

IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICAS EN  
VIVIENDAS NO INTERCONECTADAS A LAS REDES ELÉCTRICAS PÚBLICAS EN  
ZONAS RURALES DISPERSAS DEL MUNICIPIO DE VIGÍA DEL FUERTE

SEBASTIÁN BERRÍO POSADA



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**PASCUAL BRAVO**®

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2024

IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICAS EN  
VIVIENDAS NO INTERCONECTADAS A LAS REDES ELÉCTRICAS PÚBLICAS EN  
ZONAS RURALES DISPERSAS DEL MUNICIPIO DE VIGÍA DEL FUERTE

SEBASTIÁN BERRÍO POSADA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2024

IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Implementación de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaicas en Viviendas No Interconectadas a las Redes Eléctricas Públicas en Zonas Rurales Dispersas del Municipio de Vigía del Fuerte

Sebastián Berrío Posada

Trabajo de Grado Presentado como Requisito para Optar al Título de Especialista en Gestión de Proyectos

Dubal Papamija Muñoz  
Magíster en Gerencia de Proyectos

Institución Universitaria Pascual Bravo  
Facultad de Producción y Diseño  
Especialización en Gestión de Proyectos  
Medellín  
2024

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE



<b>ACTA DE EVALUACIÓN FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código:
	Versión:
	Página: 1 de 1

**Nombre del trabajo de grado:**

Implementación de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaicas en Viviendas No Interconectadas a las Redes Eléctricas Públicas en Zonas Rurales Dispersas del Municipio de Vigía del Fuerte.

**Datos de los estudiantes:**

Nombres Y Apellidos	Cédula	Programa	Correo Institucional
Sebastián Berrío Posada	1037598900	Especialización Gestión de Proyectos	s.berrio1097@pascualbravo.edu.co

**Modalidad a la que pertenece el Trabajo:**

Investigativa \_\_\_ Emprendimiento \_\_\_ Práctica \_\_\_ Formulación proyecto de inversión X

CONCEPTO EVALUACIÓN	SÍ	NO
Aprobado	X	
Aprobado con correcciones		
No aprobado		

**OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS DEL PROCESO:** El presente documento ha sido elaborado con la calidad y rigurosidad exigidas para un trabajo de grado, respetando los principios de coherencia y exhaustividad característicos de un proyecto de inversión pública. Su ejecución se ha llevado a cabo conforme a las directrices establecidas por el Departamento Nacional de Planeación y la plataforma MGA Web, así como las enseñanzas impartidas en la Universidad.

**Fecha de entrega:** 04/06/2024

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Nombre del Asesor:** Dubal Papamija Muñoz

**Fecha:** 04/06/2024

<b>Elaboró:</b> Jhobana Herrera Díaz	<b>Revisó:</b> Irma Lucía Franco	<b>Aprobó</b>
<b>Fecha:</b> 2020/11/26	Fecha:	Fecha:

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Resumen**

Este proyecto tiene como objeto la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaicas en viviendas no interconectadas a las redes eléctricas públicas en zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte (Ant), apuntando a aumentar la cobertura del servicio de energía eléctrica por medio de fuentes no convencionales de generación de energía.

Adicionalmente, el proyecto esta alineado con las políticas públicas adoptados en los planes de desarrollo nacional, departamental y municipal, los cuales promueven los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

Dentro del documento se presenta el planteamiento del problema, el marco de referencia, la preparación, evaluación y programación del proyecto siguiendo una estructura de marco lógico dada por la Metodología General Ajustada (MGA) del Departamento de Planeación Nacional (DNP).

**Palabras clave:** Energía solar, red eléctrica, políticas públicas, plan de desarrollo, ODS, MGA, DNP.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Abstract**

This project aims to implement photovoltaic solar energy systems in homes not interconnected to public electrical networks in dispersed rural areas of the municipality of Vigía del Fuerte (Ant), aiming to increase the coverage of the electrical energy service through non-conventional sources of energy.

Additionally, the project is aligned with the public policies adopted in the national, departmental and municipal development plans, which promote the sustainable development objectives (SDO) of the United Nations.

The document presents the problem statement, the reference framework, the preparation, evaluation and programming of the project following a logical framework structure given by the Adjusted General Methodology (MGA) of the Department of National Planning (DNP).

**Keywords:** Solar energy, electrical grid, public policies, development plan, SDO, MGA, DNP.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla de Contenido**

1. Planteamiento del Problema .....	13
1.1 Descripción del problema .....	13
1.1.1 Identificación y descripción del problema.....	13
1.1.1.1 Problema central. ....	14
1.1.1.2 Descripción de la situación existente con relación al problema. ....	14
1.1.1.3 Magnitud actual del problema e indicadores de referencia (línea base). ....	15
1.1.1.4 Causas directas e indirectas que generan el problema. ....	15
1.1.1.5 Efectos directos e indirectos generados por el problema.....	16
1.1.1.6 Diagrama de árbol de problema.....	17
1.2 Justificación .....	18
1.2.1 Contribución a la política pública .....	19
1.2.1.1 Contribución al Plan Nacional de Desarrollo. ....	20
1.2.1.2 Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial.....	21
1.2.1.3 Plan de Desarrollo Distrital o Municipal. ....	21
1.3 Participantes.....	22
1.3.1 Identificación de los participantes .....	22
1.3.2 Análisis de los participantes.....	25
1.3.3 Población.....	26
1.3.3.1 Población afectada por el problema. ....	26
1.3.3.2 Población objetivo de la intervención.....	27
1.3.3.3 Características demográficas de la población objetivo. ....	27

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

1.4 Objetivos .....	30
1.4.1 Objetivo general e indicadores de seguimiento .....	30
1.4.2 Objetivos específicos .....	31
1.5 Diagrama del árbol de objetivos .....	32
1.6 Alternativas de la solución.....	32
1.6.1 Identificación de beneficios e impactos del proyecto .....	36
1.6.1.1 Componente económico.....	37
1.6.1.2 Componente sociocultural .....	37
1.6.1.3 Componente ambiental .....	38
2. Marco de Referencia .....	39
2.1 Marco contextual .....	39
2.2 Marco legal .....	44
2.3 Antecedentes .....	45
2.4 Marco teórico .....	48
3. Preparación .....	51
3.1 Estudio de necesidades .....	51
3.2 Análisis técnico de la alternativa .....	53
3.3 Localización.....	56
3.3.1 Localización de la alternativa .....	57
3.3.2 Factores analizados .....	58
3.4 Cadena de valor.....	61
3.5 Análisis de riesgos .....	62
3.6 Ingresos y beneficios.....	64

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

3.7 Depreciación .....	70
4. Evaluación.....	71
4.1 Flujo económico.....	71
4.2 Indicadores de decisión (evaluación económica) .....	74
5. Programación .....	76
5.1 Indicadores de producto.....	76
5.2 Indicadores de gestión.....	77
5.3 Fuentes de financiación.....	78
5.4 Matriz resumen del proyecto .....	79
Referencias Bibliográficas .....	82

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Índice de Figuras**

Figura 1. Árbol de problemas. ....	17
Figura 2. Población desagregada por área. ....	26
Figura 3. Población desagregada por sexo en el municipio.....	27
Figura 4. Población de origen étnico en resguardos indígenas y número de resguardos indígenas en el municipio.....	28
Figura 5. Población étnica total de acuerdo con censo del año 2005. ....	29
Figura 6. Índice Multidimensional de Condiciones de Vida del año 2017 – IMCV 2017. ....	30
Figura 7. Árbol de objetivos. ....	32
Figura 8. Paneles fotovoltaicos instalados en el proyecto de Florencia - Caquetá. ....	47
Figura 9. Esquema típico fotovoltaico no interconectado a la red.....	50
Figura 10. Localización geográfica del municipio de Vigía del Fuerte.....	57

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Índice de Tablas**

Tabla 1. Presentación de la contribución al Plan Nacional de Desarrollo. ....	20
Tabla 2. Presentación de la contribución al Plan de Desarrollo Departamental. ....	21
Tabla 3. Presentación de la contribución al Plan de Desarrollo Municipal. ....	21
Tabla 4. Identificación de los cooperantes y beneficiarios del proyecto. ....	23
Tabla 5. Identificación de los oponentes y perjudicados del proyecto. ....	24
Tabla 6. Indicador para medir el objetivo general del proyecto. ....	31
Tabla 7. Medios y acciones para lograr el objetivo general del proyecto.....	33
Tabla 8. Criterios de comparación para la selección de alternativas. ....	35
Tabla 9. Matriz para la selección de alternativas. ....	36
Tabla 10. Resumen estudio de necesidades. ....	52
Tabla 11. Serie histórica con la cuantificación del “Déficit”.....	52
Tabla 12. Lugar de ejecución del proyecto. ....	57
Tabla 13. Cadena de valor del proyecto.....	61
Tabla 14. Matriz de riesgo del proyecto. ....	63
Tabla 15. Identificación ingresos y beneficios del proyecto.....	64
Tabla 16. Ingresos proyectados por concepto de facturación del servicio de energía. ....	65
Tabla 17. Beneficios proyectados por concepto de disminución de desperdicios de alimentos al poder tener neveras en las viviendas.....	66
Tabla 18. Beneficios proyectados por concepto de disminución de la repitencia del año escolar en niños, niñas y adolescentes. ....	67

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Tabla 19. Beneficios proyectados por concepto de costos evitados a las familias en la compra de leña, carbón y velas. ....	68
Tabla 20. Total ingresos y beneficios proyectados durante la vida útil del proyecto. ....	69
Tabla 21. Depreciación de activos del proyecto. ....	70
Tabla 22. Flujo económico del proyecto. ....	73
Tabla 23. Evaluación económica del proyecto. ....	74
Tabla 24. Costo por capacidad del proyecto. ....	75
Tabla 25. Indicador de producto del proyecto. ....	77
Tabla 26. Indicador de gestión del proyecto. ....	77
Tabla 27. Clasificación presupuestal del proyecto. ....	78
Tabla 28. Fuentes de financiación del proyecto. ....	79
Tabla 29. Matriz resumen del proyecto. ....	80

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

### **1. Planteamiento del Problema**

#### **1.1 Descripción del problema**

El suministro de energía eléctrica en Vigía del Fuerte se realiza por medio de una planta eléctrica diésel, la cual depende del aprovisionamiento del combustible y de mantenimientos para su adecuado funcionamiento. Sin embargo, la planta eléctrica presenta fallas y está limitada su capacidad de carga por el aumento de la demanda eléctrica, adicionalmente se tiene que la cobertura del servicio de energía eléctrica se centra principalmente en la cabecera municipal y veredas aledañas, por lo que al momento del inicio del plan de desarrollo municipal 2020-2023 solo se presta el servicio al 40% de la población total del municipio (Santos Pestaña, 2020).

##### ***1.1.1 Identificación y descripción del problema***

El problema del bajo nivel de acceso radica principalmente por la escasa infraestructura del prestador de servicios públicos de energía eléctrica en zonas rurales del municipio debido a que se dificulta el acceso para la instalación y el mantenimiento de redes eléctricas en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano. Adicionalmente, de acuerdo con el plan de desarrollo municipal, se presenta una falta de mantenimiento de la planta de energía y en las redes actuales, las cuales se encuentran en un estado funcional del 40% (Santos Pestaña, 2020).

Otro aspecto por considerar de la problemática son las limitadas alternativas que tiene el prestador del servicio público de energía eléctrica en zonas rurales del municipio, ya que talvez por desconocimiento del uso de sistemas solares fotovoltaicos, no se ha planteado brindar el servicio por medio de este tipo de sistemas de energías renovables, los cuales no requieren interconexión con las redes eléctricas del prestador del servicio público y, por tanto, no tienen un

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

costo de instalación y mantenimiento tan altos comparado con las redes eléctricas tradicionales (postes, transformadores y cableado) cuando se tienen usuarios muy dispersos y/o alejados del casco urbano.

### **1.1.1.1 Problema central.**

Bajo nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte.

### **1.1.1.2 Descripción de la situación existente con relación al problema.**

En el municipio de Vigía del Fuerte se presenta un bajo nivel de acceso al servicio de energía eléctrica teniendo como base que solo el 40% del municipio presenta cobertura al momento del inicio del plan de desarrollo municipal (Santos Pestaña, 2020).

Ahora, en las comunidades sin acceso al servicio de energía no pueden contar con iluminación aceptable en las noches lo que reduce las horas de trabajo aprovechable, al igual que no tienen posibilidad de tener electrodomésticos básicos como una nevera para aumentar la preservación de sus alimentos o radios para escuchar música o estar enterados de noticias regionales o nacionales, ventiladores para generar confort en sus viviendas, entre otros. Igualmente, dichas comunidades al no tener acceso al servicio de energía eléctrica presentan una dependencia de leña, carbón, velas o combustibles fósiles para la preparación de alimentos e iluminar las noches para desarrollar sus actividades diarias.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

En conclusión, se evidencia el impacto positivo que puede generarle a las comunidades sin servicio de energía eléctrica la implementación de proyectos que busquen brindar el servicio de energía eléctrica en sus viviendas, lo cual motiva su aplicación y ejecución.

### **1.1.1.3 Magnitud actual del problema e indicadores de referencia (línea base).**

De acuerdo con el Plan de Desarrollo de Vigía del Fuerte 2020-2023 “El Cambio lo Hacemos Tod@s” (Santos Pestaña, 2020) el municipio tiene un 40% de cobertura del servicio de energía eléctrica (línea base) y espera aumentar en un 60% la cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio (meta de resultado).

### **1.1.1.4 Causas directas e indirectas que generan el problema.**

El bajo nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte se da por dos causas directas identificadas:

- Dificultad en el acceso al servicio público de energía eléctrica en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano en zonas rurales dispersas del municipio.
- Escasa infraestructura de redes eléctricas del prestador de servicios públicos de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio.

Las causas directas se desencadenan por los siguientes factores identificados como causas indirectas:

- Desconocimiento del uso de sistemas solares fotovoltaicos, los cuales no requieren interconexión con las redes eléctricas del prestador del servicio público.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

- Limitadas alternativas en la prestación del servicio público de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio.

### **1.1.1.5 Efectos directos e indirectos generados por el problema.**

Dentro de los efectos directos ocasionados por el bajo nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte se tienen:

- Baja productividad de los hogares al no tener iluminación ni electrodomésticos básicos.
- Dependencia de leña o carbón en la preparación de alimentos.

