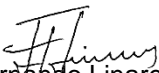


PROYECTO:

**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAÍCOS
PARA LAS COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO
DE SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

DOCUMENTO TÉCNICO FICHA MGA



Luis Fernando Linares Pulido
M.P.: BY 250-30100

Bogotá, marzo del 2024

Contenido

1	Datos básicos del proyecto.....	5
1.1	Nombre.....	5
1.2	Sector	5
1.3	Código BPIN.....	5
1.4	Datos del formulador	5
2	Contribución a la política pública.....	5
2.1	Contribución a Plan Nacional de Desarrollo.....	5
2.2	Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial/Plan de vida.....	6
2.3	Plan de Desarrollo Distrital o Municipal	6
3	Identificación y descripción del problema	6
3.1	Problema central.....	6
3.2	Descripción de la situación existente con respecto al problema	6
3.3	Magnitud actual del problema - indicadores de referencia	7
3.4	Causas que generan el problema	7
3.4.1	Causa directa	7
3.5	Efectos generados por el problema.....	7
3.5.1	Primer efecto directo	7
3.5.2	Segundo efecto directo	8
3.6	Árbol de problemas	8
4	Antecedentes	8
5	Justificación.....	11
6	Identificación y análisis de los participantes	13
6.1	Identificación de los participantes	13
6.2	Análisis de los participantes.....	14
7	Población afectada y objetivo.....	14
7.1	Población afectada por el problema	14
7.2	Población objetivo de la intervención.....	15
7.3	Características demográficas de la población objetivo.....	15
8	Objetivos generales y específicos.....	15
8.1	Objetivo general.....	15
8.2	Indicadores para medir el objetivo general.....	15

8.3	Relaciones entre causas y objetivos	15
8.4	Árbol de objetivos	16
9	Cronograma de actividades de implementación física	16
10	Programación financiera.....	18
10.1	Presupuesto	18
10.2	Flujo de fondos.....	18
10.2.1	Costos.....	19
10.2.2	Ingresos.....	21
10.2.3	Flujo durante la vida del proyecto	22
11	Alternativas de la solución	22
11.1	Estudio de las necesidades	23
11.1.1	Bien o servicio a entregar o demanda a satisfacer	23
11.2	Análisis técnico de la alternativa SISFV	24
11.3	Localización de la alternativa.....	24
11.4	Análisis de riesgo de la alternativa	25
12	Ingresos y beneficios	27
12.1	Generales de los SISFV	27
12.2	Análisis Costo/Beneficio	28
12.2.1	Costos.....	28
12.2.2	Beneficios	28
12.2.3	Relación costo beneficio.....	29

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Criterios para la implementación del modelo de diseño.....	13
Tabla 2. Análisis de participantes	13
Tabla 3. Características demográficas de la población objetivo	15
Tabla 4. Relaciones entre las causas y los objetivos	15
Tabla 5. Presupuesto definitivo del Proyecto.....	18
Tabla 6. Costos de AOM	19
Tabla 7. Personal requerido por la empresa prestadora del servicio eléctrico.....	19
Tabla 8. Resumen de costos administrativos	19
Tabla 9. Costos de mantenimiento}.....	20
Tabla 10. Coste de técnico electricista	20
Tabla 11. Costos de mantenimiento preventivo	20
Tabla 12. Costos de mantenimiento correctivo. Equipos	21
Tabla 13. Costos de mantenimiento correctivo. Personal.....	21
Tabla 14. Distribución de la facturación.....	22
Tabla 15 Análisis ponderativo de las alternativas	23
Tabla 16. Bien o servicio a entregar o demanda a satisfacer	23
Tabla 17. Análisis de riesgos de la alternativa	25
Tabla 18. Flujo de fondos año 0 a año 5	26
Tabla 19. Flujo de fondos año 6 a año 10	27
Tabla 20. Beneficios indirectos por reducción de emisiones.....	28
Tabla 21. Gasto mensual por usuario en sustitutos energéticos	29
Tabla 22 Beneficio incremento a la productividad	29
Tabla 23 Beneficio generación de empleo	29
Tabla 24 Flujo económico ingresos y beneficios del proyecto, sin aplicar RPC	31
Tabla 25 Flujo económico ingresos y beneficios del proyecto aplicando RPC	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de Problemas	8
Figura 2. Árbol de Objetivos.....	16
Figura 3. Cronograma de Actividades.....	17

1 Datos básicos del proyecto

1.1 Nombre

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARALAS COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE SANDIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR.

