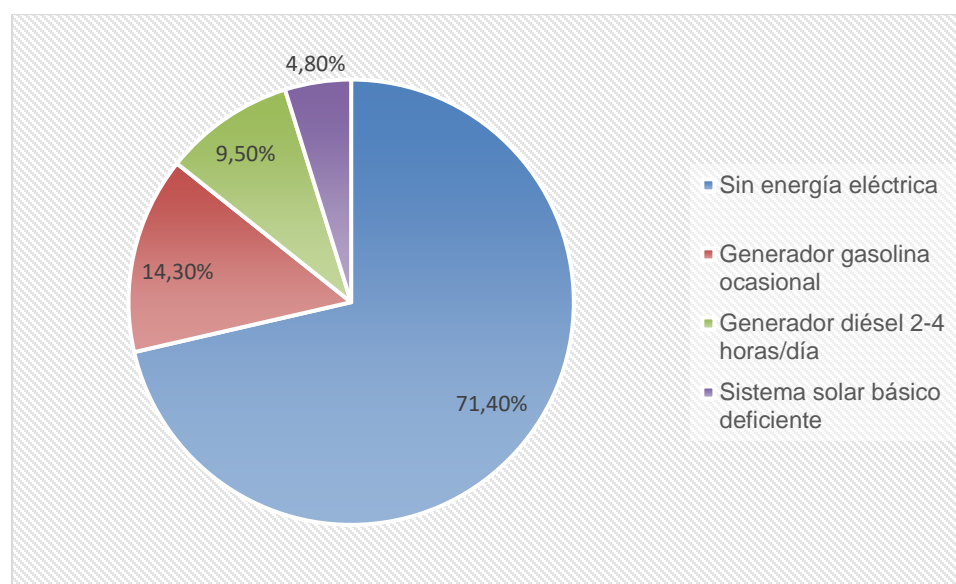
**Tabla 5.**  
Situación energética actual por institución

Situación Energética	Número de Sedes	% del Total	Estudiantes Afectados	% Estudiantes
Sin energía eléctrica	15	71,4%	476	40,2%
Generador gasolina ocasional	3	14,3%	107	9,0%

Generador diésel 2-4 horas/día	2	9,5%	412	34,8%
Sistema solar básico deficiente	1	4,8%	190	16,0%

Nota: Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo 3).

**Figura 2.**  
Distribución porcentual de la situación energética



Nota: Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo 3).

#### 4.2.2. Análisis por núcleo educativo

La distribución de la problemática energética por núcleo educativo muestra patrones diferenciados de afectación:

**Tabla 6.**  
Situación energética por núcleo educativo

Núcleo Educativo	Total Sedes	% del Total	Estudiantes	% Estudiantes
Núcleo 3	10	47,6%	913	77,0%
Núcleo 6	5	23,8%	64	5,4%
Núcleo 2	3	14,3%	109	9,2%
Núcleo 1	2	9,5%	68	5,7%
Núcleo 5	1	4,8%	31	2,6%

Nota: Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo 3).

### 4.3. Caracterización sociodemográfica y educativa

#### 4.3.1. Perfil de la población estudiantil

La población estudiantil presenta características sociodemográficas particulares que influyen en los requerimientos energéticos específicos:

**Tabla 7.**  
*Características demográficas de la población estudiantil*

<b>Característica</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
Estudiantes masculinos	630	53.2%
Estudiantes femeninos	555	46.8%
Población migrante venezolana	34	2.9%
Total estudiantes	1,185	100.0%
Total docentes	52	-
Ratio estudiantes/docente	22.8	-

*Nota:* Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo 3).

#### 4.3.2. Modelos educativos implementados

El análisis de los modelos educativos revela la predominancia de metodologías específicas para zonas rurales:

**Tabla 8.**  
*Distribución de modelos educativos*

<b>Modelo Educativo</b>	<b>Número de Sedes</b>	<b>% del Total</b>	<b>Estudiantes Atendidos</b>
Escuela Nueva	13	61.9%	375
Educación Tradicional	5	23.8%	319
Etnoeducación	3	14.3%	491

*Nota:* Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo 3).

#### 4.3.3. Características poblacionales específicas

**Tabla 9.**  
*Tipología poblacional de las comunidades atendidas*

<b>Tipo de Población</b>	<b>Sedes</b>	<b>% Sedes</b>	<b>Estudiantes</b>	<b>Características Especiales</b>
--------------------------	--------------	----------------	--------------------	-----------------------------------

Campesina	17	81.0%	670	Actividades agropecuarias predominantes
Indígena	3	14.3%	491	Requiere etnoeducación diferenciada
Mixta	1	4.8%	24	Diversidad cultural

*Nota:* Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo 3).

#### 4.4. Identificación de necesidades energéticas específicas

##### 4.4.1. Clasificación de instituciones por tamaño y demanda energética

La clasificación de las 21 instituciones educativas rurales según su tamaño y demanda energética se estableció considerando el número de estudiantes matriculados, infraestructura disponible y requerimientos básicos de funcionamiento. Esta tipología permite el diseño de soluciones energéticas diferenciadas según las características específicas de cada institución.

**Tabla 10.**

*Clasificación detallada por tamaño y demanda energética*

Clasificación	Rango de Estudiantes	Número de Sedes	Características Principales	Demanda Energética Estimada
Micro-instituciones	1-20 estudiantes	9 (42.9%)	1-2 aulas, 1 docente, infraestructura básica	3.0-7.2 kWh/día
Instituciones Pequeñas	21-50 estudiantes	7 (33.3%)	2-3 aulas, 1-2 docentes, servicios limitados	7.2-12.5 kWh/día
Instituciones Medianas	51-100 estudiantes	2 (9.5%)	3-4 aulas, 2-3 docentes, servicios intermedios	12.5-18.8 kWh/día
Instituciones Grandes	>100 estudiantes	3 (14.3%)	4+ aulas, 3+ docentes, servicios completos	18.8-32.4 kWh/día

*Nota:* Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos (Anexo 3). y Matriz 3.3.4 Instrumento de modelización energética (Anexo 6)

La distribución evidencia una predominancia de micro-instituciones y establecimientos pequeños (76.2% del total), lo que requiere enfoques específicos de dimensionamiento energético adaptados a escalas menores de operación.

#### 4.4.2. Análisis de consumo energético por categoría institucional

El análisis de requerimientos energéticos por categoría revela patrones diferenciados de consumo según el tamaño y las actividades desarrolladas en cada institución:

**Tabla 11.**  
*Perfil de consumo energético por categoría*

<b>Componente de Consumo</b>	<b>Micro</b>	<b>Pequeña</b>	<b>Mediana</b>	<b>Grande</b>
Iluminación básica	3.0 kWh/día	4.8 kWh/día	6.4 kWh/día	12.8 kWh/día
Ventilación	2.3 kWh/día	3.6 kWh/día	4.8 kWh/día	9.6 kWh/día
Equipos de cómputo	1.5 kWh/día	2.5 kWh/día	4.0 kWh/día	6.5 kWh/día
Equipos audiovisuales	0.8 kWh/día	1.2 kWh/día	1.2 kWh/día	2.5 kWh/día
Servicios administrativos	0.4 kWh/día	0.8 kWh/día	1.6 kWh/día	2.4 kWh/día
Servicios auxiliares	0.2 kWh/día	0.5 kWh/día	1.0 kWh/día	1.8 kWh/día
<b>TOTAL PROMEDIO</b>	<b>7.2 kWh/día</b>	<b>12.5 kWh/día</b>	<b>18.8 kWh/día</b>	<b>32.4 kWh/día</b>

*Nota:* Elaboración propia basada en estándares técnicos colombianos y Matriz 3.3.4 Instrumento de modelización energética (Anexo 6)

#### 4.4.3. Potencial energético renovable por zona

El análisis del potencial energético renovable se basó en datos climatológicos del IDEAM y estudios específicos para el departamento del Vichada:

**Tabla 12.**  
*Potencial solar por municipio*

<b>Municipio</b>	<b>HSP Promedio (kWh/m<sup>2</sup>/día)</b>	<b>Radiación Anual (kWh/m<sup>2</sup>/año)</b>	<b>Potencial Técnico</b>	<b>Condiciones Climáticas</b>
Puerto Carreño	5.0	1,825	Excelente	Menor nubosidad, zona centro-norte
Cumaribo	4.5	1,643	Muy bueno	Condiciones estables, zona centro-sur
La Primavera	4.5	1,643	Muy bueno	Radiación constante, zona central
Santa Rosalía	4.3	1,570	Bueno	Mayor nubosidad, zona norte

*Nota:* Elaboración propia basada en datos IDEAM y Matriz 3.3.2 información geoespacial y climatológica (Anexo 4)

#### 4.5. Evaluación técnica y económica de alternativas energéticas

##### 4.5.1. Análisis comparativo de tecnologías energéticas

La evaluación de tecnologías energéticas renovables se realizó considerando las condiciones específicas del departamento del Vichada, incluyendo aspectos técnicos, económicos y de sostenibilidad:

**Tabla 13.**  
*Matriz comparativa de tecnologías energéticas*

<b>Criterio de Evaluación</b>	<b>Sistemas Fotovoltaicos</b>	<b>Micro-hidroeléctrica</b>	<b>Sistemas Eólicos</b>	<b>Generadores Diésel</b>
Viabilidad Técnica	Excelente (5/5)	Limitada (2/5)	Regular (3/5)	Buena (4/5)
Costo de Inversión	Medio (\$6.2M/kWp)	Alto (\$12M/kWp)	Alto (\$8M/kWp)	Bajo (\$2M/kW)

Costos Operativos	Muy bajos	Bajos	Bajos	Muy altos
Impacto Ambiental	Mínimo	Medio	Bajo	Alto
Mantenimiento	Mínimo	Medio	Alto	Alto
Autonomía Energética	Alta (25 años)	Muy alta (50 años)	Alta (20 años)	Dependiente
Adaptabilidad Local	Excelente	Limitada	Regular	Buena

*Nota:* Elaboración propia basada en la Matriz 3.3.3 evaluación comparativa de alternativas (Anexo 5).

#### 4.5.2. Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos

El dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos se realizó aplicando factores de corrección específicos para condiciones rurales remotas:

**Tabla 14.**  
*Dimensionamiento por categoría de institución*

<b>Categoría</b>	<b>Consumo Diario (kWh)</b>	<b>Potencia FV Requerida (kW)</b>	<b>Capacidad de Baterías (kWh)</b>	<b>Inversión Estimada (COP)</b>
Micro	7,2	2,1	14,4	\$16.223.000
Pequeña	12,5	3,6	25,0	\$28.148.000
Mediana	18,8	5,4	37,6	\$42.222.000
Grande	32,4	8,8	64,8	\$68.872.000

*Nota:* Incluye factores de seguridad (1.30), transporte (15%) e instalación remota (10%). Elaboración propia basada en Matriz 3.3.4 Instrumento de modelización energética (Anexo 6).