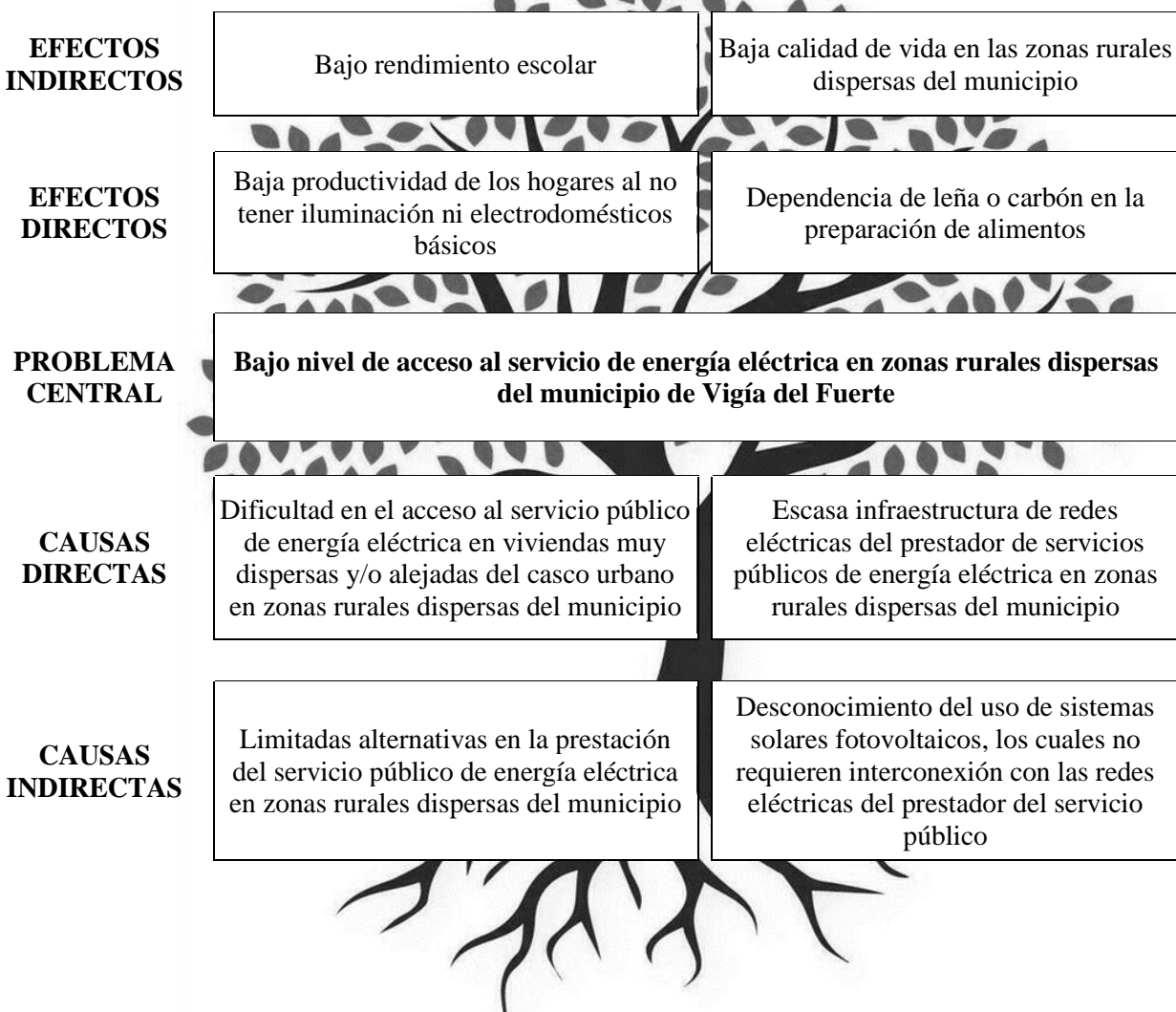
Adicionalmente y por consecuencia de los anteriores efectos se identifican dos efectos indirectos de la problemática los cuales son:

- Bajo rendimiento escolar.
- Baja calidad de vida en las zonas rurales dispersas del municipio.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

## 1.1.1.6 Diagrama de árbol de problema

Figura 1.

*Árbol de problemas.*

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**1.2 Justificación**

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo “Colombia, potencia mundial de la vida” (Petro Urrego, 2023) “se acelerará la generación de energías renovables y se impulsarán tecnologías que permitan el desarrollo del potencial de energía eólica, solar, geotérmica, biomasa y otras no convencionales como estrategia para democratizar la generación de la energía e incentivar la reducción de tarifas de energía a través del aprovechamiento de las energías verdes. El país acelerará la penetración de energías renovables en la matriz y el sistema energético contará con infraestructura y tecnología avanzada que atienda la demanda, a la vez que cumple con los compromisos sociales, ambientales y garantiza la seguridad, confiabilidad, asequibilidad y eficiencia del servicio de energía”.

En el Plan de Desarrollo Departamental “Unidos por la Vida”, del departamento de Antioquia, se tiene un componente de energía sostenible para el desarrollo territorial, el cual busca que a través de la articulación e interacción entre los distintos actores del sector se posibilite la ampliación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICCE) en Antioquia, buscando la universalización del servicio, y en especial hacia las comunidades rurales de forma tal que se potencialice el desarrollo social y económico que conlleva el acceso a la energía eléctrica limpia y sostenible, y el fortalecimiento de las comunicaciones y la conectividad en el territorio. Igualmente, promover la construcción de infraestructura eléctrica asequible y no contaminante aprovechando las nuevas tecnologías para aumentar la cobertura y disminuir el impacto ambiental, para promover el desarrollo social y económico de la población del departamento (Gaviria Correa, 2020).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Por último, en el Plan de Desarrollo Municipal “El cambio lo hacemos tod@s”, del municipio de Vigía del Fuerte, presenta el programa “Unidos por la energía para la equidad territorial” el cual tiene como objetivo promover el uso de fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica para el consumo domiciliario e industrial de manera innovadora y sostenible (Santos Pestaña, 2020).

Por lo anterior, se plantea brindar el servicio básico de energía eléctrica por medio de paneles solares fotovoltaicos como fuente de energía alternativa, los cuales permiten aprovechar la radiación solar para generar energía eléctrica. Dicho planteamiento se fundamenta igualmente en la “ODS 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos” e impacta directamente a la meta de resultado del Plan de Desarrollo Municipal de aumentar en un 60% la cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio.

### ***1.2.1 Contribución a la política pública***

De acuerdo con los enfoques dados por la ONU en los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) de aquí a 2030, se espera aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas, por lo cual los planes de desarrollo tanto nacional como departamental y municipal buscan aportar a dicho objetivo por medio de programas enfocados en la implementación de sistemas de generación de energía renovables tales como los solares fotovoltaicos.

Ahora, específicamente el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida” cuenta con el programa "Generación de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)" y tiene como meta del cuatrienio la conexión

### IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

de 20.000 nuevos usuarios con generación a partir de fuentes no convencionales de energía renovable. Igualmente, el Plan de Desarrollo de Antioquia 2020-2023 “Unidos por la vida” cuenta con el programa "Unidos por la energía para la equidad territorial" y tiene como meta del cuatrienio generar 10.000 nuevas conexiones del servicio de energía eléctrica en áreas rurales. Por último, el Plan de Desarrollo de Vigía del Fuerte 2020-2023 “El Cambio lo Hacemos Tod@s” cuenta con el programa "Todos a conservar nuestro medio ambiente" y tiene como meta de resultado aumentar del 40% a un 60% la cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio.

#### 1.2.1.1 Contribución al Plan Nacional de Desarrollo.

**Tabla 1.**

*Presentación de la contribución al Plan Nacional de Desarrollo.*

Objetivos de desarrollo sostenible	Plan de desarrollo nacional			
	“Colombia, potencia mundial de la vida”			
Objetivo de desarrollo sostenible a impactar	Programa	Línea estratégica	Componente	Programa
ODS 7	Energía asequible y no contaminante	Transformación productiva, internacionalización y acción climática	Transición energética justa, segura, confiable y eficiente	Generación de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)

*Nota.* Datos tomados de (Petro Urrego, 2023) y (Moran, 2015).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**1.2.1.2 Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial.****Tabla 2.***Presentación de la contribución al Plan de Desarrollo Departamental.*

<b>Plan de desarrollo departamental</b>		
“Unidos por la vida”		
<b>Línea estratégica</b>	<b>Componente</b>	<b>Programa</b>
Nuestra economía	Unidos por la energía sostenible para el desarrollo territorial	Unidos por la energía para la equidad territorial

*Nota.* Datos tomados de (Gaviria Correa, 2020).**1.2.1.3 Plan de Desarrollo Distrital o Municipal.****Tabla 3.***Presentación de la contribución al Plan de Desarrollo Municipal.*

<b>Plan de desarrollo municipal</b>		
“El cambio lo hacemos tod@s”		
<b>Línea estratégica</b>	<b>Componente</b>	<b>Programa</b>
Todos por el cuidado del planeta	Todos a conservar nuestro medio ambiente	Todos a conservar nuestro medio ambiente

*Nota.* Datos tomados de (Santos Pestaña, 2020).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**1.3 Participantes*****1.3.1 Identificación de los participantes***

- **Beneficiario:** Son aquellos individuos u organizaciones que recibirán directa o indirectamente los beneficios de la intervención que se proponga realizar a través del proyecto.
- **Cooperante:** Todas aquellas personas o entidades que pueden vincularse aportando recursos de diferente tipo, ya sea en dinero o en especie para el desarrollo de dichas intervenciones.
- **Oponente:** Aquellas personas, grupos de individuos u organizaciones que, dado el inconformismo frente a las posibles intervenciones del proyecto, pueden llegar a obstaculizar el logro de los objetivos previstos.
- **Perjudicado.** Personas, grupos de individuos u organizaciones que podrían llegar a disminuir su calidad de vida o bienestar como consecuencia del proyecto.

En la Tabla 4 se presentan los participantes del proyecto del tipo cooperante o beneficiario junto con sus intereses y expectativas y con su respectiva contribución.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 4.***Identificación de los cooperantes y beneficiarios del proyecto.*

<b>Actor</b>	<b>Entidad</b>	<b>Posición</b>	<b>Intereses o Expectativas</b>	<b>Contribución o Gestión</b>
Otro	Organización de Naciones Unidas (ODS)	Cooperante	Cumplir metas del objetivo de desarrollo sostenible	Recursos financieros y asistencia técnica y legal
Nacional	Colombia (Ministerio de Minas y Energía)	Cooperante	Cumplir indicadores de segundo nivel del plan de desarrollo nacional	Recursos financieros y asistencia técnica y legal
Departamental	Departamento de Antioquia	Cooperante	Cumplir indicadores de resultados del plan de desarrollo departamental	Recursos financieros y asistencia técnica y legal
Municipal	Municipio de Vigía del Fuerte	Cooperante	Cumplir indicadores de resultados del plan de desarrollo municipal	Recursos técnicos, financieros, legales y administrativos. Proyección de beneficiarios
Otro	Empresas de suministro de materiales eléctricos necesarios para la implementación de los sistemas solares fotovoltaicos	Beneficiario	Aumentar las ventas de la empresa	Vender equipos y elementos certificados, al igual que den cumplimiento con las garantías de los productos suministrados

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

<b>Actor</b>	<b>Entidad</b>	<b>Posición</b>	<b>Intereses o Expectativas</b>	<b>Contribución o Gestión</b>
Otro	Empresas de instalaciones eléctricas del municipio de Vigía del Fuerte y/o de municipios cercanos	Beneficiario	Generar empleo y mayores ganancias para la empresa	Realizar instalaciones de calidad cumpliendo las normativas eléctricas que les apliquen
Otro	Habitantes de la zona rural del municipio de Vigía del Fuerte	Beneficiario	Que el servicio perdure en el tiempo	Realizar los pagos a tiempo por la prestación del servicio

Ahora, en la Tabla 5 se presentan los participantes del proyecto del tipo oponente o perjudicado junto con sus oposiciones o perjuicios y con su respectiva medida de mitigación.

**Tabla 5.**

*Identificación de los oponentes y perjudicados del proyecto.*

<b>Actor</b>	<b>Entidad</b>	<b>Posición</b>	<b>Oposiciones o Perjuicios</b>	<b>Medidas de Mitigación</b>
Otro	Habitantes de la zona rural del municipio de Vigía del Fuerte que no ven positivo el cambio	Oponente	No quieren pagar por el servicio	Subsidios para la prestación del servicio o inicialmente no hacerlos parte de la población beneficiada
Otro	Comercializadores de carbón, leña, combustibles fósiles, entre otros	Perjudicado	Se les disminuirá las ventas debido a que la población beneficiada reducirá su uso	Capacitaciones de innovación y capacitaciones para la sustitución por otro tipo de productos o servicios

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

***1.3.2 Análisis de los participantes***

Se han realizado acercamientos con la comunidad que reside en zonas rurales dispersas del municipio y que no cuentan con el servicio de energía eléctrica con el fin de dar a conocer el proyecto y las ventajas que tendría para mejorar su calidad de vida. Adicionalmente se ha realizado sensibilización del buen uso que se le debe realizar a la infraestructura del proyecto en casa vivienda y se ha hecho mucho énfasis en la importancia de tener una cultura de pago por el servicio de energía que estarían recibiendo. Éste último tema del pago ha sido foco de grandes discusiones por el hecho de que algunas personas no quieren pagar por tener energía en sus hogares, a lo cual se les sensibiliza y se les recalca los beneficios del proyecto, se les informa que la tarifa es subsidiada y que el pago mensual no les debería representar un gran costo comparado con las ventajas y la calidad de vida que obtendrían. Igualmente, se deja en actas de las reuniones que no hay ningún problema con las personas que no quieren hacer parte de la población objetivo del proyecto y se les informa que se seguirán haciendo campañas de promoción y sensibilización de las ventajas y del buen uso del servicio de energía eléctrica.

Por otra parte, se han integrado mesas de trabajo conjuntas entre el Municipio, el Departamento y el Ministerio de Minas y Energía, con el fin de articular claramente los alcances, los objetivos y los métodos de financiación del proyecto para hacerlo viable técnica y económicamente, ya que dichos entes son parte fundamental en la gestión financiera del proyecto.