1.2 Sector

Minas y energía

1.3 Código BPIN

Sin asignar

2 Contribución a la política pública

2.1 Contribución a Plan Nacional de Desarrollo

Programa: 2102 - Consolidación productiva del sector de energía eléctrica

Transformación: 4 Transformación productiva, internacionalización y acción climática.

Catalizador: Transición energética justa, basada en el respeto a la naturaleza, la justicia social y la soberanía con seguridad, confiabilidad y eficiencia.

Plan Nacional de Desarrollo

“Colombia, potencia de la vida” 2022-2026

Pilar: Transición energética justa, segura, confiable y eficiente.

2.2 Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial/Plan de vida

Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial/Plan de vida

Plan De Desarrollo Del Departamento Del Cesar "Gobernando El Cesar Imparable " 2024-2027

Estrategia

Pilar 3. Cesar humano, tejido con bienestar social

Programa:

Programa 9. Entornos de vida dignos: mejorándolos servicios públicos y el acceso a vivienda para todos.

2.3 Plan de Desarrollo Distrital o Municipal

Plan de Desarrollo Distrital o Municipal

Plan de Desarrollo municipal “San Diego de Oportunidades” 2024-2027

Estrategia

2. Bienestar y Justicia Social

Programa:

2. Oportunidades de vivienda y saneamiento básico. Acceso al servicio público de energía. Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas.

3 Identificación y descripción del problema

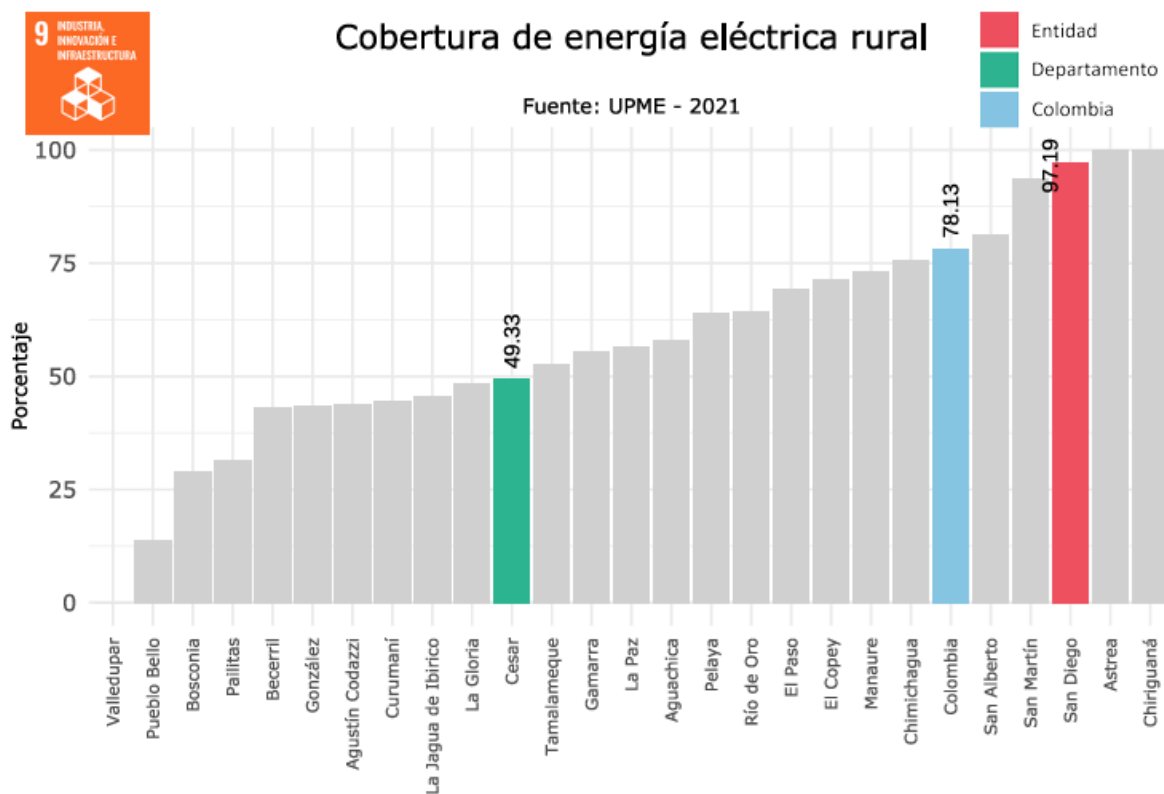
3.1 Problema central

Baja cobertura del servicio de energía eléctrica, en la zona rural dispersa del Municipio de San Diego en el Departamento de Cesar.