#### 4.5.3. Análisis de costos por beneficiario

El análisis de costos por beneficiario revela importantes diferencias según el tamaño de la institución:

**Tabla 15.**  
*Costo por estudiante según categoría*

<b>Categoría</b>	<b>Estudiantes Promedio</b>	<b>Inversión Promedio</b>	<b>Costo por Estudiante</b>	<b>Observaciones</b>
Micro	8	\$16.223.000	\$2.027.875	Costo elevado por economías de escala
Pequeña	35	\$28.148.000	\$804.229	Relación costo-beneficio moderada
Mediana	70	\$42.222.000	\$603.171	Mejor eficiencia económica
Grande	201	\$68,872,000	\$342,650	Mayor eficiencia por escala

*Nota:* Elaboración propia basada en Matriz 3.3.4 Instrumento de modelización energética (Anexo 6).

#### 4.6. Condiciones de implementación y factores críticos

##### 4.6.1. Análisis de accesibilidad y logística

Las condiciones geográficas del departamento del Vichada presentan desafíos significativos para la implementación de proyectos energéticos:

**Tabla 16.**

*Condiciones de accesibilidad por zona*

<b>Zona</b>	<b>Distancia Promedio al Casco Urbano</b>	<b>Tipo de Vía</b>	<b>Accesibilidad en Época Seca</b>	<b>Accesibilidad en Época Lluviosa</b>
Zona Norte (Santa Rosalía)	45 km	Trocha	Regular	Difícil
Zona Centro (Cumaribo)	78 km	Camino destapado	Regular	Muy difícil
Zona Sur (La Primavera)	52 km	Trocha/Camino	Regular	Difícil
Zona Este (Puerto Carreño)	35 km	Camino destapado	Buena	Regular

*Nota:* Elaboración propia basada en análisis geoespacial con Google Earth.

#### 4.6.2. Capacidades técnicas locales

El análisis de capacidades técnicas locales identifica limitaciones importantes para el mantenimiento y operación de sistemas energéticos:

**Tabla 17.**  
*Disponibilidad de capacidades técnicas*

<b>Aspecto Técnico</b>	<b>Disponibilidad Local</b>	<b>Requerimientos de Capacitación</b>	<b>Nivel de Prioridad</b>	<b>Aspecto Técnico</b>
Electricistas certificados	Muy limitada	Capacitación básica en sistemas FV	Alta	Electricistas certificados
Técnicos en electrónica	Inexistente	Formación en diagnóstico de fallas	Media	Técnicos en electrónica
Conocimientos en energía solar	Básicos	Operación y mantenimiento	Alta	Conocimientos en energía solar
Gestión de inventarios	Limitada	Manejo de repuestos y herramientas	Media	Gestión de inventarios
Procedimientos de seguridad	Básicos	Normativas eléctricas rurales	Alta	Procedimientos de seguridad

*Nota:* Elaboración propia basada en diagnóstico de capacidades locales.

#### 4.6.3. Marco institucional y normativo

El análisis del marco institucional revela la participación de múltiples actores con responsabilidades específicas:

**Tabla 18.**  
*Actores institucionales y sus roles*

<b>Actor Institucional</b>	<b>Responsabilidad Principal</b>	<b>Nivel de Participación</b>	<b>Recursos Disponibles</b>
Secretaría de Educación Vichada	Coordinación educativa	Alto	Información, logística

IPSE	Financiación y supervisión técnica	Alto	Recursos financieros
Alcaldías Municipales	Apoyo logístico local	Medio	Transporte, personal
Gobernación de Vichada	Coordinación departamental	Alto	Recursos, coordinación
MinEducación	Políticas y normativas	Medio	Marco regulatorio
Comunidades Educativas	Operación y mantenimiento	Alto	Mano de obra, vigilancia

*Nota:* Elaboración propia basada en análisis de stakeholders.

Estos resultados proporcionan la base técnica para el desarrollo de la metodología de mejoramiento energético específica para las condiciones del departamento del Vichada, considerando las particularidades identificadas en cada aspecto analizado.

## 5. DISCUSIÓN

La presente investigación ha permitido caracterizar de manera integral la situación energética de las instituciones educativas rurales no interconectadas del departamento del Vichada, revelando una problemática compleja que trasciende las dimensiones puramente técnicas y se enraíza profundamente en aspectos socioculturales, económicos y de desarrollo territorial. Los hallazgos obtenidos a través del procesamiento sistemático de información secundaria oficial confirman y amplían las perspectivas teóricas existentes sobre energización rural, al tiempo que plantean nuevos interrogantes para futuras líneas de investigación.

### 5.1. Caracterización de la problemática energética: convergencias con la literatura especializada

Los resultados evidencian que el 71.4% de las instituciones educativas rurales analizadas carecen completamente de suministro eléctrico, afectando directamente a 476 estudiantes. Esta cifra resulta consistente con las estimaciones del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE, 2019), que reporta que el 52% del territorio nacional no está conectado al Sistema Interconectado Nacional. Sin embargo, la concentración de la problemática en instituciones educativas revela una dimensión particular no suficientemente explorada en estudios previos: la vulnerabilidad específica del sector educativo rural como vector de perpetuación de desigualdades estructurales.

La distribución geográfica de la problemática energética presenta patrones que refuerzan los planteamientos de Zambrano et al. (2022) sobre la importancia de considerar factores territoriales específicos en el diseño de soluciones energéticas rurales. La concentración del 47,6% de las instituciones en el municipio de Cumaribo, que alberga el 69,4% de la población estudiantil analizada, sugiere economías de escala potenciales que contrastan con la dispersión característica de otros municipios como Santa Rosalía, donde se ubican instituciones con promedios de 30 estudiantes por sede.

Esta heterogeneidad territorial dialoga directamente con los hallazgos de García-López y Fernández (2022) en la región amazónica peruana, quienes identificaron la necesidad de desarrollar tipologías institucionales diferenciadas para optimizar las intervenciones energéticas. Los resultados de la presente investigación van más allá al proponer una clasificación específica que integra no solo el tamaño institucional sino también las características sociodemográficas y los requerimientos energéticos específicos, elementos que la literatura previa había tratado de manera fragmentada.

## **5.2. Viabilidad técnica de sistemas fotovoltaicos: validación empírica de marcos teóricos**

El análisis del potencial solar del departamento del Vichada, con promedios de 4,3 a 5,0 kWh/m<sup>2</sup>/día según la zona, confirma las proyecciones optimistas del IDEAM (2021) y valida la aplicabilidad de los marcos teóricos desarrollados por Rodríguez y Martínez (2020) para el contexto colombiano. No obstante, la presente investigación aporta una dimensión novedosa al integrar estos datos con requerimientos energéticos específicos calculados para instituciones educativas rurales, generando un modelo de dimensionamiento que considera factores locales previamente subestimados en la literatura.

La identificación de requerimientos energéticos diferenciados por categoría institucional (desde 7,2 kWh/día para micro-instituciones hasta 32,4 kWh/día para instituciones grandes) representa una contribución metodológica significativa al campo de estudio. Estos hallazgos contrastan con aproximaciones generalistas previas y se alinean con las recomendaciones de Silva y Santos (2021) sobre la necesidad de desarrollar modelos específicos para contextos amazónicos y de sabana tropical.

La aplicación de factores de corrección específicos para condiciones remotas (factor de transporte del 15% y factor de instalación remota del 10%) constituye un aporte empírico valioso que enriquece los modelos teóricos existentes. Estos factores, derivados del análisis específico de las condiciones del Vichada, proporcionan parámetros más realistas que los utilizados en estudios previos de carácter más general.

### **5.3. Dimensiones económicas: complejidad más allá de los análisis costo-beneficio tradicionales**

Los resultados económicos revelan disparidades significativas en los costos por beneficiario, oscilando entre \$342.650 COP por estudiante en instituciones grandes hasta \$2.027.875 COP en micro-instituciones. Estas cifras, si bien validan las hipótesis sobre economías de escala planteadas por Gómez et al. (2021), introducen una complejidad adicional que requiere marcos analíticos más sofisticados.

La identificación del problema de las micro-instituciones, que representan el 42,9% del total, pero atienden únicamente al 16,4% de la población estudiantil, plantea dilemas éticos y de política pública no suficientemente explorados en la literatura especializada. Thompson y Anderson (2023), en su análisis de proyectos africanos, identificaron problemáticas similares, pero no desarrollaron marcos conceptuales específicos para abordar estas asimetrías económicas.

La presente investigación sugiere que los modelos económicos tradicionales basados exclusivamente en análisis costo-beneficio resultan insuficientes para contextos de alta dispersión poblacional y marcadas asimetrías sociales. Los hallazgos apuntan hacia la necesidad de desarrollar modelos híbridos que integren criterios de eficiencia económica con consideraciones de equidad social y cohesión territorial, perspectiva que amplía los marcos teóricos existentes.

### **5.4. Factores socioculturales: dimensiones emergentes en la adopción tecnológica**

El análisis demográfico revela que el 14,3% de las instituciones atienden población indígena mediante modelos de etnoeducación, aspecto que introduce complejidades socioculturales no suficientemente abordadas en estudios previos sobre energización rural. La

presencia de 491 estudiantes indígenas (41,4% del total) en estas instituciones específicas sugiere la necesidad de desarrollar enfoques diferenciados que respeten cosmovisiones particulares sobre territorio y tecnología.

Esta dimensión cultural dialoga con los planteamientos teóricos de Rogers (2019) sobre difusión de innovaciones, pero los trasciende al evidenciar la necesidad de marcos conceptuales específicos para contextos étnicos diferenciados. La literatura especializada en energización rural ha prestado escasa atención a estas dimensiones, concentrándose principalmente en aspectos técnicos y económicos.

La identificación de una población migrante venezolana de 34 estudiantes (2,9% del total) introduce una variable adicional de complejidad social que no ha sido considerada en estudios previos sobre el Vichada. Esta dimensión migratoria plantea interrogantes sobre sostenibilidad y apropiación comunitaria de las tecnologías implementadas, aspectos cruciales para el éxito a largo plazo de las intervenciones energéticas.

### **5.5. Capacidades institucionales: brechas entre marcos normativos y realidades territoriales**

El análisis del marco institucional evidencia una compleja arquitectura de actores con responsabilidades superpuestas y recursos limitados. La identificación del IPSE como actor central para financiación contrasta con las limitadas capacidades técnicas locales, generando una dependencia estructural que puede comprometer la sostenibilidad de las intervenciones.