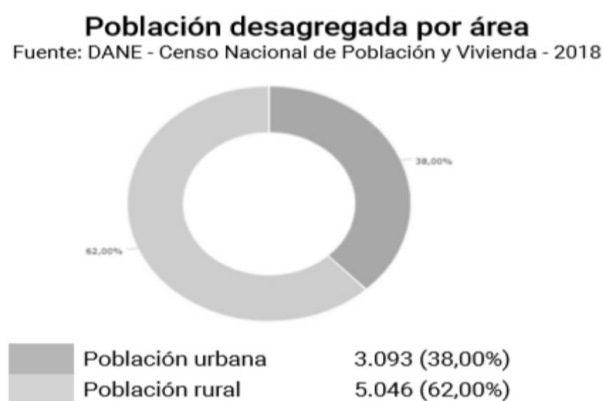
## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**1.3.3 Población****1.3.3.1 Población afectada por el problema.**

La población total del municipio corresponde a **8.139 personas** según cifras del censo del DANE en el año 2018 (Santos Pestaña, 2020), de los cuales 3.093 personas (38%) habitan en el casco urbano y 5.046 personas (62%) habitan en el área rural.

**Figura 2.**

*Población desagregada por área.*



*Nota.* Figura tomada de (Santos Pestaña, 2020).

Ahora, teniendo presente que la cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio de Vigía del Fuerte corresponde al 40% de la población total (Santos Pestaña, 2020), se tiene que solo 3.256 personas cuentan con acceso al servicio de energía eléctrica y que **4.883 personas** se encuentran afectadas por el problema del bajo nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en el municipio.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**1.3.3.2 Población objetivo de la intervención.**

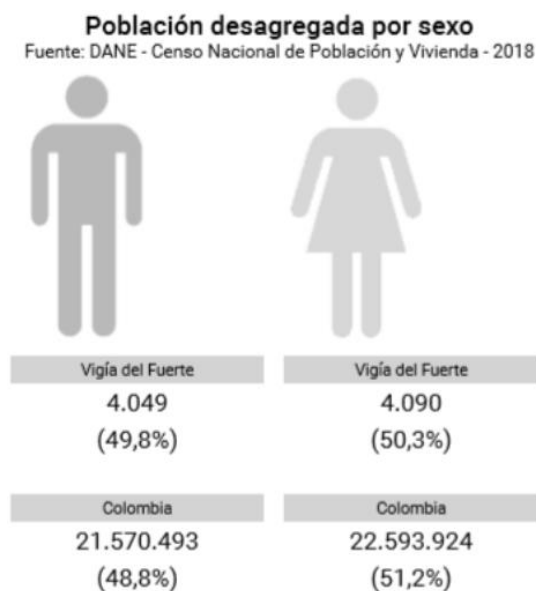
De acuerdo con el plan de desarrollo municipal, se tiene como meta de resultado aumentar del 40% a un 60% la cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio y teniendo presente que la cantidad total de viviendas en el municipio corresponde a 2764 unidades, la población objetivo corresponderá a **500 personas** de 170 viviendas ubicadas en la zona rural dispersa del municipio con el fin de aportar a la meta de resultado en un 6%.

**1.3.3.3 Características demográficas de la población objetivo.**

La estructura poblacional desagregada por sexo del municipio de Vigía del Fuerte se presenta en la Figura 3.

**Figura 3.**

*Población desagregada por sexo en el municipio.*



*Nota.* Figura tomada de (Santos Pestaña, 2020).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Por lo anterior y teniendo presente que la población objetivo del proyecto corresponde al 6,14% de la población total del municipio, se beneficiarían **249 hombres y 251 mujeres** de la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaicas en sus viviendas.

Ahora, de acuerdo con (Santos Pestaña, 2020) “la población total indígena en el municipio es de aproximadamente 634 personas, que representan un 11,3% de la población total, según cifras del informadas por el DANE y el Ministerio del Interior en el 2017 esta cantidad poblacional coincide a su vez con la posesión y titulación del 20% de tierras en resguardos”.

**Figura 4.**

*Población de origen étnico en resguardos indígenas y número de resguardos indígenas en el municipio.*



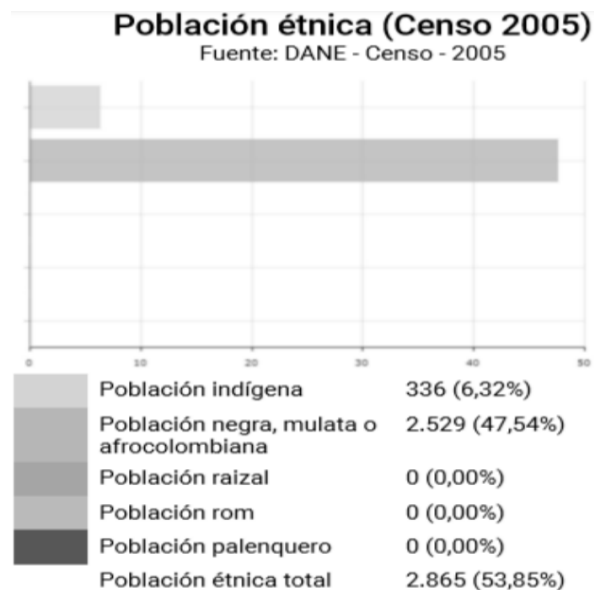
*Nota.* Figura tomada de (Santos Pestaña, 2020).

Adicionalmente, (Santos Pestaña, 2020) informa que “de acuerdo con un censo del año 2005 la cantidad de población negra, mulata o afrocolombiana corresponde a 2529 personas”.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Figura 5.**

*Población étnica total de acuerdo con censo del año 2005.*



*Nota.* Figura tomada de (Santos Pestaña, 2020).

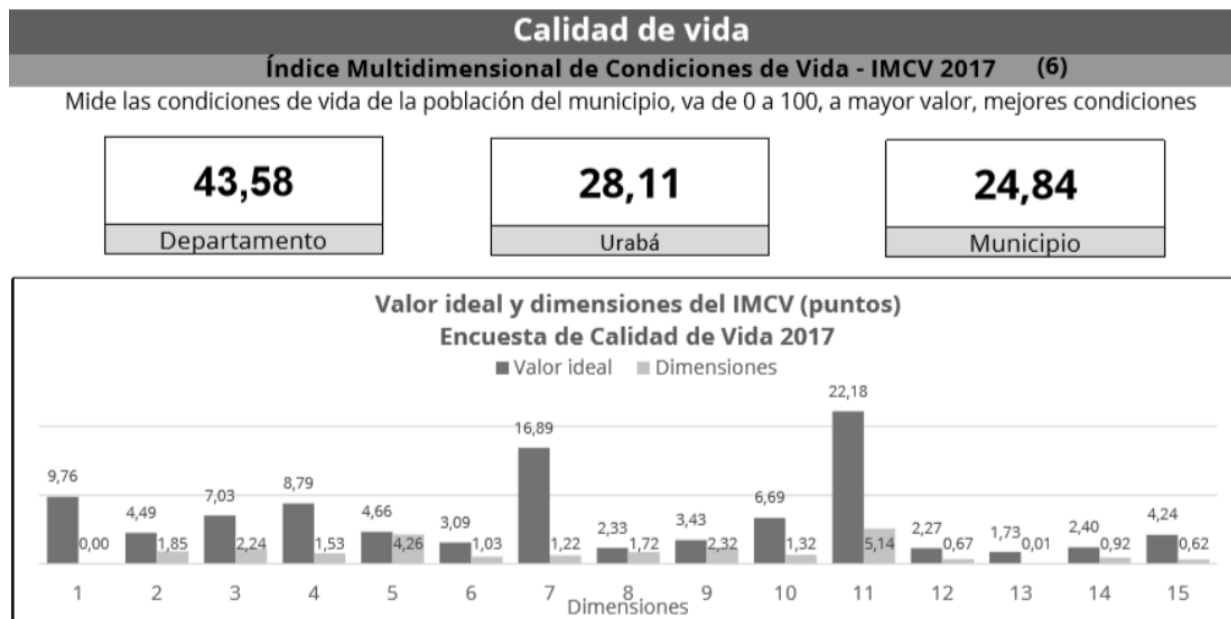
Con los datos anteriores y realizando una proyección poblacional con las cifras totales de personas del municipio del año 2018 se tiene que la cantidad de personas indígenas del municipio corresponde a 920 personas y la cantidad de personas negras, mulatas o afrocolombianas corresponden a 2529 personas, por lo tanto, la población étnica objetivo serán aproximadamente **57 personas** indígenas y **155 personas** negras, mulatas o afrocolombianas.

Por último, se observa que la calidad de vida promedio del municipio se sitúa en **24,84 puntos**, lo cual corresponde a un valor bajo de acuerdo con el promedio departamental.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Figura 6.**

*Índice Multidimensional de Condiciones de Vida del año 2017 – IMCV 2017.*



*Nota.* Figura tomada de (Santos Pestaña, 2020).

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general e indicadores de seguimiento

Se tienen como objetivo general: *Aumentar el nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte.*

En la Tabla 6 se presenta el indicador para medir el objetivo general del proyecto.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 6.***Indicador para medir el objetivo general del proyecto.*

<b>Indicador</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo de Valor de la Meta</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Frecuencia de Medición</b>	<b>Fuente de Verificación</b>
Cobertura del servicio de energía eléctrica	Porcentaje de viviendas que cuentan con acceso al servicio de energía eléctrica.	46%	Porcentaje	Anual	Empresa prestadora del servicio de energía eléctrica municipal

**1.4.2 Objetivos específicos**

Objetivos específicos directos:

- Facilitar el acceso al servicio público de energía eléctrica en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano en zonas rurales dispersas del municipio.
- Adicionar infraestructura de redes eléctricas al prestador de servicios públicos de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio.

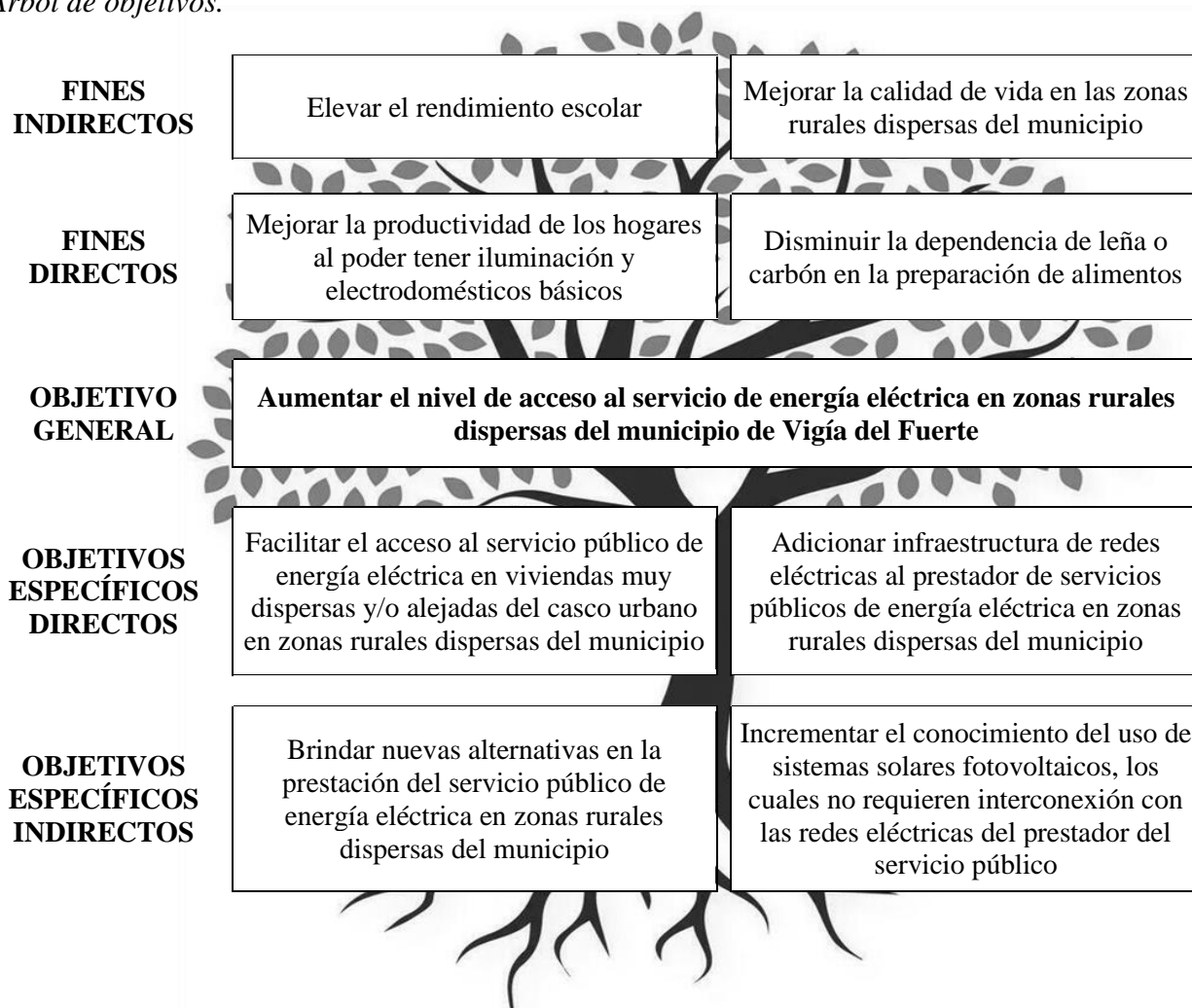
Objetivos específicos indirectos:

- Brindar nuevas alternativas en la prestación del servicio público de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio.
- Incrementar el conocimiento del uso de sistemas solares fotovoltaicos, los cuales no requieren interconexión con las redes eléctricas del prestador del servicio público.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

## 1.5 Diagrama del árbol de objetivos

Figura 7.