3.2 Descripción de la situación existente con respecto al problema

San Diego es un municipio PDET del departamento de Cesar, que cuenta con 22.067 habitantes, (2024) (DNP, TerriData, 2024), de los cuales el 46,04% (10.159 habitantes) se encuentra ubicada en el área rural y dispersa de este municipio.

Según cifras del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica - ICEE 2021 rural 97,19% emitido por el UPME, un total de 95 viviendas del área rural, no cuentan con el servicio de energía eléctrica, un aproximado de 285 habitantes si tomamos como referencia 3 habitantes por vivienda, de acuerdo al promedio emitido por el DANE en su último CENSO poblacional.



La falta de acceso a este servicio de primera necesidad les impide a los

habitantes una mejor calidad de vida, ya que no pueden contar con equipos de refrigeración que les permita conservar por más días sus alimentos, no pueden contar con un ventilador para sofocar en algo los calores inclementes que se aparecen en la zona, su horario de trabajos o labores en casa no se pueden extender a más de las 6 o 7 de la noche debido a que no cuentan con una fuente de iluminación, no pueden acceder a un televisor como fuente de ocio o a nivel informativo y de igual manera se les dificulta a los estudiantes poder cumplir con sus clases virtuales, producto de la pandemia.

La falta del servicio de energía genera la dependencia a otros sustitutos energéticos de iluminación como lo son los combustibles líquidos para los mecheros, las velas o velones, las baterías, plantas eléctricas, entre otras; aun así, su productividad no es la misma pues el uso de estos es limitado, contrario a sí contarán con el servicio de energía eléctrica.

3.3 Magnitud actual del problema – indicadores de referencia

La cobertura de energía eléctrica en la zona rural y dispersa corresponde al 97,19%, lo que indica que el 2,81% restante, no cuenta con este servicio. Lo anterior equivale a 95 viviendas, un aproximado de 285 habitantes que no cuentan con el servicio de energía eléctrica. Con la ejecución del proyecto se benefician 51 viviendas que equivale al 54% de las viviendas que no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

3.4 Causas que generan el problema

3.4.1 Causa directa

Difícil acceso y permeabilidad de sistemas de distribución de energía en las comunidades dispersas.

3.4.1.1 Causas indirectas

- Limitadas alternativas de provisión de energía eléctrica para la población de la zona rural dispersa.
- Inadecuado funcionamiento de los sistemas de provisión de energía alternativa existentes.

3.5 Efectos generados por el problema

3.5.1 Primer efecto directo

Bajo acceso a las comunicaciones y sistemas de información.

3.5.1.1 Efectos indirectos

- Limitadas horas de estudio en el hogar.
- Baja productividad en las tareas familiares diarias.

- Disminución de las horas de trabajo y de actividades relacionadas con el ocio y la recreación.

3.5.2 Segundo efecto directo

Dependencia de combustibles tradicionales como combustibles líquidos, leña, carbón vegetal, velas, baterías.

3.5.2.1 Efectos indirectos

- Transformación y daño ambiental.
- Gastos en que incurren las familias por la compra de sustitutos energéticos.