Los hallazgos sobre capacidades técnicas locales (disponibilidad muy limitada de electricistas certificados e inexistencia de técnicos especializados) confirman las preocupaciones planteadas por Herrera y Castillo (2023) sobre la implementación de la Ley 1715 de 2014. No obstante, la presente investigación aporta evidencia específica sobre las dimensiones y características de estas limitaciones, proporcionando bases empíricas para el diseño de estrategias de fortalecimiento institucional.

La brecha identificada entre marcos normativos progresistas (Ley 1715 de 2014, Ley 697 de 2001) y capacidades reales de implementación territorial sugiere la necesidad de desarrollar enfoques más contextualizados de política pública energética. Esta perspectiva enriquece los debates académicos sobre gobernanza energética en contextos rurales.

## **5.6. Metodologías de gerencia de proyectos: adaptaciones necesarias para contextos rurales**

La aplicación de principios del PMBOK a contextos rurales no interconectados revela la necesidad de adaptaciones metodológicas significativas. Los marcos tradicionales de gerencia de proyectos, diseñados para entornos urbanos con infraestructura desarrollada, requieren ajustes sustanciales para contextos de alta dispersión geográfica y limitadas capacidades técnicas locales.

Los resultados sugieren que la fase de gestión de stakeholders adquiere una complejidad particular en contextos rurales étnicamente diversos, donde la participación comunitaria trasciende dimensiones consultivas y se convierte en factor determinante de viabilidad. Esta perspectiva amplía los marcos teóricos desarrollados por Freeman et al. (2020) al incorporar dimensiones específicamente rurales y étnicas.

La identificación de desafíos logísticos específicos (accesibilidad estacional, costos de transporte elevados, limitaciones de almacenamiento) plantea la necesidad de desarrollar metodologías de gestión de proyectos específicamente adaptadas a contextos de frontera interior, contribución metodológica que enriquece el campo disciplinar de la gerencia de proyectos aplicada.

## **5.7. Implicaciones para el desarrollo territorial sostenible**

Los hallazgos de esta investigación tienen implicaciones que trascienden el sector energético y se proyectan hacia dimensiones más amplias de desarrollo territorial. La caracterización de patrones de desigualdad energética evidencia correlaciones con indicadores de marginalidad territorial que refuerzan marcos teóricos sobre desarrollo desigual y periferia.

La concentración de instituciones sin suministro energético en zonas con predominancia de población indígena y campesina sugiere que la problemática energética actúa como mecanismo de perpetuación de exclusiones estructurales. Esta perspectiva conecta los hallazgos energéticos con debates más amplios sobre justicia espacial y desarrollo territorial inclusivo.

Los resultados apuntan hacia la energización educativa rural como palanca potencial de transformaciones territoriales más amplias, hipótesis que requiere validación empírica a través

de estudios longitudinales que monitoreen impactos socioeconómicos de las intervenciones energéticas.

### **5.8. Aportes metodológicos al campo de estudios energéticos rurales**

La metodología desarrollada en esta investigación representa contribuciones específicas al campo de estudios energéticos rurales. La integración de análisis cuantitativos de demanda energética con caracterizaciones cualitativas de contextos socioculturales proporciona un modelo metodológico replicable para contextos similares.

El desarrollo de tipologías institucionales específicas (micro, pequeña, mediana, grande) basadas en criterios multidimensionales (tamaño, demanda energética, características poblacionales) constituye un aporte conceptual que enriquece las herramientas disponibles para planificadores y diseñadores de políticas energéticas rurales.

La aplicación sistemática de herramientas de análisis geoespacial (Google Earth) integradas con procesamiento estadístico (Excel) demuestra la viabilidad de metodologías de investigación costo-efectivas para contextos académicos con limitaciones de recursos, contribución metodológica relevante para el desarrollo de capacidades investigativas en universidades regionales.

### **5.9. Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación**

El carácter documental de esta investigación, si bien permite análisis sistemáticos de información oficial, limita la profundidad de comprensión sobre dinámicas comunitarias específicas y procesos de apropiación tecnológica. Futuras investigaciones deberían incorporar enfoques etnográficos que permitan comprender dimensiones culturales y sociales más profundas de la relación comunidad-tecnología energética.

La ausencia de mediciones directas de consumo energético en las instituciones analizadas introduce incertidumbres en las estimaciones realizadas. Estudios posteriores podrían incorporar campañas de medición directa que validen y ajusten los modelos teóricos desarrollados, proporcionando mayor robustez a las proyecciones de demanda energética.

El análisis se concentró en tecnologías fotovoltaicas por su viabilidad técnica demostrada, pero no exploró en profundidad alternativas como sistemas híbridos solar-eólicos o micro-hidroeléctricos. Investigaciones futuras podrían desarrollar análisis comparativos más exhaustivos que consideren combinaciones tecnológicas específicas para diferentes zonas del departamento.

La dimensión temporal de sostenibilidad de las intervenciones energéticas no fue abordada en profundidad debido a limitaciones de información longitudinal disponible. Estudios de seguimiento a implementaciones específicas podrían generar evidencia empírica sobre factores de éxito y fracaso en el mantenimiento y operación comunitaria de sistemas energéticos rurales.

#### **5.10. Proyecciones hacia nuevos paradigmas de desarrollo energético rural**

Los hallazgos de esta investigación sugieren la emergencia de nuevos paradigmas de desarrollo energético rural que trascienden enfoques puramente tecnológicos e incorporan dimensiones integrales de desarrollo territorial. La evidencia empírica apunta hacia la necesidad de marcos conceptuales que integren energía, educación, desarrollo cultural y cohesión territorial como dimensiones interrelacionadas.

La caracterización de heterogeneidades territoriales específicas (micro-instituciones vs. instituciones grandes, poblaciones indígenas vs. campesinas, zonas de alta vs. baja accesibilidad) sugiere la obsolescencia de enfoques uniformes y la necesidad de desarrollar políticas energéticas diferenciadas y territorialmente sensibles.

Los resultados plantean interrogantes sobre modelos de financiación y sostenibilidad económica que van más allá de análisis costo-beneficio tradicionales, apuntando hacia la necesidad de desarrollar marcos híbridos que integren eficiencia económica, equidad social y sostenibilidad ambiental como criterios simultáneos de optimización.

En conclusión, esta investigación ha generado evidencia empírica sólida sobre las características y dimensiones de la problemática energética en instituciones educativas rurales del Vichada, al tiempo que ha contribuido al desarrollo metodológico del campo de estudios energéticos rurales. Los hallazgos confirman hipótesis previas sobre la viabilidad técnica de sistemas fotovoltaicos, pero también revelan complejidades económicas, sociales e

institucionales que requieren enfoques más sofisticados y contextualizados. Las contribuciones metodológicas y empíricas de este estudio proporcionan bases sólidas para futuras investigaciones y para el diseño de políticas públicas más efectivas en contextos rurales similares.

## 6. CONCLUSIONES

La caracterización integral de las 21 instituciones educativas rurales no interconectadas del departamento del Vichada permitió identificar una problemática energética de alta complejidad que trasciende las dimensiones puramente técnicas. Se estableció que el 71,4% de estas instituciones (15 sedes) carecen completamente de suministro eléctrico, afectando directamente a 476 estudiantes y comprometiendo significativamente la calidad educativa en estas zonas rurales.

Las condiciones socioeconómicas revelan una población estudiantil de 1.185 estudiantes distribuida heterogéneamente: 630 estudiantes masculinos (53,2%) y 555 femeninos (46,8%), con una presencia significativa de población indígena (491 estudiantes, 41,4% del total) y población migrante venezolana (34 estudiantes, 2,9%). Esta diversidad demográfica introduce complejidades adicionales que requieren enfoques diferenciados en el diseño de soluciones energéticas.

Geográficamente, se confirmó una marcada concentración institucional en el municipio de Cumaribo (47,6% de las sedes, 69,4% de los estudiantes), contrastando con la dispersión característica de otros municipios como Santa Rosalía y La Primavera. Las condiciones de accesibilidad identificadas varían significativamente según la época del año, con limitaciones severas durante la temporada lluviosa que comprometen la sostenibilidad logística de las intervenciones energéticas.

La tipología institucional desarrollada estableció cuatro categorías diferenciadas: micro-instituciones (1-20 estudiantes, 42,9% del total), instituciones pequeñas (21-50 estudiantes, 33,3%), medianas (51-100 estudiantes, 9,5%) y grandes (>100 estudiantes, 14,3%). Esta clasificación evidencia la predominancia de instituciones de pequeña escala que requieren enfoques específicos de dimensionamiento energético adaptados a sus características particulares.

El análisis exhaustivo de alternativas tecnológicas confirmó la viabilidad técnica superior de los sistemas fotovoltaicos para las condiciones específicas del departamento del Vichada. Las condiciones climáticas identificadas, con promedios de radiación solar entre 4,3 y 5,0 kWh/m<sup>2</sup>/día según la zona, proporcionan un potencial energético excelente que sustenta técnicamente la implementación de sistemas solares autónomos.

Económicamente, se estableció una inversión total estimada de \$155.465.000 COP para atender las 21 instituciones mediante sistemas fotovoltaicos dimensionados según requerimientos específicos. Sin embargo, el análisis reveló disparidades significativas en la relación costo-beneficio, con costos por estudiante que oscilan entre \$342.650 COP en instituciones grandes hasta \$2.027.875 COP en micro-instituciones, evidenciando la necesidad de estrategias diferenciadas de financiación e implementación.

La evaluación económica comparativa demostró que, pese a la inversión inicial superior de los sistemas fotovoltaicos (\$6.2M/kWp) frente a generadores diésel (\$2M/kW), los costos operativos prácticamente nulos de la tecnología solar y su vida útil de 25 años generan ventajas económicas sustanciales en el ciclo de vida completo del proyecto. Esta conclusión se refuerza al considerar los costos logísticos de suministro de combustibles en zonas remotas del Vichada.

Ambientalmente, los sistemas fotovoltaicos presentan impactos mínimos comparados con alternativas convencionales, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental de estos territorios frágiles. La ausencia de emisiones operacionales y la mínima huella ecológica de las instalaciones se alinean con objetivos de conservación ambiental relevantes para ecosistemas de sabana inundable característicos del departamento.

Se desarrolló exitosamente una metodología integral de mejoramiento energético fundamentada en principios de gerencia de proyectos y adaptada específicamente a las condiciones del departamento del Vichada. Esta metodología integra cinco componentes principales: caracterización institucional diferenciada, dimensionamiento energético específico por categoría, evaluación multicriterio de alternativas tecnológicas, análisis de viabilidad integral y diseño de estrategias de implementación contextualizada.