*Árbol de objetivos.*

## 1.6 Alternativas de la solución

Con base en el árbol de objetivos se identifican cuáles serían los medios para cumplir con el objetivo general del proyecto, por tanto, a cada objetivo específico (denominados medios) se le asignan unas acciones, las cuales, si se realizaran aportarían al cumplimiento del objetivo general.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 7.***Medios y acciones para lograr el objetivo general del proyecto.*

<b>Medios</b>	<b>Acciones</b>
Facilitar el acceso al servicio público de energía eléctrica en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano en zonas rurales dispersas del municipio.	Implementar sistemas de energía solar fotovoltaica en viviendas de las zonas rurales dispersas del municipio.
Brindar nuevas alternativas en la prestación del servicio público de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio.	Proyectar la electrificación en zonas rurales dispersas por medio de energías alternativas no contaminantes.
Adicionar infraestructura de redes eléctricas al prestador de servicios públicos de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio.	Instalar redes eléctricas normalizadas (postes, transformadores y cableado) en zonas rurales dispersas del municipio.
Incrementar el conocimiento del uso de sistemas solares fotovoltaicos, los cuales no requieren interconexión con las redes eléctricas del prestador del servicio público.	Capacitar a la empresa de servicios públicos municipal acerca del uso e implementación de sistemas solares fotovoltaicos.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Ahora, acorde a las acciones propuestas se presentan las siguientes alternativas de solución:

- **ALTERNATIVA 1. Implementar sistemas de energía solar fotovoltaica en viviendas de las zonas rurales dispersas del municipio.**

Con el objetivo de aumentar el acceso al servicio de energía eléctrica se propone la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica, los cuales aprovechan la radiación solar para generar energía eléctrica y permiten brindar el servicio de energía sin estar conectados a las redes de distribución eléctrica del prestador del servicio de energía público, lo cual facilita la implementación en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano.

- **ALTERNATIVA 2. Instalar redes eléctricas normalizadas (postes, transformadores y cableado) en zonas rurales dispersas del municipio.**

Con esta otra alternativa se propone adicionar infraestructura de redes eléctricas normalizadas (postes, transformadores y cableado) al prestador de servicios públicos de energía eléctrica con el objetivo de aumentar la cobertura de sus redes de distribución y poder así aumentar el acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio.

Como estrategia de comparación para la selección de la alternativa a desarrollar se definen los siguientes criterios:

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 8.***Criterios de comparación para la selección de alternativas.*

<b>Criterio</b>	<b>Definición</b>
Tiempo	Corresponde al tiempo de ejecución del proyecto. Se le dará mayor peso a las alternativas que logren cumplir con el objetivo general en un menor tiempo.
Costo	Corresponde al costo total del proyecto. Se le dará mayor peso a las alternativas que logren cumplir con el objetivo general a un menor costo.
Financiación	Corresponde a la viabilidad para obtener recursos para financiar el proyecto. Se le dará mayor peso a las alternativas que sean más viables para obtener recursos para su financiación.
Impacto ambiental	Corresponde al impacto medio ambiental que traería el desarrollo de la alternativa. Se le dará mayor peso a las alternativas que no tengan afectaciones negativas al medio ambiente.

Teniendo definidos los criterios descritos en el punto anterior, se presenta una tabla de puntuación para definir la mejor alternativa de solución.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 9.***Matriz para la selección de alternativas.*

Peso de cada Impactos en cada solución. Se elige la de mayor impacto valor entre 0 y 100. Debe sumar 100%						
Peso	20%	30%	30%	20%	Evaluación	Escala de Evaluación
Soluciones	Tiempo	Costo	Financiación	Impacto Ambiental		
Implementar sistemas de energía solar fotovoltaica en viviendas de las zonas rurales dispersas del municipio	7	9	9	9	<b>8,6</b>	1 Sin Impacto
						3 Impacto Bajo
Instalar redes eléctricas normalizadas (postes, transformadores y cableado) en zonas rurales dispersas del municipio	5	5	3	5	<b>4,4</b>	5 Indiferente
						7 Adecuado
<b>Selección</b>					<b>8,6</b>	9 Alto Impacto

De acuerdo con la matriz anterior, la mejor alternativa de solución corresponde a la alternativa 1 “Implementar sistemas de energía solar fotovoltaica en viviendas de las zonas rurales dispersas del municipio”.

**1.6.1 Identificación de beneficios e impactos del proyecto**

Los beneficios esperados y los posibles impactos del presente proyecto se clasifican en tres componentes: componente económico, componente sociocultural y, por último y no menos importante, componente ambiental.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

### 1.6.1.1 Componente económico

#### **Beneficios:**

- Disminución en el desperdicio de los alimentos al poder refrigerarlos y/o congelarlos en la nevera.
- Ahorro en la compra de leña, carbón y velas al poder tener iluminación y parrilla eléctrica.
- Generación de empleo en mano de obra calificada y no calificada para la ejecución, operación y mantenimiento del proyecto.

#### **Impactos:**

- Cobro a los propietarios de las viviendas por el servicio de energía eléctrica, sin embargo, el impacto es leve debido a que por política nacional los servicios públicos son subsidiados para los estratos 1, 2 y 3.
- Mayor carga laboral para la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica del municipio para realizar las tareas de facturación, cobro y mantenimiento de los sistemas de energía solar fotovoltaica.

### 1.6.1.2 Componente sociocultural

#### **Beneficios:**

- Disminución en la repitencia escolar en niños, niñas y adolescentes debido a que pueden dedicar un mayor tiempo de estudio en horas de la noche al tener iluminación eléctrica.

#### IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

- La población beneficiada puede estar más informada al poder acceder a tener radios o televisores que les permita acceder a las noticias nacionales y regionales.
- Aumento en la calidad de vida al poder contar con el servicio de energía eléctrica.

#### **Impactos:**

- El proyecto puede tener detractores y/o población que no deseen que se instalen los sistemas de energía solar fotovoltaica en sus viviendas.

#### **1.6.1.3 Componente ambiental**

#### **Beneficios:**

- El proyecto genera energía eléctrica a partir de un sistema de energía renovable no contaminante como lo es la energía solar.
- Reducción en el uso de combustibles fósiles, leña y carbón, lo que a su vez reduce la emisión de gases perjudiciales para el medio ambiente.

#### **Impactos:**

- El proyecto no presenta impactos ambientales negativos a su entorno.

## **2. Marco de Referencia**

### **2.1 Marco contextual**

#### **Población**

En términos generales, la distribución de la población actual es la siguiente: la población afrodescendiente se localiza a orillas del Atrato y de los afluentes mayores, en la cabecera municipal y otros pequeños y caseríos, y los indígenas se localizan en el curso medio y alto de los afluentes mayores del Atrato y a lo largo de las numerosas corrientes secundarias que atraviesa la región (Ceballos Echeverri, 2010).

La Población Indígena: En su totalidad, los indígenas de la zona hacen parte de la familia lingüística y étnica conocida como Chocó, a la cual pertenecen las lenguas y grupos Waunana y Embera (Ceballos Echeverri, 2010).

El poblamiento tradicional es disperso y se produce a lo largo de los ríos y quebradas. Una quebrada o un segmento de río dan lugar al asentamiento de una parentela, la cual explota los recursos naturales en una amplia zona alrededor de los sitios de vivienda. Cada unidad doméstica, constituida por una familia nuclear - en ocasiones ampliada para incluir parientes consanguíneos o colaterales u otros agregados sociales, es una unidad básica de producción y consumo (Ceballos Echeverri, 2010).

La densidad de población, entendida como la relación entre el número de habitantes y la superficie total, es de 2.99 habitantes/ Km<sup>2</sup>, considerando que el área total del municipio es de

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

1.780 Km<sup>2</sup> y la población del último censo, lo que denota una capacidad de carga de las más bajas de la subregión y del departamento (Ceballos Echeverri, 2010).

### **Cultura**

La vida del pueblo negro del medio Atrato está marcada por los hechos religiosos. Es un pueblo celebrativo; sus tradiciones culturales religiosas están dadas por una variedad de expresiones simbólicas, que traducen su forma de ver al mundo, a la forma de concebir la vida y la muerte. Tiene una profunda relación y respeto con lo sagrado, con lo trascendente, contemplación a los santos y una relación con la muerte (Ceballos Echeverri, 2010).

Las manifestaciones culturales de la etnia negra están representadas en danzas como el paloteo, el Tambeo y grupos musicales como el sexteto, el tamborito y la chirimía. La relación con la fiesta es un asunto de importancia a la hora de mirar la recreación y cultura del Municipio, pues son estos los que permiten dibujar otras expresiones que en otros espacios sería imposible definir, es más que un encuentro, un rito, el del cortejo, la sensualidad y la alegría (Ceballos Echeverri, 2010).

### **Economía**

La economía se basa principalmente en la extracción maderera, además se dan prácticas tradicionales que son: La agricultura, pesca, la minería, la cacería y la producción pecuaria sin embargo hay escasez de mercados estables para comercializar los productos y este tipo de producción básicamente ha estado encaminado a satisfacer la demanda alimentaria propia de la población, aunque en muchos casos no es suficiente. Las condiciones geomorfológicas y sus respectivas características edafoclimáticas determinan que en el municipio no sea viable

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

desarrollar actividades agrícolas y pecuarias del tipo de las practicadas en otras regiones del país (Ceballos Echeverri, 2010).

La condición en la que se desenvuelve el municipio de Vigía del Fuerte es similar a la de todos los municipios ribereños al río Atrato, donde se comparten condiciones históricas, económicas, biofísicas y culturales similares, predominando ambientes húmedos y muy húmedos en la llanura aluvial del río y sus principales afluentes. En general, se trata de economías simples donde existe un relativo aislamiento por vía terrestre, lo que hace que sea la vía fluvial, el principal medio de transporte y comunicación, a excepción de algunas pistas de aterrizaje que hace que se pueda relacionar por vía aérea (Ceballos Echeverri, 2010).

### **Educación**

El Municipio cuenta con 27 establecimientos educativos oficiales, 4 ubicados en la cabecera municipal y 23 en la zona rural. De estos 15 ofrecen la educación preescolar, 25 la básica primaria, 5 básica secundaria y 2 la media vocacional. La población escolar es de 3106 estudiantes, distribuidos así: 290 en el nivel preescolar, 2061 en el ciclo básica secundaria y 153 en la media vocacional (Ceballos Echeverri, 2010).

En términos generales, el grado de escolaridad (el cual es muy alto), de los educadores del Municipio no redundan en el mejoramiento de la calidad de la educación, principalmente por falta de infraestructura y dotación básica. Se presenta un alto grado de deserción escolar, especialmente en la zona rural (Ceballos Echeverri, 2010).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

### **Empleo**

El municipio históricamente ha tenido falencias en cuanto a generar empleo y a tener las condiciones necesarias para mantener una economía estable, las entidades públicas y los negocios grandes del municipio generan empleo a los habitantes de la cabecera, no pasando lo mismo en el área rural, en donde no hay fuentes de empleo. Se requiere el montaje de sistemas productivos en las comunidades, en donde los habitantes puedan participar y de esta manera mejorar los ingresos. En el tema de infraestructura se hace necesario invertir, para de esta manera garantizar a los campesinos sacar los productos hacia donde puedan comercializarlos (Santos Pestaña, 2020).

### **Servicios públicos**

Los servicios domiciliarios básicos, según la Ley 142 de 1994 son aquellos servicios esenciales que llegan a las casas y que se suponen cubren necesidades básicas de las comunidades, tales como el abastecimiento de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, telecomunicaciones y aseo público (Ceballos Echeverri, 2010).

**Agua potable:** En la actualidad, el municipio de Vigía del Fuerte, carece, tanto en el área urbana como rural de servicio de agua potable, lo que no necesariamente quiere decir que no haya acueducto, dado que éste existe en la cabecera municipal y en el corregimiento de La Playa Murrí, pero el servicio que presta es de mínima cobertura (Ceballos Echeverri, 2010).

**Alcantarillado:** La cabecera municipal de Vigía del Fuerte no cuenta con un sistema de recolección de aguas servidas, sólo en algunas viviendas se tiene el sistema de pozo séptico para la disposición de excretas; en caso contrario, se desechan sus excretas en el río o en el mejor de

#### IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

los casos, en el campo. De igual forma, el lavado de ropa, de enseres del hogar y el aseo personal se realiza en el río (Ceballos Echeverri, 2010).

**Energía eléctrica:** solo se presta unas pocas horas en la noche, por medio de plantas eléctricas cuyo funcionamiento está supeditado a la provisión de gasolina y a que se encuentre funcionando. Sin embargo, en los últimos meses se ha iniciado un racionamiento por sectores debido al incremento de la demanda, que ha superado la capacidad de carga de las plantas. Se espera próximamente una solución definitiva mediante la interconexión eléctrica (Ceballos Echeverri, 2010).

**Servicio de telefonía:** Es prestado a nivel urbano a las viviendas por la empresa Edatel, sin embargo, muchas de las líneas inicialmente instaladas se han cortado por falta de pago, mientras que a nivel rural y público ha sido suministrado por la empresa Compartel, aunque el servicio es casi inexistente por el deterioro de los equipos. La instalación de antenas receptoras de señal de telefonía móvil (Claro), ha masificado el uso del celular, relegando a segundo plano el servicio de telefonía fija (Ceballos Echeverri, 2010).

**Servicio de aseo:** La administración municipal ha venido asumiendo la recolección y disposición de residuos sólidos en la cabecera, con recursos de Saneamiento Básico, cubriendo un 100% del área urbana, sin embargo, se tienen problemas en la disposición final de los residuos, ya que esto se hace en grandes huecos sin ningún tipo de manejo, lo que ocasiona que finalmente los lixiviados, sean vertidos al río. A mediano plazo se vislumbra una solución mediante la implementación del PGIRS y con la construcción de un relleno regional en el municipio de Bojayá (Ceballos Echeverri, 2010).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**2.2 Marco legal**

En Colombia el marco normativo de servicios públicos está regulado por la **Ley 142 de 1994**, allí encontramos la energía eléctrica como un servicio público esencial, es aquí, donde surge esa necesidad de buscar alternativas no convencionales de producción de energía eléctrica, aplicando a la conservación y administración eficiente de los recursos, en pro y mejora del medio ambiente.

Buscando precisamente, la eficiencia y medición inteligente de la energía, surge la renovación y el uso de fuentes no convencionales de energía eléctrica y es así como el legislador emite la **Ley 2099 de 2021**, a través de la cual, regula la gestión eficiente de la energía, la dinamización del mercado, el desarrollo y el fortalecimiento de los servicios públicos. Se crea un Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la energía (FENOGE), en cabeza del ministro de Minas y Energía para promover, financiar y ejecutar planes como los de la energía renovable, objeto de este proyecto.