3.6 Árbol de problemas

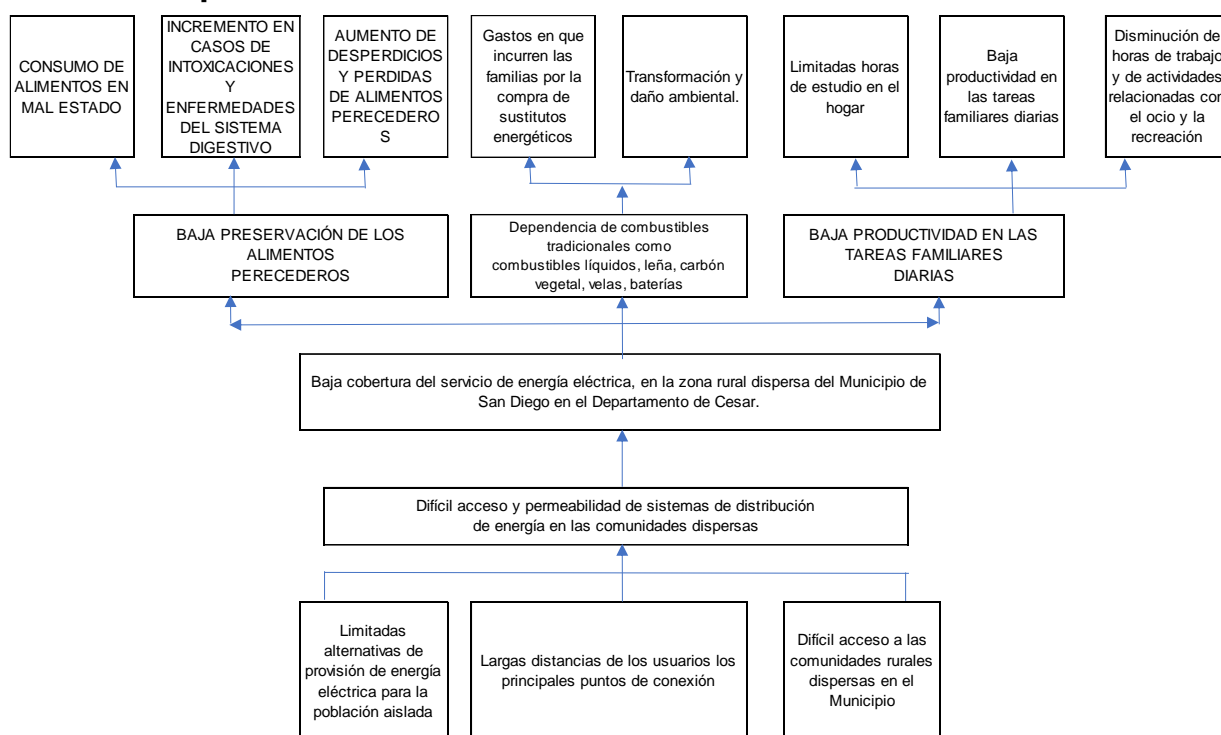


Figura 1. Árbol de Problemas

4 Antecedentes

En Colombia existen dos tipos de zonas en lo que se refiere a la prestación del servicio de energía eléctrica:

a. Las Zonas del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Son las localidades donde se podrá construir, o ya se tiene construida, la infraestructura eléctrica que amplía la cobertura y procura la satisfacción de la demanda de energía, mediante las redes provenientes del Sistema Interconectado Nacional, SIN. Estas redes son un conjunto de

líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, incluyendo las interconexiones internacionales, que transportan la energía desde las plantas de generación a las subestaciones de transformación y finalmente al consumidor final.

b. Las Zonas No Interconectadas (ZNI), y de acuerdo con la normatividad vigente, son los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al SIN, ya sea por aspectos geográficos, técnicos o como sucede en muchos casos por los elevados costos de conexión por usuario. Las ZNI están ubicadas en lugares de difícil acceso, carecen de servicios públicos, de infraestructura y presentan dificultad para acceder a la comunicación.

En 1968 se creó el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica “ICEL”, cuya función social se reflejaba en programas como el Plan Nacional de Electrificación Rural; para el año 1999, mediante el decreto 1140 del mismo año, se transforma el ICEL en el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas IPSE, quien está adscrito al Ministerio de Minas y Energía, y cuya función principal es la de identificar, promover, fomentar, desarrollar e implementar soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (ZNI), mejorando las condiciones de vida de sus pobladores, construyendo paz y equidad en el país, e impulsando el uso de las energías renovables.

El IPSE identificó que el modelo actual de expansión del sector eléctrico presenta dificultades para llevar el servicio de energía eléctrica a la población que habita en las zonas rurales de los municipios por diferentes aspectos:

- Zonas con características de difícil acceso, baja densidad de población, presencia de comunidades étnicas, restricciones ambientales, conflicto armado, bajo nivel de ingresos de sus pobladores, escaso desarrollo económico de los territorios, entre otros.
- Ineficiente operación y mantenimiento de los sistemas de generación de energía eléctrica implementados para la prestación del servicio en

las zonas no Interconectadas.