La metodología propuesta incorpora adaptaciones específicas de marcos tradicionales de gerencia de proyectos para contextos rurales no interconectados, incluyendo estrategias diferenciadas de gestión de stakeholders que reconocen la diversidad étnica y cultural de las

comunidades beneficiarias. Se establecieron protocolos específicos para la gestión de riesgos asociados a condiciones de accesibilidad limitada, capacidades técnicas locales restringidas y sostenibilidad financiera a largo plazo.

El componente de dimensionamiento energético desarrollado proporciona herramientas específicas para calcular requerimientos energéticos según tipología institucional, aplicando factores de corrección validados empíricamente para condiciones del Vichada. Estos incluyen factores de simultaneidad (0,75), demanda (0,80), seguridad fotovoltaica (1,30), transporte remoto (15%) e instalación especializada (10%).

La metodología incluye estrategias de fortalecimiento de capacidades técnicas locales como componente esencial de sostenibilidad, reconociendo las limitaciones identificadas en disponibilidad de electricistas certificados y técnicos especializados. Se proponen programas específicos de capacitación comunitaria y transferencia tecnológica adaptados a contextos rurales multiculturales.

Esta investigación ha demostrado la viabilidad técnica y económica de desarrollar soluciones energéticas sostenibles para instituciones educativas rurales no interconectadas del departamento del Vichada, mediante la aplicación sistemática de principios de gerencia de proyectos y tecnologías fotovoltaicas adaptadas a condiciones territoriales específicas. Los hallazgos confirman que la problemática energética educativa rural constituye un desafío complejo que requiere enfoques integrales que trasciendan dimensiones puramente tecnológicas.

La metodología desarrollada proporciona herramientas concretas para abordar esta problemática de manera sistemática y sostenible, contribuyendo tanto al avance del conocimiento en el campo de energización rural como al desarrollo de capacidades institucionales para la gestión de proyectos energéticos en contextos territoriales complejos. Los aportes metodológicos y empíricos generados establecen bases sólidas para futuras investigaciones y para el diseño de políticas públicas energéticas más efectivas y territorialmente sensibles.

## **7. RECOMENDACIONES**

### **7.1. Evaluación de viabilidad y contexto de implementación**

La viabilidad de implementación de las recomendaciones propuestas se sustenta en los recursos disponibles identificados durante la investigación. Se cuenta con una base de datos completa y georreferenciada de las 21 instituciones educativas, una infraestructura humana constituida por 52 docentes que pueden ser capacitados como multiplicadores técnicos, marcos normativos existentes como la Ley 1715 de 2014 y programas del IPSE, así como un potencial solar promedio regional de 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/día según el IDEAM (2021). Sin embargo, existen restricciones significativas que deben considerarse, incluyendo limitaciones presupuestales con una inversión estimada de \$450-800 millones por institución pequeña, dificultades de accesibilidad logística donde el 67% de instituciones son accesibles solo por vía fluvial o terrestre precaria, y capacidades técnicas locales limitadas debido a la ausencia de técnicos especializados en sistemas fotovoltaicos en la región.

Los factores facilitadores incluyen el respaldo institucional proporcionado por los datos oficiales de la Secretaría de Educación del Vichada, la concentración geográfica favorable con el 47,6% de instituciones ubicadas en un solo municipio (Cumaribo), y la necesidad crítica documentada que muestra que el 71,4% de las instituciones carecen completamente de energía eléctrica. Esta evaluación de viabilidad permite establecer un marco realista para la implementación de las recomendaciones, considerando tanto las oportunidades como las limitaciones del contexto específico del departamento del Vichada.

### **7.2. Clasificación de recomendaciones por prioridad**

#### **7.2.1. Implementación del programa piloto de energización educativa - Fase Puerto Carreño**

La primera recomendación de máxima prioridad se fundamenta en la evidencia empírica que muestra que las tres instituciones de Puerto Carreño atienden 118 estudiantes, representando el 22,7% del déficit energético urbano-rural, y presentan la mayor accesibilidad logística al estar ubicadas a menos de 30 kilómetros de la capital departamental. La implementación específica debe iniciarse con un proceso de licitación para sistemas

fotovoltaicos de 3 kW para cada institución durante los primeros dos meses, seguida por la instalación de sistemas con una inversión de \$135 millones por sede entre los meses tres y cuatro. Durante los meses cinco y seis se debe realizar la capacitación de siete docentes (2-3 por institución) en operación básica de los sistemas, y completar el primer año con actividades de monitoreo y documentación de lecciones aprendidas.

Los resultados esperados de esta fase piloto son cuantificables y específicos: 118 estudiantes tendrán acceso a iluminación artificial durante ocho horas diarias, se logrará una reducción del 100% de la dependencia de generadores diésel, siete docentes serán certificados como operadores básicos de sistemas fotovoltaicos, y las tres instituciones funcionarán como centros demostrativos para la replicación posterior del programa. Las implicaciones positivas incluyen la validación técnica de la metodología en condiciones reales, la generación de evidencia empírica para escalar el programa, y el impacto inmediato en la calidad educativa de 118 estudiantes. No obstante, las implicaciones negativas deben considerarse, incluyendo el costo de oportunidad de \$405 millones que no se invertirán en instituciones más numerosas, la posible resistencia comunitaria si se percibe inequidad territorial, y la dependencia de condiciones climáticas favorables que no han sido validadas empíricamente en el territorio.

### **7.2.2. Programa de energización masiva - Núcleo educativo 3 (Cumaribo)**

La segunda recomendación se basa en la evidencia empírica que demuestra que el Núcleo 3 concentra diez instituciones (47,6% del total) con 913 estudiantes (77% de la población estudiantil rural), maximizando significativamente el impacto de la inversión realizada. La implementación específica requiere un abordaje diferenciado según el tamaño institucional: para las instituciones grandes (tres sedes que atienden 602 estudiantes) se deben instalar sistemas fotovoltaicos de 8-10 kW por institución con una inversión de \$240 millones por sistema, proporcionando capacidad para iluminación completa, equipos audiovisuales y refrigeración. Para las instituciones pequeñas (siete sedes con 311 estudiantes) se requieren sistemas fotovoltaicos de 3-4 kW por institución con una inversión de \$150 millones por sistema, garantizando iluminación básica y equipos esenciales.

El cronograma detallado establece que entre los meses seis y ocho se deben realizar estudios técnicos específicos y la adquisición de equipos, entre los meses nueve y quince se debe ejecutar la instalación progresiva a razón de dos instituciones por mes, y entre los meses dieciséis y dieciocho se debe completar la capacitación masiva de los 34 docentes del Núcleo

3. Los resultados esperados son sustanciales: 913 estudiantes (77% del total departamental) tendrán acceso energético, 34 docentes serán capacitados (65% del total departamental), se reducirán 2.190 horas anuales de funcionamiento de generadores diésel, y diez sistemas funcionarán como una red de aprendizaje técnico. Las implicaciones positivas incluyen el máximo impacto con los recursos disponibles, economías de escala en mantenimiento y operación, y la creación de masa crítica para la sostenibilidad técnica local. Las implicaciones negativas comprenden la concentración de beneficios en un solo municipio, la complejidad logística derivada de la dispersión geográfica interna de Cumaribo, y la necesidad de una inversión total estimada de \$1.890 millones que requiere financiamiento robusto.

### **7.2.3. Consolidación territorial - Municipios Santa Rosalía y La Primavera**

La tercera recomendación se fundamenta en la evidencia empírica que muestra que las ocho instituciones restantes (38,1% del total) atienden 245 estudiantes (20,7% de la población estudiantil), siendo necesarias para completar la cobertura departamental total. La implementación específica contempla que en Santa Rosalía se deben intervenir cinco instituciones que atienden 151 estudiantes con sistemas de 3-4 kW, mientras que en La Primavera se deben abordar tres instituciones con 94 estudiantes mediante sistemas de 2-3 kW. La inversión total estimada es de \$1.200 millones, aprovechando las lecciones aprendidas de las fases anteriores para optimizar los procesos de instalación y capacitación.

Los resultados esperados cuantificables incluyen alcanzar una cobertura energética del 100% de las instituciones educativas rurales del Vichada, beneficiar 245 estudiantes adicionales, capacitar 11 docentes más (completando los 52 docentes departamentales), y establecer una red departamental de 21 instituciones energéticamente autónomas. Esta fase de consolidación territorial es fundamental para garantizar la equidad en el acceso energético educativo y completar el impacto transformador en todo el departamento.

## **7.3. Recomendaciones transversales de sostenibilidad**

### **7.3.1. Programa departamental de capacitación técnica**

Esta recomendación se fundamenta en la evidencia empírica que muestra una ratio de 22,8 estudiantes por docente, indicando que capacitar a los 52 docentes garantiza la

multiplicación del conocimiento técnico en todo el sistema educativo rural. La implementación específica contempla tres fases consecutivas: la primera fase incluye la capacitación de 20 docentes como "técnicos educativos nivel básico", la segunda fase comprende la certificación de 10 docentes como "supervisores energéticos zonales", y la tercera fase abarca la formación de cinco líderes comunitarios como "técnicos de mantenimiento local". Este programa debe ejecutarse de manera paralela a las fases de instalación durante los meses uno a treinta y seis, con una inversión de \$180 millones en capacitación y certificación.

Los resultados esperados incluyen que los 52 docentes adquieran competencias básicas en sistemas fotovoltaicos, diez supervisores zonales estén certificados para mantenimiento preventivo, cinco técnicos comunitarios puedan realizar reparaciones menores, y se reduzcan en un 60% los tiempos de respuesta ante fallas técnicas. Esta recomendación es crítica para la sostenibilidad del programa, ya que garantiza la transferencia de capacidades técnicas a los actores locales y reduce la dependencia de técnicos externos para el mantenimiento básico de los sistemas.

### **7.3.2. Sistema departamental de monitoreo energético educativo**

La fundamentación empírica de esta recomendación radica en que la concentración del 77% de estudiantes en el Núcleo 3 requiere seguimiento sistemático para la optimización operativa de los recursos energéticos instalados. La implementación específica contempla la instalación de sistemas de monitoreo remoto en las 21 instituciones, el desarrollo de una plataforma digital centralizada en la Secretaría de Educación, la generación de reportes automáticos mensuales de rendimiento energético, y la configuración de alertas tempranas de mantenimiento predictivo. La inversión requerida es de \$150 millones distribuidos entre los sistemas de monitoreo y el desarrollo de la plataforma, ejecutándose de manera paralela a las instalaciones entre los meses seis y veinticuatro.