La norma también establece unos incentivos para promover la generación de energía eléctrica con fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), como deducción en la declaración de renta, exclusión del IVA en adquisición de bienes y servicios, incentivo arancelario y régimen de depreciación acelerada.

La **Ley 1715 de 2014** definió las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) como aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

aprovechamientos hidroeléctricos (PCH), la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Además, la Ley de Transición Energética estableció como FNCE a otras fuentes como el hidrogeno verde y el hidrógeno azul.

Por último, tenemos el **Decreto 1623 de 2015**, el cual modificó el Decreto 1073 de 2015, por el cual el Gobierno nacional adoptó los lineamientos de política pública relacionados con la expansión de cobertura del servicio público de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y en las Zonas No Interconectadas (ZNI).

### **2.3 Antecedentes**

A nivel general el Departamento Nacional de Planeación (DNP) estableció dentro de sus proyectos tipo la “instalación celdas solares en zonas no interconectadas” el cual tiene como objetivo aumentar el acceso al servicio de energía eléctrica mediante la instalación de un kit de paneles que transforman la energía solar en energía eléctrica. Este proyecto tipo se debe complementar con programas y estrategias para incentivar el uso de energías renovables. A continuación, se relación las características principales y condiciones que sugiere el proyecto tipo para su implementación (DNP, 2020):

#### **Alcance**

- Instalación de elementos que permitan almacenar energía para proveer luz las 24 horas.
- Incluir electrodomésticos para maximizar el alcance de los objetivos del proyecto.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

### **Condiciones para la implementación**

- Ubicación: Zona no interconectada o aislada. Se deberá verificar que no se encuentre en planes de interconexión de la empresa prestadora del servicio en los próximos 5 años.
- Demanda máxima de consumo: 40 – kW-h/Mes. La demanda de servicio se proyecta para un máximo de consumo en diferentes elementos eléctricos como: Lámpara LED, Licuadora, Nevera, Toma multipropósito, Radio AM/FM, TV Led, Cargador de Celular. Ver tabla 2 carga tipo.

### **Justificación**

El limitado acceso al servicio de energía eléctrica en las zonas rurales genera dificultad para refrigerar alimentos perecederos y aumento en los gastos de transporte para la compra de alimentos. La comunidad afectada presenta, adicionalmente, menor calidad de vida, debido a las limitadas horas de estudio en el hogar, generando bajos rendimientos escolares.

Por eso es necesario que la población rural cuente con acceso a energía eléctrica, con el fin dar más oportunidades de desarrollo y así mejorar su calidad de vida.

Los usuarios deberán ser conscientes del cuidado del kit para el cumplimiento de los objetivos. Es importante tener en cuenta que el sistema necesita un mantenimiento periódico para alcanzar la vida útil de diseño.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Ahora, como antecedente específico se presenta el proyecto “Construcción de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica para Zonas no Interconectadas en el Municipio de Florencia Departamento del Caquetá (municipio Pdet) en el Marco de la Implementación del Acuerdo Final para la Paz a Nivel Nacional Caquetá” el cual busca mejorar el acceso al servicio de energía eléctrica en la zona rural del municipio de Florencia, Caquetá.

El proyecto contó con un presupuesto de \$9.124.434.043 COP para la instalación de 464 unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica, los cuales beneficiaron a 3186 personas de las zonas rurales del municipio de Florencia, Caquetá (MAPA INVERSIONES, 2020).

### **Figura 8.**

*Paneles fotovoltaicos instalados en el proyecto de Florencia - Caquetá.*



*Nota.* Tomado de (MAPA INVERSIONES, 2020).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**2.4 Marco teórico**

**Acometida:** Derivación desde la red de distribución local del servicio de energía hasta la propiedad donde se hará uso de la energía eléctrica.

**Amperio:** Unidad de intensidad de la corriente eléctrica equivalente al paso de un culombio de carga eléctrica por segundo.

**Batería de acumuladores:** Equipo que contiene una o más celdas electroquímicas recargables.

**Celdas solares:** Dispositivo que convierte energía solar en energía eléctrica.

**Corriente alterna:** Corriente eléctrica variable en la que las cargas eléctricas cambian el sentido del movimiento de manera periódica.

**Corriente continua:** Flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, que no cambia de sentido con el tiempo.

**Energía solar:** Energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética proveniente del sol. La energía solar es una energía renovable.

**Fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER):** Recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCER según lo determine la UPME – Unidad de Planeación Minero Energético.

**Inversor:** Dispositivo que transforma la corriente continua en corriente alterna.

**Paneles solares:** Conjunto de celdas solares fotovoltaicas.

**Radiación Solar:** Conjunto de radiaciones electromagnéticas provenientes del sol.

**Regulador de carga/controlador:** Equipo electrónico que controla el flujo de energía en conjunto y garantiza un buen cuidado de la batería.

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

**Sistema fotovoltaico:** Conjunto de dispositivos cuya función es convertir la energía solar directamente en energía eléctrica.

**SSA:** Sistema Solar Aislado

**Zona No Interconectadas (ZNI):** Son aquellos municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

### Tipologías de sistemas de energía solar fotovoltaicas

#### Sistemas On-Grid:

Es una modalidad que permite a los usuarios conectados a la red utilizar los módulos fotovoltaicos como fuente complementaria; es decir, autoabastecerse de energía eléctrica y reducir así la energía demandada de la red. Dependiendo de la regulación existente, esto se puede

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

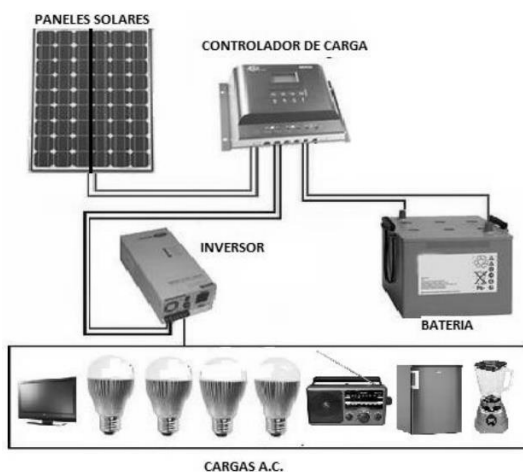
traducir en una disminución de la facturación o en la venta de energía si se permite la reinyección de excedentes en la red (Romero Vargas, 2020).

### Sistema Off-Grid:

Se utiliza por lo general en zonas remotas o geográficamente aisladas donde no existe red eléctrica pública, pudiendo también instalarse en zonas urbanas. A pesar de que, al depender de la energía solar, solo provee energía por unas pocas horas y requiere baterías para asegurar un suministro continuo de electricidad, se ha convertido en la principal forma de llevar energía eléctrica a zonas donde existe alto potencial solar, pero el número reducido de viviendas y/o su dispersión ocasiona que no puedan aprovecharse las economías de densidad propias de los servicios públicos que se proveen por redes (Romero Vargas, 2020).

### Figura 9.

*Esquema típico fotovoltaico no interconectado a la red.*



*Nota.* Tomado de (DNP, 2020).

Para el caso del proyecto del presente trabajo de grado, el sistema seleccionado como alternativa de solución corresponde a un sistema solar off grid.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**3. Preparación****3.1 Estudio de necesidades**

En el municipio de Vigía del Fuerte se presenta un bajo nivel de acceso al servicio de energía eléctrica teniendo como base que solo el 40% del municipio presenta cobertura al momento del inicio del plan de desarrollo municipal (Santos Pestaña, 2020).

Por lo anterior, en viviendas sin acceso al servicio público de energía eléctrica del municipio se implementarán sistemas de energía solar fotovoltaica los cuales permiten la generación y el suministro del servicio de energía eléctrica en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano. Se prioriza la zona rural dispersa, debido a que son los predios de más difícil acceso para llevarles el servicio de energía eléctrica tradicional (por medio de postes y cableado eléctrico).

Ahora, de acuerdo con el censo del DANE del año 2018, se tienen 846 viviendas en la zona rural dispersa del municipio (DANE, 2018) y como el plan de desarrollo municipal tiene como meta de resultado aumentar del 40% a un 60% la cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio (Santos Pestaña, 2020), se oferta la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en 170 viviendas con el fin de aportar a la meta de resultado en un 6%. Se proyecta un sistema de energía solar fotovoltaica por cada vivienda dentro de la oferta.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 10.***Resumen estudio de necesidades.*

Bien o servicio	Medido a través de	Descripción Oferta	Descripción Demanda	Inicio historia	Final historia	Último año
Viviendas con el servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte	Unidad	Disponibilidad para prestar el servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio	Viviendas en zonas rurales dispersas del municipio que requieren el servicio de energía eléctrica	2019	2023	2027

**Tabla 11.***Serie histórica con la cuantificación del "Déficit".*

Año	Oferta	Demanda	Déficit
2019	0	846	-846
2020	0	846	-846
2021	0	846	-846
2022	0	846	-846
2023	0	846	-846
2024	0	846	-846
2025	0	846	-846
2026	0	846	-846
2027	0	846	-846

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**3.2 Análisis técnico de la alternativa**

Como se analizó en el punto 1.6 del presente trabajo de grado, para contribuir a revertir la situación del bajo nivel de acceso al servicio de energía eléctrica zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte, se propone la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica, los cuales corresponden a un sistema solar fotovoltaico individual aislado como solución para cada hogar beneficiado. Se incluyen los elementos necesarios para generar la energía eléctrica (paneles fotovoltaicos), para almacenar la energía (baterías), para convertir la energía de las baterías de corriente directa a corriente alterna (inversor) y todos los elementos para utilizar la energía eléctrica en el hogar de forma segura (tomacorrientes, plafones, tablero de protecciones, etc.).

Ahora, cabe aclarar que no es suficiente con solo instalar las soluciones individuales, ya que los elementos que componen el sistema solar fotovoltaico requieren un mantenimiento periódico, visitas técnicas en caso de fallas, realizar reposiciones y/o posventas, atención a las quejas y reclamos de los usuarios, entre otros. Por lo anterior, se considera un medidor de energía prepago, para la facturación y posterior cobro, el cual será monitoreado por el prestador de servicios públicos local quien deberá estar inscrito ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios que se encargará de su supervisión.

Al momento de ejecutar el proyecto se deben tener presente los siguientes entregables:

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**a. Localizar en cada vivienda la ubicación definitiva de equipos y elementos a instalar:**

Se debe seleccionar el lugar más conveniente para la ubicación de los paneles solares procurando que no le den sombras y que el terreno para instalar el poste este despejado y firme. Adicionalmente, se debe seleccionar la ubicación de los equipos eléctricos (inversor, baterías, medidor de energía, entre otros) y ubicar el lugar donde se van a instalar las salidas eléctricas al interior de la vivienda.

**b. Adecuar el terreno para la estructura tipo poste:**

Se debe realizar la preparación del terreno para la adecuación de la zona en donde se llevará a cabo la respectiva instalación de la unidad solar. Consiste en limpiar y despejar toda el área de rastrojo, maleza, bosque o pastos.

**c. Instalar la estructura tipo poste y paneles solares:**

El poste debe ser en estructura metálica galvanizada de 3m de altura, que permita el soporte inclinado de 2 paneles solares. Incluye excavación de 60cm a 80cm y cimentación de mínimo 21 Mpa. Los paneles solares fotovoltaicos deben ser monocristalinos 740Wp (2 paneles de 370 Wp cada uno) con las siguientes características:  $\eta=18,8\% +5\%$  condiciones STC, garantía de producción a 12 años del 90% y del 80% a 25 años, temperatura de trabajo de  $-40^{\circ}\text{C} +80^{\circ}\text{C}$ , certificados bajo norma IEC61205.

**d. Instalar equipos y protecciones eléctricas:**

Incluye la instalación de un inversor tipo "off-grid" de onda senoidal de onda pura con regulador de carga y MPPT integrado, potencia de 1000 W, input 24 VDC - output 120 VAC,  $f=60$  Hz, el cual debe garantizar protección y desconexión por bajo

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

voltaje en la batería y protección contra sobrecarga. La batería debe ser de ión - litio tipo fosfato de hierro (LiFePO<sub>4</sub>) de ciclo profundo de 120 Ah - 25,6 VDC -3.650 ciclos hasta el 80% DOD. Los equipos deben ir instalados dentro de un gabinete en lámina metálica galvanizada con accesorios, cableados, fijaciones y protecciones eléctricas incluyendo DPS y demás elementos para su correcta instalación.

### **e. Instalar y configurar el medidor de energía prepago:**

El medidor de energía prepago debe ser monofásico bifilar 5 (60) A, 120 V, con certificado calibración por ente avalado. Debe tener un sistema de gestión de recaudo y equipo de comunicación offline tipo GPRS, el cual debe estar configurado para transmitir hacia el operador de servicios públicos de energía municipal. Junto al medidor se debe construir un sistema de puesta a tierra con varilla de cobre 2,4m x 5/8", bajante en alambre desnudo de cobre No.2 AWG, Incluye terminales en cobre, tratamiento de suelo y demás elementos para su correcta instalación.

### **f. Instalar las redes eléctricas al interior de la vivienda:**

Incluye la instalación de un tablero multibreakers (1F+N+T) de 4 circuitos, equipado con 2 breakers enchufables de 1x20A, alimentador en cableado 3No.10AWG THHN/THWN entre medidor y tablero, 3 salidas eléctricas para tomacorriente doble 15A nema 5-15R, 120V, 1 salida eléctrica para tomacorriente doble tipo GFCI 15A, nema 5-15R, 4 salidas eléctricas para plafón de iluminación, 120V con su respectivo interruptor sencillo 10A, 120V y bombillo led de 9W. Todas las salidas eléctricas en tubería tipo EMT Ø3/4" y cableado en 3No.12 AWG THHN/THWN.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

### **g. Entregar a satisfacción e interventoría de obra:**

Entrega de planos As-built, memorias de cálculo y certificación RETIE. Incluye interventoría y supervisión de obra.

### **h. Capacitar y realizar gestión social a los integrantes de la vivienda:**

Se debe realizar capacitación a las personas que integran la vivienda beneficiada, con el fin de lograr un máximo aprovechamiento de sus miembros de todas las ventajas y bondades del sistema fotovoltaico instalado.

## **3.3 Localización**

El municipio de Vigía del Fuerte está ubicado en el sur de la subregión de Urabá. Limita por el norte con el municipio de Murindó; por el oriente con los municipios de Frontino y Urrao; y por el sur y occidente con el departamento de Chocó (Gobernación de Antioquia, s. f.).