- Dificil acceso a programas de capacitación y formación, por parte de las empresas prestadoras de servicio y de las comunidades de las ZNI.
- Carencia de integración con los programas de desarrollo regional.
- Elevados costos de prestación del servicio y bajos niveles de utilización del mismo.
- Baja o nula rentabilidad de las inversiones realizadas.
- Limitado aprovechamiento del potencial energético local, baja cobertura, reducido número de horas diarias de servicio y deficientes niveles de calidad y confiabilidad del servicio prestado.

Las Zonas No Interconectadas han sido definidas en la Ley 854 de 2003, la cual establece en su artículo 1º que: “Para todos los efectos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica, se entiende por ZNI, los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional, SIN”. Así mismo lo establece el artículo 5 de la Ley 1715 de 2014. Estas zonas representan el 53% del territorio nacional y se encuentran ubicadas en 18 Departamentos, 78 Municipios, allí se encuentran: 5 capitales departamentales, 28 cabeceras municipales y 1.916 Localidades en operación.

Desde esta mirada y conforme al Plan Indicativo de Expansión de la Cobertura, PIEC 2019-2023[3]-, publicado en diciembre de 2019, por la Unidad de Planeación Minero- Energética, UPME, para la vigencia 2019, se estima que existen 338.383 viviendas ubicadas en las zonas aisladas o ZNI del país, que no cuentan con el servicio de energía eléctrica, con una población total de 1.184.340 habitantes sin una solución energética sostenible.

Esta situación conlleva a plantear soluciones energéticas con fuentes no convencionales de energía, FNCE y de tipo Híbrido, de modo que se garantice un servicio de calidad, continuo, seguro, asequible, no contaminante, y que en la generación de energía eléctrica, se aprovechen los potenciales energéticos de las regiones donde sean implementados, e incluir como factor de sostenibilidad de dichos proyectos, la asistencia técnica a los prestadores del servicio y el fortalecimiento de las capacidades organizativas, además de capacitar a comunidades en eficiencia energética y en el Uso Racional de la Energía (URE).

Las constantes preocupaciones con el medio ambiente, la amenaza de escasez de combustible fósil, el inminente calentamiento global, los impactos generados por emisiones de gases de efecto invernadero y de dióxido de carbono son factores que impulsan el desarrollo de las energías renovables, limpias y sustentables. Es así como se plantea los sistemas solares fotovoltaicos, los cuales minimizan el impacto ambiental.

Este tipo de energía, generada por el sol, no necesita ser extraída como el caso de la energía fósil, no genera emisión de gases ni de ruido, ni precisa de combustibles para su funcionamiento, tampoco requiere de grandes construcciones para su implementación y tiene requerimientos mínimos de cuidado y mantenimiento. Su instalación puede llegar a ser más ventajosa que otras alternativas de solución desde el punto de vista económico, si se compara en muchos casos con la extensión de redes para conectarse al SIN.

Adicionalmente, Colombia es un país que cuenta con zonas que poseen un alto potencial energético solar por su ubicación y radiación, ya que se encuentra en la zona ecuatorial, lo que hace que se ubique en la zona tórrida o intertropical, región de bajas latitudes, ocasionando que cuente con la misma iluminación solar todo el año.

En términos generales, las Celdas Solares Fotovoltaicas consisten en instalaciones destinadas a convertir la radiación solar en energía eléctrica que suple una necesidad a bajo costo, cero impactos ambientales y que mejora la calidad de vida de los habitantes.

5 Justificación

Basados en los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, denominado “Colombia Potencia Mundial de la Vida”, una de sus metas es Nuevos usuarios con generación de energía, a partir de Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCR) que se benefician de comunidades energéticas en 20.000 unidades; en su pacto transversal “Transición energética justa, segura, confiable y eficiente”, en uno de sus objetivos menciona “Implementar soluciones alternativas para el acceso a los servicios públicos en las zonas más apartadas”.

La energía es un factor fundamental para el desarrollo de las comunidades urbanas y rurales; en nuestro país es evidente que aquellas comunidades apartadas en la geografía colombiana, en lo que algunos autores denominan la Colombia olvidada, presentan problemas de abastecimiento de agua, saneamiento básico, baja cobertura de luminosidad en la noche, falta de comunicaciones, entre otros, lo cual repercute en los índices de calidad de vida, competitividad y desarrollo.