Los resultados esperados incluyen monitoreo en tiempo real del 100% de los sistemas instalados, reducción del 40% en fallas no programadas, optimización del 25% en rendimiento energético promedio, y la construcción de una base de datos robusta para el refinamiento continuo de la metodología. Este sistema de monitoreo es fundamental para garantizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad técnica de la inversión realizada.

## **7.4. Recomendaciones para poblaciones específicas**

### **7.4.1. Protocolo diferenciado para comunidades indígenas**

Esta recomendación se fundamenta en la evidencia empírica que muestra que tres instituciones (14,3%) atienden población indígena que requiere etnoeducación diferenciada, afectando significativamente la implementación tecnológica por las particularidades culturales y cosmogónicas de estas comunidades. La implementación específica debe iniciar con un proceso de consulta previa con las autoridades indígenas tradicionales durante 90 días, seguido por la adaptación de protocolos técnicos a las cosmogonías locales, la implementación de capacitación en lenguas nativas para aspectos técnicos básicos, y la integración del mantenimiento energético en los calendarios rituales comunitarios. El cronograma establece seis meses previos a la instalación en sedes indígenas, con una inversión de \$80 millones en consultoría etnológica especializada.

Los resultados esperados incluyen que 491 estudiantes indígenas tengan acceso energético culturalmente apropiado, se logre el 0% de conflictos culturales por implementación tecnológica, se desarrollen tres protocolos adaptados que sirvan como modelo nacional, y se fortalezcan las capacidades técnicas indígenas locales. Esta recomendación es fundamental para garantizar la pertinencia cultural de las intervenciones tecnológicas y evitar conflictos que puedan comprometer la sostenibilidad del programa en comunidades indígenas.

### **7.4.2. Programa de inclusión para población migrante venezolana**

La fundamentación empírica indica que 34 estudiantes migrantes (2,9% del total) requieren consideraciones específicas para su integración educativa a través del acceso tecnológico, considerando las particularidades de su condición migratoria y las necesidades de adaptación al sistema educativo colombiano. La implementación específica contempla el desarrollo de materiales de capacitación tecnológica bilingües (español-venezolano), la implementación de programas de intercambio de conocimientos técnicos con las comunidades de acogida, el otorgamiento de certificaciones técnicas válidas para movilidad binacional, y el establecimiento de protocolos de no discriminación en el acceso a tecnologías educativas. La inversión requerida es de \$25 millones en materiales especializados y capacitación, con el

resultado esperado de lograr que los 34 estudiantes migrantes estén completamente integrados al sistema educativo energizado.

### **7.5. Implicaciones financieras y de sostenibilidad**

La inversión total requerida para la implementación integral de las recomendaciones asciende a \$2.970 millones, distribuidos durante un período de 36 meses para optimizar la capacidad de absorción institucional y técnica del territorio. Las fuentes de financiamiento viables han sido identificadas considerando los marcos institucionales existentes: el IPSE puede aportar el 60% de los recursos (\$1.782 millones) a través de programas existentes para Zonas No Interconectadas, las regalías departamentales pueden contribuir con el 25% (\$742.5 millones) mediante el Sistema General de Regalías destinado a educación, y la cooperación internacional puede proporcionar el 15% restante (\$445.5 millones) a través de programas enfocados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El retorno de inversión social es significativo y cuantificable: 1.185 estudiantes tendrán acceso energético educativo, se logrará una reducción del 85% en el uso de combustibles fósiles educativos, 52 docentes serán certificados en tecnologías renovables, y 21 comunidades contarán con capacidades técnicas instaladas. Los riesgos financieros identificados incluyen la fluctuación de precios de componentes fotovoltaicos ( $\pm 15\%$ ), costos de transporte logístico superiores a las estimaciones ( $\pm 25\%$ ), y necesidades de mantenimiento mayores a las proyectadas ( $\pm 20\%$ ). Estos riesgos deben ser considerados en la planificación presupuestal y la estructuración de contingencias financieras.

### **7.6. Cronograma integrado de implementación**

El cronograma integrado contempla cinco fases superpuestas que optimizan el uso de recursos y minimizan los tiempos de implementación total. La fase piloto en Puerto Carreño se ejecutará entre los meses uno y doce, interviniendo tres instituciones que atienden 118 estudiantes con una inversión de \$405 millones. La fase masiva en Cumaribo se desarrollará entre los meses seis y dieciocho, abordando diez instituciones con 913 estudiantes mediante una inversión de \$1.890 millones. La fase de consolidación territorial se implementará entre los meses dieciocho y treinta y seis, interviniendo ocho instituciones con 245 estudiantes con una inversión de \$1.200 millones. La capacitación transversal se ejecutará de manera continua

entre los meses uno y treinta y seis, abarcando las 21 instituciones y 1.185 estudiantes con una inversión de \$260 millones. Finalmente, las actividades de monitoreo y sostenibilidad se desarrollarán entre los meses seis y sesenta, garantizando la operación adecuada de las 21 instituciones con una inversión de \$215 millones.

La meta cuantificable final establece alcanzar el 100% de instituciones educativas rurales del Vichada energéticamente autónomas mediante fuentes renovables en 36 meses, beneficiando 1.185 estudiantes y 52 docentes con una inversión total de \$2.970 millones y sostenibilidad técnica garantizada mediante capacidades locales instaladas. Estas recomendaciones se fundamentan directamente en los hallazgos cuantitativos de la investigación y proporcionan un marco de implementación realista, medible y sostenible para resolver la problemática energética educativa identificada en el departamento del Vichada, considerando tanto las oportunidades como las limitaciones del contexto territorial específico.

## Referencias

- Alcaldía de Puerto Carreño. (28 de Julio de 2023). *Informe de gestión en infraestructura y servicios básicos*. Obtenido de <https://www.puertocarreno-vichada.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Brealey, R. A. (2023). *Principles of corporate finance (13th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Caracol Radio. (3 de enero de 2025). *Racionamientos de energía en Puerto Carreño: han sido más de 3 en el último año, ¿por qué?* Obtenido de <https://caracol.com.co/2025/01/03/racionamientos-de-energia-en-puerto-carreno-han-sido-mas-de-3-en-el-ultimo-ano-por-que/>
- Constitución Política de la república de Colombia. (1991, art.365). (Congreso de Colombia, Ed.) Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>
- El Espectador. (6 de agosto de 2024). *Puerto Carreño, nuevamente, con racionamiento de energía: estas son las razones*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/economia/empresas/puerto-carreno-nuevamente-con-racionamiento-de-energia-estas-son-las-razones/>
- El Morichal, E. p. (2024 de agosto de 2024). *Por falta de pagos, Refoenergy en problemas para abastecerse de biomasa. Hay riesgo de apagón*. Obtenido de <https://elmorichal.com/por-falta-de-pagos-refoenergy-en-problemas-para-abastecerse-de-biomasa-hay-riesgo-de-apagon/>
- Espectador, E. (30 de octubre de 2020). *RefoEnergy recibe visto bueno para suministrar energía en Vichada*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/colombia/mas-regiones/refoenergy-recibe-visto-bueno-para-suministrar-energia-en-vichada-article/>
- Fajardo, A. C., & Osorio, H. C. (28 de marzo de 2014). *Diseño, simulación y análisis de sistema solar FV para suministro eléctrico en zonas rurales. Avances: Investigación en Ingeniería*,. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/305/243>
- Freeman, R. E. (2020). *Stakeholder theory: The state of the art*. Cambridge University Press.

- García-López M. y Fernández, R. (2022). *Electrificación rural amazónica mediante sistemas híbridos: experiencia peruana 2018-2021*. Revista Latinoamericana de Energías Renovables, 8(2), 78-95.
- Goldemberg J. (2012). *Oxford University Press*. Obtenido de Energy: What everyone needs to know. : <https://global.oup.com>
- Gómez, L. M. (2021). *Impacto de la energización solar en indicadores educativos rurales: estudio de caso La Guajira*. Revista Colombiana de Educación Rural, 13(4), 112-128.
- Hernández Sampieri, R. M. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Obtenido de McGraw-Hill: [www-ebooks7-24-com.ezproxy.uniminuto.edu/?il=6443](http://www-ebooks7-24-com.ezproxy.uniminuto.edu/?il=6443)
- Herrera, S. &. (2023). *Evaluación de la implementación de la Ley 1715 de 2014 en proyectos de energización rural colombiana*. Revista de Políticas Energéticas, 12(1), 34-51.
- IDEAM, I. d. (2021). *Informe anual de radiación solar en Colombia*. Obtenido de <https://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/informes-anales>
- Instituto Alexander von Humboldt. (2022). *Estudio de impacto ambiental de alternativas energéticas en ecosistemas de sabana inundable del Vichada*. Bogota.
- Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas. (2019). *Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas* . Obtenido de [https://ipse.gov.co/documento\\_planeacion/documento/plan\\_de\\_accion/2019/Planes%20De%20Acci%C3%B3n%20Operativos%20Anuales%202019.pdf](https://ipse.gov.co/documento_planeacion/documento/plan_de_accion/2019/Planes%20De%20Acci%C3%B3n%20Operativos%20Anuales%202019.pdf)
- IRENA., I. R. (2023). *Renewable energy statistics 2023*. Abu Dhabi: IRENA.
- Kerzner, H. (2022). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (13th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Ley 1715. (13 de mayo de 2014). *Congreso de la República de Colombia*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Ley 697. (3 de octubre de 2001). *Congreso de la República de Colombia*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4449>

- Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Transición energética: Un legado para el presente y el futuro de Colombia*. Obtenido de [https://www.minenergia.gov.co/documents/5856/TRANSICION\\_ENERGETICA\\_COLOMBIA\\_BID-MINENERGIA-2403.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/5856/TRANSICION_ENERGETICA_COLOMBIA_BID-MINENERGIA-2403.pdf)
- Morales, J. &. (2022). *Aplicación de PRINCE2 en proyectos de energización rural: experiencia mexicana*. *Revista Internacional de Gestión de Proyectos*, 18(3), 67-84.
- PMI, P. M. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (7th ed.)*. PMI.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (23 de agosto de 2021). *Encendido Cómo las comunidades, ciudades y países están transitando hacia energías limpias en América Latina y el Caribe*. Obtenido de [https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories?ctype=All&field\\_country\\_target\\_id=All&field\\_region\\_target\\_id=7&field\\_areas\\_of\\_work\\_target\\_id=15&field\\_flagship\\_initiatives\\_target\\_id=All](https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories?ctype=All&field_country_target_id=All&field_region_target_id=7&field_areas_of_work_target_id=15&field_flagship_initiatives_target_id=All)
- Ramírez, D. G. (2021). *Metodología multicriterio para selección de tecnologías renovables en zonas rurales colombianas*. *ingeniería e Investigación*, 41(2), e89456.
- Rodríguez y Martínez. (2020). *Análisis comparativo de tecnologías renovables para zonas no interconectadas en Colombia*. *Revista Técnica Energética*, 16(4), 89-105.
- Rogers, E. M. (2019). *Diffusion of innovations (6th ed.)*. Free Press.
- Rubio, F. F. (2020 de septiembre de 2016). *“Análisis del mercado fotovoltaico” La fotovoltaica como estrategia energética en la empresa española. Caso real*. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5576/pfc6383.pdf?sequence=1>
- Secretario de Educación y Cultura de Vichada. (2025). *Gobernación de Vichada*. Obtenido de <http://www.vichada.gov.co/tema/noticias>
- Semana. (2 de enero de 2025). *Apagón en Puerto Carreño por millonaria deuda del Gobierno Petro: no giran recursos desde abril de 2024*. Obtenido de <https://www.semana.com/nacion/regionales/articulo/apagon-en-puerto-carreno-por-millonaria-deuda-del-gobierno-petro-no-giran-recursos-desde-abril-de-2024/202555/>

Silva R. y Santos, M. (2021). *Metodología para implementación de microrredes solares en comunidades amazónicas brasileñas*. Revista Brasileira de Energia Renovável, 10(3), 445-462.