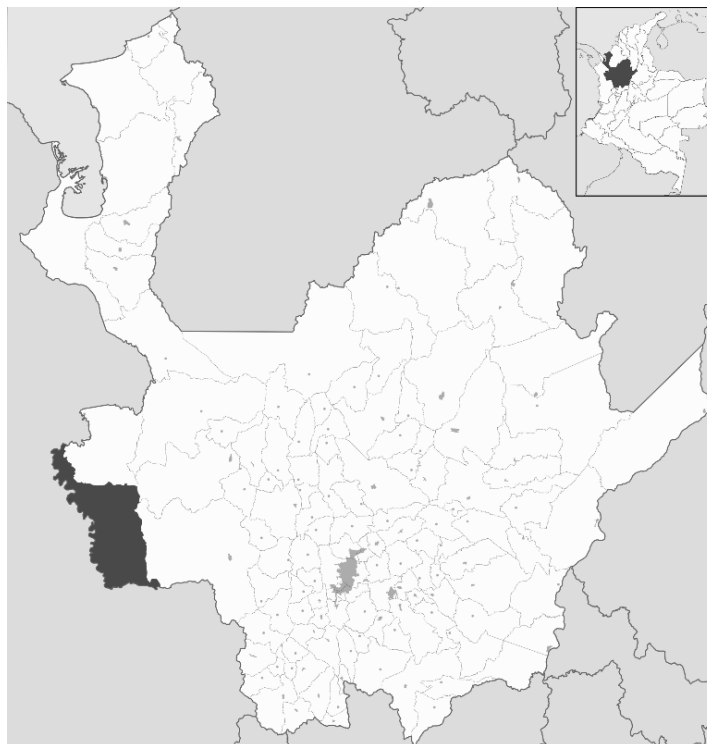
Junto con Murindó, es uno de los municipios de Antioquia que no tiene comunicación por carretera con el resto de Antioquia. Este municipio, enclavado en el corazón del Atrato, está rodeado de una vegetación exuberante de selva tropical. Especies animales y vegetales silvestres de singular belleza conviven en medio de una región reconocida por su biodiversidad y sus múltiples fuentes de agua, por lo cual se proyecta como un importante destino ecoturístico. Es conocido como “El mirador del río Atrato” (Gobernación de Antioquia, s. f.).

Antiguamente el municipio se llamaba Murri, luego este nombre fue reemplazado por el actual, debido a que, durante la guerra de la Independencia, las fuerzas patriotas levantaron una fortaleza en este municipio (Gobernación de Antioquia, s. f.).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Figura 10.**

*Localización geográfica del municipio de Vigía del Fuerte.*



*Nota.* Tomado de («Vigía del Fuerte», 2024).

### **3.3.1 Localización de la alternativa**

El proyecto será desarrollado en la región del Pacífico de Colombia, específicamente en el Departamento de Antioquia, ver detalle en tabla 12.

**Tabla 12.**

*Lugar de ejecución del proyecto.*

<b>Región</b>	<b>Departamento</b>	<b>Municipio</b>	<b>Centro Poblado</b>	<b>Localización específica</b>
Pacífico	Antioquia	Vigía del Fuerte	Rural disperso	Latitud 6°35'22" N Longitud 76°53'59" O

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**3.3.2 Factores analizados**

Los factores que se tuvieron en cuenta en el análisis para la localización de la alternativa de solución se listan a continuación:

**a. Aspectos administrativos y políticos:**

De acuerdo con los enfoques dados por la ONU en los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) de aquí a 2030, se espera aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas, por lo cual los planes de desarrollo tanto nacional como departamental y municipal buscan aportar a dicho objetivo por medio de programas enfocados en la implementación de sistemas de generación de energía renovables tales como los solares fotovoltaicos.

Ahora, específicamente el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida” cuenta con el programa "Generación de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)" y tiene como meta del cuatrienio la conexión de 20.000 nuevos usuarios con generación a partir de fuentes no convencionales de energía renovable. Igualmente, el Plan de Desarrollo de Antioquia 2020-2023 “Unidos por la vida” cuenta con el programa "Unidos por la energía para la equidad territorial" y tiene como meta del cuatrienio generar 10.000 nuevas conexiones del servicio de energía eléctrica en áreas rurales. Por último, el Plan de Desarrollo de Vigía del Fuerte 2020-2023 “El Cambio lo Hacemos Tod@s” cuenta con el programa "Todos a conservar nuestro medio ambiente" y tiene como meta de resultado aumentar del 40% a un 60% la cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Con base en lo anterior, se fundamenta la localización e implementación del proyecto en zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte al poder aportar a los planes de desarrollo municipal, departamental y nacional.

### **b. Disponibilidad de servicios públicos domiciliarios (Agua, energía y otros):**

En el municipio de Vigía del Fuerte se presenta un bajo nivel de acceso al servicio de energía eléctrica teniendo como base que solo el 40% del municipio presenta cobertura al momento del inicio del plan de desarrollo municipal. Lo anterior radica en la escasa infraestructura del prestador de servicios públicos de energía eléctrica en zonas rurales del municipio debido a que se dificulta el acceso, la instalación y el mantenimiento de redes eléctricas en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano.

Otro aspecto por considerar son las limitadas alternativas que tiene el prestador del servicio público de energía eléctrica en zonas rurales del municipio, ya que talvez por desconocimiento del uso de sistemas solares fotovoltaicos, no se ha planteado brindar el servicio por medio de este tipo de sistemas de energías renovables, los cuales no requieren interconexión con las redes eléctricas del prestador del servicio público y por tanto no tienen un costo de instalación y mantenimiento tan altos comparado con las redes eléctricas tradicionales (postes, transformadores y cableado) cuando se tienen usuarios muy dispersos y/o alejados del casco urbano.

### **c. Estructura impositiva y legal:**

En Colombia el marco normativo de servicios públicos está regulado por la Ley 142 de 1994, allí encontramos la energía eléctrica, como un servicio público esencial, es aquí, donde

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

surge esa necesidad de buscar alternativas no convencionales de producción de energía eléctrica, aplicando a la conservación y administración eficiente de los recursos, en pro y mejora del medio ambiente.

Buscando precisamente, la eficiencia y medición inteligente de la energía, surge la renovación y el uso de fuentes no convencionales de energía eléctrica y es así, como el legislador emite la Ley 2099 de 2021, a través de la cual, regula la gestión eficiente de la energía, la dinamización del mercado, el desarrollo y el fortalecimiento de los servicios públicos. Se crea un Fondo de energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la energía (FENOGE), en cabeza del ministro de Minas y energía para promover, financiar y ejecutar planes como los de la energía renovable, objeto de este proyecto.

La norma también establece unos incentivos para promover la generación de energía eléctrica con fuentes no convencionales (FNCE), como deducción en la declaración de renta, exclusión del IVA en adquisición de bienes y servicios, incentivo arancelario y régimen de depreciación acelerada.

### **d. Otros factores:**

Las comunidades sin acceso al servicio de energía no pueden contar con iluminación aceptable en las noches lo que reduce las horas de trabajo en el hogar y las horas de estudio aprovechable, al igual que no tienen posibilidad de tener electrodomésticos básicos como una nevera para aumentar la preservación de sus alimentos o radios para escuchar música o estar enterados de noticias regionales o nacionales, ventiladores para generar confort en sus viviendas, entre otros; ocasionando afectaciones en su calidad de vida y rendimiento escolar.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Adicionalmente, dichas comunidades al no tener acceso al servicio de energía eléctrica presentan una dependencia de leña, carbón, velas o combustibles fósiles para la preparación de alimentos e iluminar las noches para desarrollar sus actividades diarias.

### 3.4 Cadena de valor

De acuerdo con el análisis realizado en el planteamiento del problema, se selecciona como mejor alternativa de solución la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica en viviendas de las zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte, con el fin de impactar al objetivo específico de facilitar el acceso al servicio público de energía eléctrica en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano en zonas rurales dispersas del municipio.

Para lo anterior, en la tabla 13 se realiza un desglose de las actividades necesarias del producto a entregar y se cuantifica su valor.

**Tabla 13.**

*Cadena de valor del proyecto.*

Objetivo general	Objetivo específico	Producto	Etapas	Actividad	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Aumentar el nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas	Facilitar el acceso al servicio público de energía eléctrica en viviendas muy dispersas y/o alejadas del casco urbano en zonas rurales dispersas del municipio	Central de generación fotovoltaica construida	Inversión	Localizar en cada vivienda la ubicación definitiva de equipos y elementos a instalar	170	\$ 275.000	\$ 46.750.000
			Inversión	Adecuar el terreno para la estructura tipo poste	170	\$ 206.250	\$ 35.062.500
			Inversión	Instalar la estructura tipo poste y paneles solares	170	\$ 4.447.500	\$ 756.075.000
			Inversión	Instalar los equipos y protecciones eléctricas	170	\$ 7.993.750	\$ 1.358.937.500

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Objetivo general	Objetivo específico	Producto	Etapa	Actividad	Cantidad	Valor unidad	Valor total
			Inversión	Instalar y configurar el medidor de energía prepago	170	\$ 2.431.250	\$ 413.312.500
			Inversión	Instalar las redes eléctricas al interior de la vivienda	170	\$ 4.070.000	\$ 691.900.000
			Inversión	Entregar a satisfacción e interventoría de obra	170	\$ 3.025.000	\$ 514.250.000
			Inversión	Capacitar y realizar gestión social a los integrantes de la vivienda	170	\$ 225.000	\$ 38.250.000
<b>VALOR TOTAL PROYECTO</b>						<b>\$</b>	<b>3.854.537.500</b>

### 3.5 Análisis de riesgos

En la tabla 14 se presenta la matriz de riesgo del proyecto, en la cual se analizan los principales riesgos a los que puede estar inmerso el proyecto, sus efectos y las medidas para mitigarlos.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 14.***Matriz de riesgo del proyecto.*

Nivel de Clasificación	Nombre	Descripción del riesgo	Tipo de riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medida de mitigación
1-Propósito (Objetivo general)	Aumentar el nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas.	Deficiente gestión para la adjudicación de recursos económicos para llevar a cabo el proyecto.	Financieros	3. Moderado	5. Catastrófico	Se continuaría con la baja productividad de los hogares al no tener acceso a iluminación y electrodomésticos, prolongando su baja calidad de vida.	Gestión para la cofinanciación del proyecto con el departamento y la nación. Aportes de mano de obra no calificada de parte de los propietarios de las viviendas. Comprometer una parte del recaudo de alumbrado público para financiamiento del proyecto.
2-Componente (Productos)	Sistemas de energía solar fotovoltaico implementados en el municipio.	Incumplimiento por parte del contratista del proyecto en la ejecución de la obra.	Administrativos	3. Moderado	3. Moderado	Retraso en el cronograma de ejecución del proyecto.	Aplicación de pólizas de cumplimiento. Realizar un acompañamiento constante a las obras.
2-Componente (Productos)	Sistemas de energía solar fotovoltaico implementados en el municipio.	Impedimentos para la realizar la construcción por fenómenos de origen natural.	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros	2. Improbable	3. Moderado	Retraso en el cronograma de ejecución del proyecto.	Adquirir pólizas que amparen riesgos de origen natural.
3-Actividad	Instalación de equipos y protecciones eléctricas.	Adquisición de equipos que no cumplan las especificaciones técnicas.	Operacionales	2. Improbable	3. Moderado	Reducción de la vida útil del proyecto al tener equipos de menor calidad.	Realizar una adecuada interventoría a todos los equipos y materiales de la obra.
3-Actividad	Capacitación y gestión social a los integrantes de la vivienda.	Inadecuada capacitación sobre el uso del sistema de energía solar fotovoltaico implementado.	Operacionales	2. Improbable	2. Menor	Subutilización por mal uso del sistema de energía solar fotovoltaico.	Acompañamiento a los beneficiarios para que le puedan sacar el máximo provecho a la solución implementada.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**3.6 Ingresos y beneficios**

En primera instancia se realiza una identificación de los ingresos que va a tener el proyecto por concepto de la facturación del servicio de energía. Luego, apoyados de los fines descritos en árbol de objetivos se identifican los beneficios obtenidos al momento de realizar el proyecto. En la tabla 15 se presenta los ingresos y beneficios del proyecto junto con el valor de relación precio cuenta (RPC) obtenido de la MGA y se describe a que hace referencia la cantidad y el valor unitario de cada uno.

**Tabla 15.**

*Identificación ingresos y beneficios del proyecto.*

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medido a través de</b>	<b>Bien producido</b>	<b>RPC</b>	<b>Descripción cantidad</b>	<b>Descripción valor unitario</b>
Ingresos	Facturación por el servicio de energía	Kilovatios	Energía eléctrica servicios	0,79	La cantidad corresponde a los kWh de energía eléctrica vendidos en un año	El valor unitario corresponde al costo del kWh de energía eléctrica vendido.
Beneficios	Disminución del desperdicio de alimentos en la familia al poder tener nevera	Peso m/c	Otros	0,80	La cantidad corresponde al número de viviendas beneficiadas con el proyecto	El valor unitario corresponde al valor de alimentos en un año que se conservaron al tener refrigeración
Beneficios	Disminución de la repitencia del año escolar en niños, niñas y adolescentes	Peso m/c	Otros	0,80	La cantidad corresponde al promedio de niños, niñas y adolescentes en edad escolar que pierden el año	El valor unitario corresponde al costo de un año escolar por estudiante
Beneficios	Costos evitados a las familias en la compra de leña, carbón y velas	Peso m/c	Otros	0,80	La cantidad corresponde al número de viviendas beneficiadas con el proyecto	El valor unitario corresponde al valor promedio de la leña, carbón y velas en un año

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Ahora, teniendo plenamente identificados los ingresos y beneficios, se realiza una proyección económica de cada uno. Se inicia por la proyección de ingresos del proyecto, la cual corresponde a la facturación que va a realizar el operador de servicios públicos del municipio a los beneficiarios del proyecto, en la que cantidad corresponde a la proyección de un promedio de consumo de 50 kWh mensuales multiplicados por las 170 viviendas beneficiadas y el valor corresponde al precio del kWh actual incrementando el IPC anual. Cabe aclarar que este valor unitario del kWh es lo que recibiría el operador de servicios públicos, sin embargo, al usuario se le facturaría un valor muy inferior debido a que el gobierno nacional subsidia las tarifas de servicios públicos a los usuarios de estratos 1, 2 y 3 (CREG, s. f.).