Taddei, A. A. (30 de Septiembre de 2013). *Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental*. Obtenido de scielo:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212014000300007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212014000300007)

Thompson, K. &. (2023). *Success factors in rural electrification projects: Analysis of 45 sub-Saharan Africa cases*. Energy for Sustainable Development, 73, 234-248.

Velásquez, A. (2023). *Diagnóstico energético de instituciones educativas rurales en el departamento del Vichada*. Revista Colombiana de Energías Alternativas, 7(1), 23-39.

Zambrano, D. A., Rodríguez, D. L., & Rodríguez, D. J. (2022). *Metodología para el diseño de un sistema de energía híbrido con enfoque didáctico*. Obtenido de Revista Ingeniería, 27(2), e400: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/view/17876>

## Anexos

## Anexo 1

## SecreEdu Base datos 1

Se anexa captura de pantalla del archivo Excel de la base de datos suministrada por la Secretaría de Educación del Vichada, mostrando parte de la información procesada durante la investigación.

CODIGO_DANE	INSTITUCION	DANE_ANTE	TIPO_DOC	NRO_DOC	APELLIDO	APELLIDO	NOMBRE	NOMBRE2	DIRECCION_RESIDENCIA	ESTRATO
299001001855	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SILVINO CARO HEREDIA	299001001855	2	1121850613	GONZALEZ	NAVARRO	JUAN	SEBASTIAN	IND INSPECCION DEL VIENTO VICHADA	1
199001000927	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSE EUSTASIO RIVERA	199001000927	2	1127386163	BENITO	RAMIREZ	LAURA	JULIANA	CL 14 27 08	2
299001000701	INSTITUCIÓN EDUCATIVA EL SEJAL	299001000701	2	1121718218	FLOREZ	AMAYA	JUAN	DAVID	EL SEJAL	1
299001000662	INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANAJUARE	299001000662	2	1006769204	RODRIGUEZ	GARCIA	ALVEIRO		COM MANAJUARE	1
299001000662	INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANAJUARE	299001000662	1	1121708939	FLORES	AVILA	ALCIRA		COMUNID. MANAJUARE	1
299773003063	INSTITUCION EDUCATIVA KATHERINE URIBE	299773003063	1	1124996196	JINAVA	GAITAN	SIMEON		COM FLORIDA	0
299001000662	INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANAJUARE	299001000662	5	1121712965	GAITAN	RODRIGUEZ	LUIS		MANAJUARE	1
299001000701	INSTITUCIÓN EDUCATIVA EL SEJAL	299572000376	2	1006793000	FLOREZ	LOPEZ	ANA	MARIA	IND COM LAGUNA NEGRA	1
299572000317	INSTITUCIÓN EDUCATIVA GUACO	299572000317	5	1006943021	QUEVEDO	SUAREZ	DENZEL	JACKSON	COM GUACO BAJO	0
299572000317	INSTITUCIÓN EDUCATIVA GUACO	299572000317	1	1120333244	DEVIA	RAMIREZ	WILDER	ALEJANDRO	IND GUACO	0
299572000317	INSTITUCIÓN EDUCATIVA GUACO	299572000317	5	1124779058	GAITAN	GAITAN	OMAR		COM GUACO	0
299496000132	INSTITUCIÓN EDUCATIVA CAMILO TORRES	299496000132	1	1006449586	LOPEZ	TREJOS	JADWIN		IND SANTA ROSALIA	1
199001000927	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSE EUSTASIO RIVERA	199001000927	1	1117460805	RODRIGUEZ	GAITAN	GÁLVIS	FERNEY	CALLE 15 # 30-41	0
199001000927	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSE EUSTASIO RIVERA	199001000927	2	1127383340	SOTO	GAITAN	YECIS	YELITZA	CALLE 15 # 30-41	0
499001000831	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LA ESMERALDA	499001000831	2	99041918272	HERNANDEZ	HERNANDEZ	GLADYS	CAROLA	VDA LA ESMERALDA	1
199001000927	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSE EUSTASIO RIVERA	199001000927	1	1127393839	GUARIN	GARCIA	CARLOS	SANTIAGO	CL 15 30 41	1
199001000927	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSE EUSTASIO RIVERA	199001000927	1	1192731585	CONTRERAS	CISNEROS	WILMER	JAIR	KR 12 26 27	0
199001000927	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSE EUSTASIO RIVERA	199001000927	1	1127392093	RODRIGUEZ	BLANCO	ELIAS		KR 8 19 19	1
499001001919	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA TERESITA DEL TUPARRO	499001001919	1	1136277719	MORALES	CARIBAN	DARWIN	SAUL	COMUNIDAD PUERTO INFANTE	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1124993280	ROJAS	MARTINEZ	NIAYBE		IND CUMARIBO	1
499001001919	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA TERESITA DEL TUPARRO	499001001919	2	1124993972	LOZANO	CARIBAN	GENIS	YULIETH	CL 3 31 20	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1124991327	AMAYA	RODRIGUEZ	MONICA	LICETH	IND CUMARIBO	1
499001001919	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA TERESITA DEL TUPARRO	499001001919	1	1124990509	GAITAN	JIMENEZ	GERARDO		COMUNIDAD KIREY LOMA	0
499760000994	INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE FATIMA	499760000994	2	1124991958	GAITAN	GAITAN	JEISON	JAIR	IND COM UN SUNAPE	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1192772760	GAITAN	JIMENEZ	FELIX		IND CUMARIBO	0
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1136275334	CHIPIAJE	MARTINEZ	JHOSMAR		IND CUMARIBO	0
299572000040	INSTITUCIÓN EDUCATIVA ANTONIO VILLAVENCIO	499773000683	5	1136277366	RODRIGUEZ	CHIPIAJE	MARCOS		COM. MALUCUITA	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	2	1007742138	CARIBAN	MARTINEZ	FRAN	ERNILSON	IND CUMARIBO	0
499001001919	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA TERESITA DEL TUPARRO	499001001919	1	1124989454	CARIBAN	RAMIREZ	RAUL		COM. PALMITA RESG AIWAKUNA TSEPAJ	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1124989126	AVENDAÑO	CARIBAN	MARLENY		IND CUMARIBO	0
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	2	1192772715	LARROSA	PONARE	YELSY	EDITH	IND CUMARIBO	0
499760001109	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS PALOMOS	499760001109	5	1136274841	RODRIGUEZ	GAITAN	LUIS		COM VILLANUEVA	1
299572000317	INSTITUCIÓN EDUCATIVA GUACO	299572000317	5	1120332143	GAITAN	GAITAN	MIRIAN	KATHERINE	SIARE	1
299001001626	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN BARTOLOME	299001001626	1	1124994694	YEPES	NAVARRO	EDILSON		IND SANTA ROSALIA	0
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	5	1124998868	GARCIA	NAVARRO	DUMAR	ELIECER	IND CUMARIBO	1
499001001919	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA TERESITA DEL TUPARRO	499001001919	1	1006951965	PONARE	GAITAN	EDWIN	JAIR	COMUNIDAD SANTA INES	1
499760001109	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS PALOMOS	499760001109	2	1124988658	MERCHAN	LEON	RICAUARTE		SAN JUAN DE LOS MORROS	1
499760001109	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS PALOMOS	499760001109	2	1124821890	QUINTERO	SILVA	KAREN	LORENA	COM. TOLIMA RESGUARDO UNUMA	1
499760001109	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS PALOMOS	499760001109	2	1136275043	GAITAN	CABARTE	LUZ	ESTER	COMUNID. VILLANUEVA TRES ESQUINAS	1
299773003063	INSTITUCION EDUCATIVA KATHERINE URIBE	299773003063	2	1124997489	CUMANAICA	GAITAN	LUISA	DISNEY	COMUNID. LA FLORIDA NAPIASAKABA	1
499760001109	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS PALOMOS	499760001109	1	1124988227	FLOREZ	GAITAN	YEFRIT		COMUNIDAD TOLIMA	1
499760001109	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS PALOMOS	499760001109	2	1124988331	FLOREZ	GAITAN	JAIME		COMUNIDAD SAN JUAN DEL MORRO	1
299773003063	INSTITUCION EDUCATIVA KATHERINE URIBE	299773003063	1	1124996102	GAITAN	CARIBAN	LUIS	FERLEY	IND LA FLORIDA	1
299773003063	INSTITUCION EDUCATIVA KATHERINE URIBE	299773003063	5	1151200726	GAITAN	GAITAN	CESAR	AUGUSTO	SARACURE RIO CADA	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1006950451	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	OTONIEL		IND ALCARAVAN	1
199001000927	INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSE EUSTASIO RIVERA	199001000927	2	1006950465	DAIAZ	CARIBAN	MARIA	ISNELDA	CARRERA 8 # 19 - 96	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1006952788	HERNANDEZ	LUNA	ANDERSON	STIVEN	IND CUMARIBO	0
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1006950618	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	MARVY		IND CUMARIBO	0
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	2	1006952608	RIVAS	MANTILLA	ADRIANA		IND ALCARAVAN	0
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1192819289	PONARE	RIVEROS	SERGIO	OMAR	IND ALCARAVAN	1
499760001109	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS PALOMOS	499760001109	8	11331523476	CABARTE	GINAVA	YEISON		COM VILLANUEVA	0
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1124989440	RODRIGUEZ	VELEZ	HIRO	EDUARDO	IND CUMARIBO	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	5	1006951452	CUDEMUS	LOBERA	GORY	DANIEL	IND CUMARIBO	9
499760001109	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS PALOMOS	499760001109	2	1124825683	PINEDA	RAMIREZ	LUZ	ADRIANA	COMUNIDAD SAN JUAN DEL MORRO RES	1
499760000994	INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE FATIMA	499760000994	2	1124997076	ALDANA	SANCHEZ	OLMAN	NOE	COMUNIDAD SUNAPE	1
299572000015	INSTITUCION EDUCATIVA FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	299572000015	2	1124992372	TREJOS	CARIBAN	WILINTON	BENJAMIN	CORREGIMIENTO SANTA RITA	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	2	1125003000	CRUZ	ERRENUMA	MARIA	VALENTINA	IND CUMARIBO	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1006951547	CASTILLO	RODRIGUEZ	EURIPIDES		IND CUMARIBO	0
299572000040	INSTITUCIÓN EDUCATIVA ANTONIO VILLAVENCIO	299572000040	2	1006952261	PEREZ	CUDEMOS	DAMARIS	MIGDALY	IND SUCUARA	1
299572000015	INSTITUCION EDUCATIVA FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	299572000015	2	1136276207	RAMIREZ	ORTIZ	ANGIE	LINA	CORREGIMIENTO STA RITA	1
299572000015	INSTITUCION EDUCATIVA FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	299572000015	1	1124993058	PONARE	MARIÑO	SIMON		IND FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	1
299572000015	INSTITUCION EDUCATIVA FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	299572000015	1	1124993050	PEÑA	PONARE	ALAIN		IND FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1136277223	DAIAZ	BAUTISTA	BRAYAN	AQUILES	IND CUMARIBO	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1006951707	GOMEZ	CASTILLO	LEONARDO		IND CUMARIBO	1
199001000919	INSTITUCIÓN EDUCATIVA NORMAL SUPERIOR FEDERICO LLERAS ACOSTA	199001000919	2	1007653214	GARCIA	CAMACHO	ALEXANDER		IND CAMILO CORTES	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1006951619	PONARE	SILVA	DARWIN		IND CUMARIBO	1
299572000244	INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAGRADO CORAZON DE JESUS	299572000244	1	1124995003	REINA	CARIBAN	MILTON	OBDUYER	CRA 12 N 04-17	1
299760001061	INSTITUCIÓN EDUCATIVA RAYA BAKASTOLOWA	299760001061	5	1136277375	RODRIGUEZ	CASTILLO	ARISTARCO		COMUNIDAD SANTA INES	1
299572000082	INSTITUCIÓN EDUCATIVA CADANAPAY	299572000082	2	1124993087	PONARE	GARCIA	ARMANDO		IND COMUNIDAD MACEDONIA	1



## Anexo 3

## Matriz 3.3.1 Análisis de datos educativos

Se presenta captura de pantalla de la Matriz 3.3.1 análisis de datos educativos desarrollada, evidenciando la estructura y contenido de la información procesada durante la investigación.

ID SED	CODIGO DANE SED	INSTITUCION PRINCIPAL	NOMBRE SEDE	NUCLEO EDUCATIVO
1	4.99001E+11	INSTITUCION EDUCATIVA PIRAMIRI	INSTITUCION EDUCATIVA PIRAMIRI - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 3
2	4.99001E+11	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA TERESITA DEL TUPARRO	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA TERESITA DEL TUPARRO - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 3
3	4.9976E+11	INSTITUCION EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE FATIMA	INSTITUCION EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE FATIMA - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 3
4	2.9976E+11	CENTRO EDUCATIVO ANTONIA SANTOS	CENTRO EDUCATIVO ANTONIA SANTOS - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 3
5	2.99773E+11	CENTRO EDUCATIVO ANTONIA SANTOS	CENTRO EDUCATIVO MOMOTO	NUCLEO 3
6	2.99773E+11	CENTRO EDUCATIVO ASOCORTOMO	CENTRO EDUCATIVO ASOCORTOMO - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 3
7	2.99001E+11	INSTITUCION EDUCATIVA ACEITICO	INSTITUCION EDUCATIVA ACEITICO - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 1
8	2.99001E+11	INSTITUCION EDUCATIVA ACEITICO	CENTRO EDUCATIVO LA CONQUISTA	NUCLEO 1
9	2.99524E+11	INSTITUCION EDUCATIVA VILLA MARIA	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA CECILIA	NUCLEO 2
10	2.99524E+11	INSTITUCION EDUCATIVA LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO	INSTITUCION EDUCATIVA LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 2
11	2.99001E+11	INSTITUCION EDUCATIVA SILVINO CARO HEREDIA	INSTITUCION EDUCATIVA SILVINO CARO HEREDIA - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 3
12	2.9976E+11	INSTITUCION EDUCATIVA PIRAMIRI	CENTRO EDUCATIVO SARDINAS	NUCLEO 3
13	2.99572E+11	INSTITUCION EDUCATIVA GUERIMA	INSTITUCION EDUCATIVA GUERIMA - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 5
14	2.99524E+11	CENTRO EDUCATIVO DOCE DE OCTUBRE	CENTRO EDUCATIVO VEINTE DE JULIO	NUCLEO 6
15	2.99524E+11	CENTRO EDUCATIVO DOCE DE OCTUBRE	CENTRO EDUCATIVO SAN BANIT NAZARETH	NUCLEO 6
16	2.99572E+11	INSTITUCION EDUCATIVA JUAN JOSE RONDON	CENTRO EDUCATIVO MERCEDES ABREGO	NUCLEO 3
17	2.99524E+11	INSTITUCION EDUCATIVA VILLA MARIA	CENTRO EDUCATIVO BUENA VISTA	NUCLEO 2
18	2.99496E+11	CENTRO EDUCATIVO DOCE DE OCTUBRE	CENTRO EDUCATIVO DOCE DE OCTUBRE - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 6
19	2.99001E+11	CENTRO EDUCATIVO DOCE DE OCTUBRE	CENTRO EDUCATIVO ESPERANZA TOMO	NUCLEO 6
20	2.99496E+11	CENTRO EDUCATIVO DOCE DE OCTUBRE	CENTRO EDUCATIVO SIMON BOLIVAR	NUCLEO 6
21	2.99001E+11	INSTITUCION EDUCATIVA CHUPAVE	INSTITUCION EDUCATIVA CHUPAVE - SEDE PRINCIPAL	NUCLEO 3

MUNICIPIO ESTIMAD	UBICACION ESPECIFICA	LATITUD ESTIMAD	LONGITUD ESTIMAD	TOTAL ESTUDIANTE	ESTUDIANTES MASCULINO
Cumaribo	IND COMUN. PIRAMIRI - RESG. SANTA TERESITA DEL TUPARRO	4°26'46"	69°47'44"	190	108
Cumaribo	COMUNIDAD SANTAFE 1	4°26'46"	69°47'44"	293	144
Cumaribo	COMUNIDAD MILAN	4°26'46"	69°47'44"	119	77
Puerto Carreño	GUANAPE	6°11'16"	67°28'57"	50	23
Cumaribo	RESG. KAWANERUBA	4°26'46"	69°47'44"	8	5
Cumaribo	IND ASOCORTOMO	4°26'46"	69°47'44"	47	25
Puerto Carreño	IND VDA. ACEITICO	6°11'16"	67°28'57"	44	21
Puerto Carreño	IND INSPECCION LA VENTUROSA	6°11'16"	67°28'57"	24	16
La Primavera	VDA SANTA CECILIA	5°29'28.65"	70°24'52.89"	47	29
La Primavera	FINCA LA RELIQUIA	5°29'28.65"	70°24'52.89"	44	14
Cumaribo	CENTRO	4°26'46"	69°47'44"	46	24
Cumaribo	VEREDA MATAGRANDE	4°26'46"	69°47'44"	35	16
Cumaribo	GUERIMA	4°26'46"	69°47'44"	31	21
Santa Rosalia	VEREDA LA LADERA	5° 30' 00"	69° 50' 00"	23	10
Santa Rosalia	COM ESPERANZA	5° 30' 00"	69° 50' 00"	20	8
Cumaribo	CENTRO PALMARITO	4°26'46"	69°47'44"	35	21
Cumaribo	IND VEREDA BUENA VISTA	4°26'46"	69°47'44"	18	7
Santa Rosalia	VDA PAVANAY	5° 30' 00"	69° 50' 00"	17	11
La Primavera	IND VEREDA NAZARETH	5°29'28.65"	70°24'52.89"	3	0
Santa Rosalia	FINCA EL MARFIL	5° 30' 00"	69° 50' 00"	1	1
Santa Rosalia	INSP. CHUPAVE	5° 30' 00"	69° 50' 00"	90	49

ESTUDIANTES FEMENINO	ESTUDIANTES VENEZOLANO	EDAD MINIM	EDAD MAXIM	EDAD PROMEDI	GRADO MINIM	GRADO MAXIM	DOCENTES ESTIMADO	PERSONAL ADMINISTRATIV
82	0	6,72	18,66	12,63	1	6	8	2
149	1	11,88	24,26	17,11	6	11	12	3
42	0	12,85	27,64	19,26	6	11	5	1
27	0	7,41	18,71	12,4	1	5	2	1
3	0	6,76	13,34	9,38	1	1	1	1
22	0	7,36	18,41	12,19	1	5	2	1
23	11	7,7	20,15	15,04	1	9	2	1
8	16	7,64	16,16	11,89	1	5	1	1
18	0	7,37	17,99	13,54	1	8	2	1
30	5	8,03	20,7	14,03	1	10	2	1
22	0	11,35	24,37	16,65	3	11	2	1
19	0	7,1	15,22	10,51	1	5	1	1
10	0	7,68	19,35	13,58	1	8	1	1
13	1	7,48	13,94	10,34	1	5	1	1
12	0	7,02	18,24	11,08	1	5	1	1
14	0	8,72	17,43	11,48	1	5	1	1
11	0	8,21	14,75	12,07	1	5	1	1
6	0	7,2	13	9,8	1	5	1	1
3	0	10,92	13,51	12,25	2	4	1	1
0	0	8,56	8,56	8,56	1	1	1	1
41	0	11,01	24,22	16,82	5	9	4	1

**Anexo 4**

**Matriz 3.3.2 Información geoespacial y climatológica**

Se presenta captura de pantalla de la Matriz 3.3.2 información geoespacial y climatológica desarrollada, evidenciando la estructura y contenido de la información procesada durante la investigación.