**Tabla 16.**

*Ingresos proyectados por concepto de facturación del servicio de energía.*

<b>Periodo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
00	0	\$ 750,00	\$ 0
01	102.000	\$ 810,00	\$ 82.620.000,00
02	102.000	\$ 874,80	\$ 89.229.600,00
03	102.000	\$ 944,78	\$ 96.367.968,00
04	102.000	\$ 1.020,37	\$ 104.077.405,44
05	102.000	\$ 1.102,00	\$ 112.403.597,88
06	102.000	\$ 1.190,16	\$ 121.395.885,71
07	102.000	\$ 1.285,37	\$ 131.107.556,56
08	102.000	\$ 1.388,20	\$ 141.596.161,09
09	102.000	\$ 1.499,25	\$ 152.923.853,97
10	102.000	\$ 1.619,19	\$ 165.157.762,29
11	102.000	\$ 1.748,73	\$ 178.370.383,27
12	102.000	\$ 1.888,63	\$ 192.640.013,94
13	102.000	\$ 2.039,72	\$ 208.051.215,05
14	102.000	\$ 2.202,90	\$ 224.695.312,26
15	102.000	\$ 2.379,13	\$ 242.670.937,24
16	102.000	\$ 2.569,46	\$ 262.084.612,22
17	102.000	\$ 2.775,01	\$ 283.051.381,19
18	102.000	\$ 2.997,01	\$ 305.695.491,69
19	102.000	\$ 3.236,78	\$ 330.151.131,02
20	102.000	\$ 3.495,72	\$ 356.563.221,50
21	102.000	\$ 3.775,38	\$ 385.088.279,22

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Periodo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
22	102.000	\$ 4.077,41	\$ 415.895.341,56
23	102.000	\$ 4.403,60	\$ 449.166.968,89
24	102.000	\$ 4.755,89	\$ 485.100.326,40
25	102.000	\$ 5.136,36	\$ 523.908.352,51

En la tabla 17 se presenta la proyección económica del beneficio de la disminución de desperdicios de alimentos al poder tener neveras en las viviendas, en la que la cantidad corresponde a las 170 viviendas beneficiadas y el valor unitario corresponde a la proyección de disminuir un 20% los desperdicios de alimentos perecederos y que dichos alimentos tienen un costo promedio mensual de \$300.000 pesos m/c e incrementando el IPC anual.

**Tabla 17.**

*Beneficios proyectados por concepto de disminución de desperdicios de alimentos al poder tener neveras en las viviendas.*

Periodo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
00	0	\$ 720.000,00	\$ 0
01	170	\$ 777.600,00	\$ 132.192.000,00
02	170	\$ 839.808,00	\$ 142.767.360,00
03	170	\$ 906.992,64	\$ 154.188.748,80
04	170	\$ 979.552,05	\$ 166.523.848,70
05	170	\$ 1.057.916,22	\$ 179.845.756,60
06	170	\$ 1.142.549,51	\$ 194.233.417,13
07	170	\$ 1.233.953,47	\$ 209.772.090,50
08	170	\$ 1.332.669,75	\$ 226.553.857,74
09	170	\$ 1.439.283,33	\$ 244.678.166,36
10	170	\$ 1.554.426,00	\$ 264.252.419,67
11	170	\$ 1.678.780,08	\$ 285.392.613,24
12	170	\$ 1.813.082,48	\$ 308.224.022,30
13	170	\$ 1.958.129,08	\$ 332.881.944,08
14	170	\$ 2.114.779,41	\$ 359.512.499,61
15	170	\$ 2.283.961,76	\$ 388.273.499,58
16	170	\$ 2.466.678,70	\$ 419.335.379,54
17	170	\$ 2.664.013,00	\$ 452.882.209,91
18	170	\$ 2.877.134,04	\$ 489.112.786,70
19	170	\$ 3.107.304,76	\$ 528.241.809,64
20	170	\$ 3.355.889,14	\$ 570.501.154,41
21	170	\$ 3.624.360,28	\$ 616.141.246,76

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Periodo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
22	170	\$ 3.914.309,10	\$ 665.432.546,50
23	170	\$ 4.227.453,82	\$ 718.667.150,22
24	170	\$ 4.565.650,13	\$ 776.160.522,24
25	170	\$ 4.930.902,14	\$ 838.253.364,02

En la tabla 18 se presenta la proyección económica del beneficio de la disminución de la repitencia del año escolar en niños, niñas y adolescentes, en la que la cantidad corresponde a la multiplicación de 308 niños, niñas y adolescentes en edad escolar beneficiados del proyecto por el porcentaje de 3.63% de repitencia informado en el plan de desarrollo municipal (Santos Pestaña, 2020) y el valor unitario corresponde a la proyección del valor del año escolar por cada estudiante en Colombia de \$3.600.000 pesos m/c (Quintero Rueda, Claudia, 2023) e incrementando el IPC anual.

**Tabla 18.**

*Beneficios proyectados por concepto de disminución de la repitencia del año escolar en niños, niñas y adolescentes.*

Periodo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
00	0	\$ 3.600.000,00	\$ 0
01	11	\$ 3.888.000,00	\$ 42.768.000,00
02	11	\$ 4.199.040,00	\$ 46.189.440,00
03	11	\$ 4.534.963,20	\$ 49.884.595,20
04	11	\$ 4.897.760,26	\$ 53.875.362,82
05	11	\$ 5.289.581,08	\$ 58.185.391,84
06	11	\$ 5.712.747,56	\$ 62.840.223,19
07	11	\$ 6.169.767,37	\$ 67.867.441,04
08	11	\$ 6.663.348,76	\$ 73.296.836,33
09	11	\$ 7.196.416,66	\$ 79.160.583,23
10	11	\$ 7.772.129,99	\$ 85.493.429,89
11	11	\$ 8.393.900,39	\$ 92.332.904,28
12	11	\$ 9.065.412,42	\$ 99.719.536,63
13	11	\$ 9.790.645,41	\$ 107.697.099,56
14	11	\$ 10.573.897,05	\$ 116.312.867,52
15	11	\$ 11.419.808,81	\$ 125.617.896,92
16	11	\$ 12.333.393,52	\$ 135.667.328,68
17	11	\$ 13.320.065,00	\$ 146.520.714,97

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Periodo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
18	11	\$ 14.385.670,20	\$ 158.242.372,17
19	11	\$ 15.536.523,81	\$ 170.901.761,94
20	11	\$ 16.779.445,72	\$ 184.573.902,90
21	11	\$ 18.121.801,38	\$ 199.339.815,13
22	11	\$ 19.571.545,49	\$ 215.287.000,34
23	11	\$ 21.137.269,12	\$ 232.509.960,37
24	11	\$ 22.828.250,65	\$ 251.110.757,19
25	11	\$ 24.654.510,71	\$ 271.199.617,77

En la tabla 19 se presenta la proyección económica del beneficio de costos evitados a las familias en la compra de leña, carbón y velas, en la que la cantidad corresponde a las 170 viviendas beneficiadas y el valor unitario corresponde al valor promedio mensual de \$40.000 pesos m/c que invierten las familias en estos artículos e incrementando el IPC anual.

**Tabla 19.**

*Beneficios proyectados por concepto de costos evitados a las familias en la compra de leña, carbón y velas.*

Periodo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
00	0	\$ 480.000,00	\$ 0
01	170	\$ 518.400,00	\$ 88.128.000,00
02	170	\$ 559.872,00	\$ 95.178.240,00
03	170	\$ 604.661,76	\$ 102.792.499,20
04	170	\$ 653.034,70	\$ 111.015.899,14
05	170	\$ 705.277,48	\$ 119.897.171,07
06	170	\$ 761.699,68	\$ 129.488.944,75
07	170	\$ 822.635,65	\$ 139.848.060,33
08	170	\$ 888.446,50	\$ 151.035.905,16
09	170	\$ 959.522,22	\$ 163.118.777,57
10	170	\$ 1.036.284,00	\$ 176.168.279,78
11	170	\$ 1.119.186,72	\$ 190.261.742,16
12	170	\$ 1.208.721,66	\$ 205.482.681,53
13	170	\$ 1.305.419,39	\$ 221.921.296,06
14	170	\$ 1.409.852,94	\$ 239.674.999,74
15	170	\$ 1.522.641,17	\$ 258.848.999,72
16	170	\$ 1.644.452,47	\$ 279.556.919,70
17	170	\$ 1.776.008,67	\$ 301.921.473,27
18	170	\$ 1.918.089,36	\$ 326.075.191,13
19	170	\$ 2.071.536,51	\$ 352.161.206,42

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Periodo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
20	170	\$ 2.237.259,43	\$ 380.334.102,94
21	170	\$ 2.416.240,18	\$ 410.760.831,17
22	170	\$ 2.609.539,40	\$ 443.621.697,67
23	170	\$ 2.818.302,55	\$ 479.111.433,48
24	170	\$ 3.043.766,75	\$ 517.440.348,16
25	170	\$ 3.287.268,09	\$ 558.835.576,01

Para concluir el análisis se presenta en la tabla 20 el total de los ingresos y beneficios que se están proyectando durante la vida útil del proyecto.

**Tabla 20.**

*Total ingresos y beneficios proyectados durante la vida útil del proyecto.*

Periodo	Total ingresos y beneficios
Año 1	\$ 345.708.000,00
Año 2	\$ 373.364.640,00
Año 3	\$ 403.233.811,20
Año 4	\$ 435.492.516,10
Año 5	\$ 470.331.917,38
Año 6	\$ 507.958.470,77
Año 7	\$ 548.595.148,44
Año 8	\$ 592.482.760,31
Año 9	\$ 639.881.381,14
Año 10	\$ 691.071.891,63
Año 11	\$ 746.357.642,96
Año 12	\$ 806.066.254,39
Año 13	\$ 870.551.554,75
Año 14	\$ 940.195.679,12
Año 15	\$ 1.015.411.333,45
Año 16	\$ 1.096.644.240,13
Año 17	\$ 1.184.375.779,34
Año 18	\$ 1.279.125.841,69
Año 19	\$ 1.381.455.909,02
Año 20	\$ 1.491.972.381,75
Año 21	\$ 1.611.330.172,29
Año 22	\$ 1.740.236.586,07
Año 23	\$ 1.879.455.512,95
Año 24	\$ 2.029.811.953,99
Año 25	\$ 2.192.196.910,31
<b>Total proyecto</b>	<b>\$ 25.273.308.289,18</b>

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**3.7 Depreciación**

Los activos fijos como construcciones, maquinaria y equipos, vehículos, y otros se desgastan con el uso durante su vida útil. La depreciación es un mecanismo contable que reconoce este hecho haciendo que el valor se reduzca sistemáticamente sin que en efecto se presente algún tipo de desembolsos de recursos. En la tabla 21 se presenta la depreciación de activos del proyecto.

**Tabla 21.**

*Depreciación de activos del proyecto.*

Descripción	Valor activo	Periodo de adquisición	Periodo final	Concepto	Depreciación anual	Depreciación total	Valor de salvamento
Unidad de generación solar fotovoltaica. Incluye paneles solares, inversor, baterías, medidor de energía, protecciones y las salidas eléctricas dentro de la vivienda beneficiada	\$ 3.854.537.500	0	25	Equipo y accesorios de generación, transmisión, distribución, producción, conducción, tratamiento, etc.	\$ 154.181.500	\$ 3.854.537.500	\$ 0

#### **4. Evaluación**

El propósito de este capítulo, como su nombre lo indica, es evaluar la conveniencia de llevar a cabo o no, una alternativa de solución, sobre la base que los recursos de inversión pública son escasos y que por tanto se debe procurar maximizar la riqueza social al momento de tomar una decisión frente a las diferentes posibilidades de asignarlos. En general la evaluación adelantada en este punto persigue determinar cuál alternativa rinde los mayores resultados para el bienestar de la sociedad en su conjunto, partiendo de la comparación de los beneficios logrados en términos de la disponibilidad de bienes y servicios y de los costos en los que se incurre por la utilización de los factores productivos durante un horizonte de tiempo (DNP, 2023).

##### **4.1 Flujo económico**

El flujo neto de caja reviste una gran importancia para el proceso de evaluación, indistintamente que se trate de la evaluación financiera o de la evaluación económica, puesto que facilita la comparación de los flujos positivos y negativos en todos los periodos comprendidos dentro del horizonte respectivo. Lo anterior no significa sin embargo que el flujo de caja por sí solo aporte los elementos necesarios para determinar la conveniencia de una alternativa, pues resultaría incorrecto sumar los valores netos obtenidos en periodos diferentes con la intención de comparar su resultado total (DNP, 2023).

Para obtener el flujo neto de caja se suman los valores positivos representados tanto por los ingresos como por los créditos, y el valor de salvamento de los activos luego de aplicar la depreciación durante el horizonte de evaluación. A este resultado se le deducen los valores

#### IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

negativos relacionados con los costos de los insumos utilizados en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto, así como el pago de los intereses del crédito y la amortización de capital por este mismo concepto (DNP, 2023).

Tener presente que en la evaluación económica no se hace uso de los precios de mercado para calcular cada uno de los componentes del flujo neto, sino que se utilizan valores diferentes llamados “precios sombra” o “precios cuenta”, que tienen como propósito mostrar el verdadero valor de los insumos o productos, ya que corrigen las distorsiones señaladas y permiten reflejar por tanto el verdadero costo de oportunidad de los recursos comprometidos con la ejecución de la alternativa analizada (DNP, 2023).