MUNICIPIO	RADIACION SOLAR kWh m2 d	TEMPERATURA PROMEDIO	PRECIPITACION ANUAL m	VELOCIDAD VIENTO m	ALTITUD msnl	COORDENADAS LA	COORDENADAS LO
Puerto Carreño	5	28,5	2200	2,1	62	6,1886	-67,4831
Cumaribo	4,5	27,8	2400	1,8	180	2,5	-70,2167
La Primavera	4,5	28,2	2300	1,9	145	5,25	-67,8833
Santa Rosalia	4,3	28	2100	2	90	1,6333	-70,2833

ACCESIBILIDAD	DISTANCIA BOGOTA k	EPOCA SECA MES	EPOCA LLUVIA MES	HORAS SOL PICO H	FUENTE DATOS
Vía terrestre - Carretera pavimentada desde Villavicencio (540 km)	650	Diciembre - Marzo	Abril - Noviembre	5	IDEAM - Atlas Radiación Solar 2024
Vía fluvial - Río Meta y tributarios / Vía terrestre trocha	780	Diciembre - Marzo	Abril - Noviembre	4,5	IDEAM - Atlas Radiación Solar 2024
Vía terrestre trocha desde Puerto Carreño (180 km)	720	Diciembre - Marzo	Abril - Noviembre	4,5	IDEAM - Atlas Radiación Solar 2024
Vía fluvial - Río Guaviare / Vía terrestre trocha	850	Diciembre - Marzo	Abril - Noviembre	4,3	IDEAM - Atlas Radiación Solar 2024

**Anexo 5****Matriz 3.3.3 Evaluación comparativa de alternativas**

Se presenta captura de pantalla de la Matriz 3.3.3 evaluación comparativa de alternativas desarrollada, evidenciando la estructura y contenido de la información procesada durante la investigación.

TECNOLOGIA	POTENCIA kW	INVERSION INICIAL CO	COSTO OPERACION ANUAL CO	VIDA UTIL AÑO	ENERGIA DIARIA kW	FACTOR PLANT	EMISIONES CO2 kg aF
Sistema Solar Fotovoltaico 3kW	3	\$ 18.000.000,00	\$ 500.000,00	25	15	0,21	0
Sistema Solar Fotovoltaico 5kW	5	\$ 28.000.000,00	\$ 750.000,00	25	25	0,21	0
Sistema Solar Fotovoltaico 8kW	8	\$ 37.000.000,00	\$ 1.000.000,00	25	40	0,21	0
Generador Diésel 5kW	5	\$ 8.000.000,00	\$ 4.800.000,00	10	40	0,2	8760
Generador Gasolina 3kW	3	\$ 4.500.000,00	\$ 3.600.000,00	8	24	0,2	6570

PROVEEDOR COLOMBIA	CIUDAD PROVEEDOR	COSTO TRANSPORTE VICHADA C	TIEMPO INSTALACION DIA	PERSONAL TECNICO REQUERID	MANTENIMIENTO FRECUENCI
Copémico S.A.S / Solen Technology / AutoSolar	Bogotá / Medellín / Barranquilla	\$ 2.500.000,00	5	2	Semestral
Copémico S.A.S / Solen Technology / AutoSolar	Bogotá / Medellín / Barranquilla	\$ 3.500.000,00	8	2	Semestral
Copémico S.A.S / Solen Technology / AutoSolar	Bogotá / Medellín / Barranquilla	\$ 4.500.000,00	12	3	Semestral
Distribuidores nacionales equipos Honda/Yamaha	Bogotá / Medellín	\$ 800.000,00	1	1	Cada 200 horas
Distribuidores nacionales equipos Honda/Yamaha	Bogotá / Medellín	\$ 500.000,00	1	1	Cada 150 horas

## Anexo 6

## Matriz 3.3.4 Instrumento de modelización energética

Se presenta captura de pantalla de la Matriz 3.3.4 Instrumento de modelización energética desarrollada, evidenciando la estructura y contenido de la información procesada durante la investigación.

ID SEDE	INSTITUCION	MUNICIPIO	NÚCLEO EDUCATIVO	ESTUDIANTES	DOCENTES	AULAS	AREA M2	
1	INSTITUCION EDUCATIVA PIRAMIRI - SEDE PRINCIPAL	Cumaribo		3	190	8	4	1000
2	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA TERESITA DEL TUPARRO - SEDE PRINCIPAL	Cumaribo		3	293	12	4	1000
3	INSTITUCION EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE FATIMA - SEDE PRINCIPAL	Cumaribo		3	119	5	4	1000
4	CENTRO EDUCATIVO ANTONIA SANTOS - SEDE PRINCIPAL	Puerto Carreño		3	50	2	2	600
5	CENTRO EDUCATIVO MOMOTO	Cumaribo		3	8	1	2	300
6	CENTRO EDUCATIVO ASOCORTOMO - SEDE PRINCIPAL	Cumaribo		3	47	2	2	300
7	INSTITUCION EDUCATIVA ACEFICO - SEDE PRINCIPAL	Puerto Carreño		1	44	2	2	300
8	CENTRO EDUCATIVO LA CONQUISTA	Puerto Carreño		1	24	1	2	300
9	INSTITUCION EDUCATIVA SANTA CECILIA	La Primavera		2	47	2	2	300
10	INSTITUCION EDUCATIVA LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO - SEDE PRINCIPAL	La Primavera		2	44	2	2	300
11	INSTITUCION EDUCATIVA SILVINO CARO HEREDIA - SEDE PRINCIPAL	Cumaribo		3	46	2	2	300
12	CENTRO EDUCATIVO SARDINAS	Cumaribo		3	35	1	2	300
13	INSTITUCION EDUCATIVA GUERIMA - SEDE PRINCIPAL	Cumaribo		5	31	1	2	300
14	CENTRO EDUCATIVO VEINTE DE JULIO	Santa Rosalia		6	23	1	2	300
15	CENTRO EDUCATIVO SAN BANIT NAZARETH	Santa Rosalia		6	20	1	2	300
16	CENTRO EDUCATIVO MERCEDES ABREGO	Cumaribo		3	35	1	2	300
17	CENTRO EDUCATIVO BUENA VISTA	Cumaribo		2	18	1	2	300
18	CENTRO EDUCATIVO DOCE DE OCTUBRE - SEDE PRINCIPAL	Santa Rosalia		6	17	1	2	300
19	CENTRO EDUCATIVO ESPERANZA TOMO	La Primavera		6	3	1	2	300
20	CENTRO EDUCATIVO SIMON BOLIVAR	Santa Rosalia		6	1	1	2	300
21	INSTITUCION EDUCATIVA CHUPAVE - SEDE PRINCIPAL	Santa Rosalia		3	90	4	2	600

CLASIFICACION TAMAÑO	TIPO POBLACION	SITUACION ACTUAL	HSP LOCAL	LATITUD	LONGITUD	CONSUMO BASICO kWh día	POTENCIA FV BASICA kW
GRANDE	INDIGENA	Sistema solar básico deficiente	4,5	4,446	-69,796	13,44	3,88
GRANDE	INDIGENA	Generador diésel 2-4 horas/día	4,5	4,446	-69,796	13,44	3,88
GRANDE	CAMPESINA	Generador diésel 2-4 horas/día	4,5	4,446	-69,796	13,44	3,88
MEDIANA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	5	6,188	-67,483	4,2	1,09
PEQUEÑA	INDIGENA	Sin energía eléctrica	4,5	4,446	-69,796	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,5	4,446	-69,796	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	5	6,188	-67,483	4,2	1,09
PEQUEÑA	MIXTA	Sin energía eléctrica	5	6,188	-67,483	4,2	1,09
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,5	5,491	-70,414	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Generador gasolina ocasional	4,5	5,491	-70,414	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Generador gasolina ocasional	4,5	4,446	-69,796	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,5	4,446	-69,796	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,5	4,446	-69,796	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,3	5,5	-69,833	4,2	1,27
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,3	5,5	-69,833	4,2	1,27
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,5	4,446	-69,796	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,5	4,446	-69,796	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Generador gasolina ocasional	4,3	5,5	-69,833	4,2	1,27
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,5	5,491	-70,414	4,2	1,21
PEQUEÑA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,3	5,5	-69,833	4,2	1,27
MEDIANA	CAMPESINA	Sin energía eléctrica	4,3	5,5	-69,833	4,2	1,27

INVERSION BASICA COP	VPN BASICO COP	CONSUMO INTERMEDIO kWh día	POTENCIA FV INTERMEDIA kW	INVERSION INTERMEDIA COP	VPN INTERMEDIO COP	CONSUMO AVANZADO kWh día
\$ 28.487.125,00	\$ 34.072.837,00	20,64	5,96	\$ 46.765.194,00	\$ 55.934.842,00	27,2
\$ 28.487.125,00	\$ 34.072.837,00	20,64	5,96	\$ 46.765.194,00	\$ 55.934.842,00	29,76
\$ 28.487.125,00	\$ 34.072.837,00	20,64	5,96	\$ 46.765.194,00	\$ 55.934.842,00	25,28
\$ 8.012.004,00	\$ 9.582.985,00	8,36	2,17	\$ 17.047.544,00	\$ 20.390.201,00	10,44
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,2
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,84
\$ 8.012.004,00	\$ 9.582.985,00	7,16	1,86	\$ 14.600.528,00	\$ 17.463.378,00	8,84
\$ 8.012.004,00	\$ 9.582.985,00	7,16	1,86	\$ 14.600.528,00	\$ 17.463.378,00	8,2
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,84
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,84
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,2
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,2
\$ 9.316.283,00	\$ 11.143.006,00	7,16	2,16	\$ 16.977.359,00	\$ 20.306.253,00	8,2
\$ 9.316.283,00	\$ 11.143.006,00	7,16	2,16	\$ 16.977.359,00	\$ 20.306.253,00	8,2
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,2
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,2
\$ 9.316.283,00	\$ 11.143.006,00	7,16	2,16	\$ 16.977.359,00	\$ 20.306.253,00	8,2
\$ 8.902.226,00	\$ 10.647.761,00	7,16	2,07	\$ 16.222.809,00	\$ 19.403.753,00	8,2
\$ 9.316.283,00	\$ 11.143.006,00	7,16	2,16	\$ 16.977.359,00	\$ 20.306.253,00	8,2
\$ 9.316.283,00	\$ 11.143.006,00	8,36	2,53	\$ 19.822.726,00	\$ 23.709.536,00	11,72