En la tabla 22 se presenta el flujo económico del proyecto, en la cual se puede observar el flujo neto obtenido en todos los periodos comprendidos durante la vida útil del proyecto.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 22.***Flujo económico del proyecto.*

<b>P</b>	<b>Beneficios e ingresos (+)</b>	<b>Créditos (+)</b>	<b>Costos de preinversión (-)</b>	<b>Costos de inversión (-)</b>	<b>Costos de operación (-)</b>	<b>Amortización (-)</b>	<b>Intereses de los créditos (-)</b>	<b>Valor de salvamento (+)</b>	<b>Flujo neto</b>
00	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 3.199.699.625,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	-\$ 3.199.699.625,0
01	\$ 275.740.200,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 275.740.200,0
02	\$ 297.799.416,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 297.799.416,0
03	\$ 321.623.047,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 321.623.047,0
04	\$ 347.353.502,9	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 347.353.502,9
05	\$ 375.141.816,7	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 375.141.816,7
06	\$ 405.153.161,2	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 405.153.161,2
07	\$ 437.565.187,8	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 437.565.187,8
08	\$ 472.570.435,1	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 472.570.435,1
09	\$ 510.375.586,4	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 510.375.586,4
10	\$ 551.205.634,1	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 551.205.634,1
11	\$ 595.302.471,6	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 595.302.471,6
12	\$ 642.926.797,7	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 642.926.797,7
13	\$ 694.360.909,1	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 694.360.909,1
14	\$ 749.909.975,6	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 749.909.975,6
15	\$ 809.902.611,4	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 809.902.611,4
16	\$ 874.694.788,9	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 874.694.788,9
17	\$ 944.669.824,9	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 944.669.824,9
18	\$ 1.020.243.346,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 1.020.243.346,0
19	\$ 1.101.863.554,7	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 1.101.863.554,7
20	\$ 1.190.012.445,5	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 1.190.012.445,5
21	\$ 1.285.213.635,1	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 1.285.213.635,1
22	\$ 1.388.030.694,1	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 1.388.030.694,1
23	\$ 1.499.072.922,6	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 1.499.072.922,6
24	\$ 1.618.998.917,6	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 1.618.998.917,6
25	\$ 1.748.518.734,3	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 0,0	\$ 1.748.518.734,3

*Nota.* Elaboración propia con información de la MGA Web del proyecto (2024).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**4.2 Indicadores de decisión (evaluación económica)**

Se definen tres grupos de indicadores de decisión o evaluación económica para definir la conveniencia o viabilidad de implementar la alternativa de solución seleccionada: indicadores de rentabilidad, indicadores de costo - eficiencia e indicadores de costo mínimo. En la tabla 23 se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con el flujo económico del proyecto.

**Tabla 23.**

*Evaluación económica del proyecto.*

Indicadores de rentabilidad			Indicadores de costo-eficiencia	Indicadores de costo mínimo	
Valor Presente Neto (VPN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Relación Costo Beneficio (RCB)	Costo por beneficiario	Valor presente de los costos	Costo Anual Equivalente (CAE)
\$ 2.474.956.072,36	14,71%	\$ 1,77	\$ 1.965.417,46	\$ 3.199.699.625,00	\$ 249.266.091,57

*Nota.* Elaboración propia con información de la MGA Web del proyecto (2024).

Tomando como base los resultados obtenidos se puede concluir que la alternativa de solución es viable económicamente ya que sus indicadores de rentabilidad muestran un Valor Presente Neto (VPN) mayor a \$0, una Tasa Interna de Retorno (TIR) superior al 9,5% y una Relación Costo Beneficio (RCB) mayor que 1. Todo lo anterior resalta los beneficios sociales que tendría el desarrollo del proyecto y resalta el aporte a los fines del proyecto tales como el mejoramiento de la productividad de los hogares al poder tener iluminación y electrodomésticos básicos, y la disminución de la dependencia de leña o carbón en la preparación de alimentos.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Ahora, los efectos positivos se relacionan directamente con la capacidad y con la población beneficiaria atendida por cada una de las alternativas de solución. Los indicadores por excelencia para la toma de decisiones son: el costo por capacidad y el costo por beneficiario, que determinan un valor unitario comparable entre alternativas (DNP, 2023). Aunque al proyecto analizado en el presente trabajo de grado solo se le realiza evaluación económica a la alternativa seleccionada, es importante tener presente estos indicadores si se va a efectuar una comparación con otro proyecto de características similares.

En la tabla 24 se presenta el costo por capacidad del proyecto.

**Tabla 24.**

*Costo por capacidad del proyecto.*

<b>Producto</b>	<b>Costo unitario (valor presente)</b>
Central de generación fotovoltaica construida (Producto principal del proyecto)	\$ 18.821.762,50

*Nota.* Elaboración propia con información de la MGA Web del proyecto (2024).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**5. Programación**

En este capítulo se tiene como propósito determinar la forma de lograr el resultado del proyecto mediante la alternativa de inversión seleccionada. Se debe esperar que, si la programación está bien concebida y se desarrolla a cabalidad según las condiciones tenidas en cuenta dentro de la planeación, se lograrán los objetivos previstos por el proyecto, puesto que esta provee el mapa de ruta de la alternativa seleccionada previamente, relacionando además los compromisos que debe asumir la institución responsable de la gerencia de este (DNP, 2023).

**5.1 Indicadores de producto**

Los indicadores son representaciones cuantitativas de variables verificables objetivamente, a partir de los cuales se registra, procesa y presenta la información necesaria para medir el avance o retroceso en el logro de un determinado objetivo. Aunque en algunos casos las variables se pueden expresar de forma cualitativa con atributos sujetos a interpretaciones personales, los indicadores siempre deben definirse en unidades numéricas que permitan comparar su evolución (DNP, 2023).

Para mostrar durante la ejecución del proyecto, la dinámica de avance en la entrega de los bienes y servicios generados, para los indicadores de producto se debe identificar si sus metas son acumulables o no acumulables entre los diferentes periodos del proyecto. En el caso de metas acumulables, éstas se suman hasta que su resultado sea igual a la meta total identificada; en el caso de las metas no acumulables, cada periodo es independiente, y por tal razón, las metas programadas en cada periodo pueden ser iguales o inferiores a la meta total y no se suman entre

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

periodos (DNP, 2023). Ahora, para el caso del proyecto del presente trabajo de grado el indicador es no acumulativo, ya que se proyecta la ejecución de la meta en el periodo cero.

En la tabla 25 se presenta el resumen del indicador de producto del proyecto.

**Tabla 25.**

*Indicador de producto del proyecto.*

Indicador	Medido a través de	Meta total	Es acumulativo	Es principal	Meta periodo 0
Central de generación fotovoltaica construida	Número de centrales de generación fotovoltaica	170	No	Si	170

## 5.2 Indicadores de gestión

Los indicadores de gestión son los que nos permiten realizar control de las acciones más importantes en la ejecución del proyecto, para lo cual el Departamento de Planeación Nacional entrega un catálogo con los indicadores de gestión que se pueden incluir dependiendo del tipo de proyecto a realizar. En la tabla 26 se presenta el indicador de gestión del proyecto, en el que se tiene como meta un total de 12 informes de interventoría proyectando uno mensual.

**Tabla 26.**

*Indicador de gestión del proyecto.*

Indicador	Medido a través de	Código	Tipo de fuente	Fuente de verificación	Meta periodo 0
Informes de interventoría realizados	Número	9900G054	Documento oficial	Informes entregados por la interventoría del contrato a la dependencia de infraestructura del municipio	12

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**5.3 Fuentes de financiación**

El módulo de programación como ya se dijo se convierte en un instrumento de gestión valioso no sólo porque contribuye de manera eficiente a controlar el progreso de la ejecución del proyecto sino también porque establece los compromisos que corresponde asumir al equipo responsable de llevarlo a cabo. Sin embargo, dichos compromisos dependen de la disponibilidad de recursos para cubrir el costo de los insumos que demanda el desarrollo de las actividades en cada etapa del proyecto y por ello en la programación además se incluye la definición exacta del esquema financiero correspondiente (DNP, 2023).

En la tabla 27 se presenta la clasificación presupuestal del proyecto y en la tabla 28 se presentan las fuentes de financiación que se requieren para cubrir los costos del proyecto, en la cual el Ministerio de Minas y Energía y el Departamento de Antioquia aportan un 40% del costo del proyecto cada uno y el municipio de Vigía del Fuerte aporta el 20% de los recursos restante.

**Tabla 27.**

*Clasificación presupuestal del proyecto.*

<b>Programa presupuestal</b>	<b>Subprograma presupuestal</b>
2102 - Consolidación productiva del sector de energía eléctrica	1900 - Intersubsectorial Minas Y Energía

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 28.***Fuentes de financiación del proyecto.*

<b>Etapas</b>	<b>Entidad</b>	<b>Tipo Entidad</b>	<b>Tipo de Recurso</b>	<b>Periodo</b>	<b>Valor</b>
	Ministerio de Minas y Energía	Entidades Presupuesto Nacional - PGN	PGN - Nación - Inversión	0	\$ 1.541.815.000
				<b>Total</b>	<b>\$ 1.541.815.000</b>
Inversión	Antioquia	Departamentos	SGR - Asignación para la inversión regional	0	\$ 1.541.815.000
				<b>Total</b>	<b>\$ 1.541.815.000</b>
	Vigía del Fuerte	Municipios	Propios	0	\$ 770.907.500
				<b>Total</b>	<b>\$ 770.907.500</b>
<b>TOTAL FUENTES DE FINANCIACIÓN</b>					<b>\$ 3.854.537.500</b>

**5.4 Matriz resumen del proyecto**

Por último, en la tabla 29 se presenta la matriz resumen del proyecto adaptada directamente de la MGA Web del proyecto.

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Tabla 29.***Matriz resumen del proyecto.*

<b>Resumen narrativo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuente</b>	<b>Supuestos</b>
<b>Objetivo General</b>	Aumentar el nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales dispersas del municipio de Vigía del Fuerte	<b>Porcentaje de cobertura del servicio de energía eléctrica</b>	<b>Tipo de fuente:</b> Documento oficial  <b>Fuente:</b> Empresa prestadora del servicio de energía eléctrica municipal	<b>Se realizan adecuadas gestiones para la obtención de los recursos económicos para el desarrollo del proyecto</b>
<b>Componentes (Productos)</b>	1.1 Central de generación fotovoltaica construida (Producto principal del proyecto)	<b>Central de generación fotovoltaica construida</b>	<b>Tipo de fuente:</b> Documento oficial  <b>Fuente:</b> Informes entregados por la dependencia de servicios públicos del municipio	<b>Se realiza una adecuada supervisión e interventoría al cronograma del proyecto evitando retrasos en la ejecución de la obra., No se presentan situaciones de emergencia a consecuencia de un desastre natural</b>

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Resumen narrativo	Descripción	Indicadores	Fuente	Supuestos
<b>Actividades</b>	1.1.1 - Localizar en cada vivienda la ubicación definitiva de equipos y elementos a instalar.(*) 1.1.2 - Adecuar el terreno para la estructura tipo poste.(*) 1.1.3 - Instalar la estructura tipo poste y paneles solares.(*) 1.1.4 - Instalar los equipos y protecciones eléctricas.(*) 1.1.5 - Instalar y configurar el medidor de energía prepago.(*) 1.1.6 - Instalar las redes eléctricas al interior de la vivienda.(*) 1.1.7 - Entregar a satisfacción e interventoría de obra.(*) 1.1.8 - Capacitar y realizar gestión social a los integrantes de la vivienda.(*).	<b>Nombre:</b> Informes de interventoría realizados  <b>Unidad de Medida:</b> Número  <b>Meta:</b> 12	<b>Tipo de fuente:</b> Documento oficial  <b>Fuente:</b> Informes entregados por la interventoría del contrato a la dependencia de infraestructura del municipio	<b>Se realiza una adecuada supervisión e interventoría a cada sistema de generación solar fotovoltaico que entre en operación</b>

(\*). Actividades con ruta crítica

*Nota.* Elaboración propia con información de la MGA Web del proyecto (2024).

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

**Referencias Bibliográficas**

Ceballos Echeverri, G. (2010). *SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL - SIGAM - PARA EL MUNICIPIO DE VIGÍA DEL FUERTE - DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.*

<https://docplayer.es/89964890-Sistema-de-gestion-ambiental-municipal-sigam-para-el-municipio-de-vigia-del-fuerte-departamento-de-antioquia.html>

CREG. (s. f.). *Tarifas servicios públicos.*

<https://imgcdn.larepublica.co/cms/2020/04/23075739/TARIFAS.pdf>

DANE. (2018). *DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda 2018.*

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

DNP. (2020). *Instalación celdas solares en zonas no interconectadas.*

[https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=136&Itemid=213](https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=136&Itemid=213)

DNP. (2023). *Lineamientos conceptuales que soportan la Metodología General Ajustada para Colombia.* [https://mgaayuda.dnp.gov.co/Recursos/Documento\\_conceptual\\_2023.pdf](https://mgaayuda.dnp.gov.co/Recursos/Documento_conceptual_2023.pdf).

Gaviria Correa, A. (2020). Plan de Desarrollo Departamental: Antioquia 2020-2023.

*Observatorio a la gestión Educativa.* <https://obsgestioneducativa.com/download/plan-de-desarrollo-departamental-antioquia-2020-2023/>

## IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

Gobernación de Antioquia. (s. f.). *VIGIA DEL FUERTE – Corregimientos de Antioquia*.

Recuperado 4 de mayo de 2024, de <https://corregimientos.antioquia.gov.co/vigia-del-fuerte/>

MAPA INVERSIONES. (2020). *MAPAINVERSIONES*.

<https://mapainversiones.dnp.gov.co/Home/FichaProyectosMenuAllUsers?Bpin=20201301010479>

Moran, M. (2015). Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante. *Desarrollo Sostenible*.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Petro Urrego, G. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*.

<https://www.dnp.gov.co:443/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

Quintero Rueda, Claudia. (2023). *Alumnos ‘rajados’ le costaron al país \$2,8 billones en el 2021*.

Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/economia/colombia-perdio-2-8-billones-por-estudiantes-reprobados-583386>

Romero Vargas, I. (2020). Estudio de los sistemas de energía solar fotovoltaica con conexión asilada (Off-grid) y un sistema de conexión en red en autoconsumo (On-grid) para el uso en la vivienda urbana en Perú. *Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3045518>

Santos Pestaña, F. N. S. (2020). *PLAN DE DESARROLLO DE VIGÍA DEL FUERTE 2020 – 2023*.

<https://vigiadelfuerteantioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/vigiadelfuerteantioquia/con>

IMPLEMENTACIÓN E. SOLAR VIVIENDAS RURALES VIGÍA DEL FUERTE

tent/files/000143/7142\_pdt-31-vigia-2020-2023---el-cambio-lo-hacemos-tods--  
aprobado.pdf

Vigía del Fuerte. (2024). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Vig%C3%ADa\\_del\\_Fuerte&oldid=15688337](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Vig%C3%ADa_del_Fuerte&oldid=15688337)

3