Es así que, con el desarrollo de programas y propuestas se busca generar proyectos que cubran estas falencias, mediante la utilización de energías alternativas (la eólica o la solar fotovoltaica), que pretenden de alguna manera, remediar algunos problemas de estas comunidades y contribuir con la disminución de efectos negativos ambientales y de salubridad, como la deforestación y la generación de gases de invernadero en las áreas rurales. Los sistemas solares fotovoltaicos para la generación de electricidad presentan un desarrollo en capacidad instalada

Por su parte, Dentro de los países que aportan a este desarrollo se encuentran China, la Unión Europea, Japón, Israel, India. En Latinoamérica Brasil posee 2,4Gw. Colombia presenta 15.000 sistemas fotovoltaicos con una capacidad instalada de 9 Mw 22 al año 2008. El potencial energético fotovoltaico colombiano es de 4,5 Kwh / m², debido a su ubicación geográfica¹, a la posición en la región andina y a la variedad de climas y temperaturas, lo cual permite que se implemente en diferentes partes del país con condiciones favorables para la utilización de las energías solar². Energía fotovoltaica 1995 a 2009 Gigawatios 26 térmica y fotovoltaica. Entidades como el Ministerio de Minas y Energía, la UPME y el IDEAM hacen aportes y suministran información de estudios realizados a nivel nacional sobre condiciones de brillo solar, radiación solar y radiaciones ultravioleta. Acorde con lo anterior y siguiendo a Dyner (2002), “(...) existen características especiales en Colombia donde se pueden dar soluciones energéticas alternas en buena parte de la geografía nacional”; Aunque sean energías renovables,

¹ UPME. Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia. Sep.2010. Pág. 161. 23

² UPME. Evaluación de la radiación solar en Colombia

según lo expresado por Forero en la Cumbre Iberoamericana de Energía, y son marginales en el contexto colombiano.[4]

La energía solar como fuente inagotable es un desafío para la técnica y la ingeniería; al captarla para fines de transformación busca elevar la calidad de vida para los habitantes citadinos y rurales, dejando un ambiente más amigable para las futuras generaciones. La radiación es la emisión de ondas electromagnéticas que se desplazan desde el sol y que llegan a la superficie terrestre en forma de rayos solares, los cuales tienen diferentes longitudes de onda; de acuerdo con Perales (2006)³ la banda radiante visible es del 47% de la radiación total, los infrarrojos el 46% y los ultravioletas el 7%. De estos, los rayos solares que inciden directamente son los aprovechables mediante el brillo solar - número de horas en el cual el sol brilla en una zona determinada- y es medida través de la irradiación. La transformación de la radiación electromagnética en electricidad se logra a través de la célula fotovoltaica. Los materiales más utilizados son los semiconductores, siendo el silicio el más difundido en el efecto fotovoltaico. La célula fotovoltaica une dos semiconductores generando un campo eléctrico debido a la difusión de los electrones; esta célula transforma la energía de la radiación solar en corriente eléctrica. Las aplicaciones generales de este tipo de energía en zonas rurales tienen que ver con electrificación rural de viviendas, sistemas de abastecimiento de agua, comunicaciones, centros de salud, iluminación, refrigeración de medicinas y neveras.[5]

Es así como "Los sistemas de energía solar fotovoltaica, además de la energía eólica y otras aplicaciones de energía renovable, son la única solución técnicamente viable para suministrar la energía necesaria a las comunidades rurales aisladas" afirma Gustavo Best, Coordinador Principal de Energía de la FAO. "Pequeñas cantidades de energía pueden representar una gran diferencia al mejorar la vida rural, incrementar la productividad agrícola y crear nuevas oportunidades de ganar ingresos"⁴

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.

3 PERALES, Tomas. Energías Renovables. Editorial Limusa. 2006.

⁴ BEST, Gustavo. CAMPEN Van. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo sostenibles. Documento de trabajo sobre medio Ambiente y recursos Naturales, No 3. FAO, Roma, 2000.

Para el uso e implementación de este proyecto, se debe verificar el cumplimiento de las siguientes condiciones de entrada:

Tabla 1 Criterios para la implementación del modelo de diseño

Aspecto	Descripción	Requisito
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. ⁷
Dispersión	Distancia entre los hogares a atender	Se debe verificar mediante georreferenciación el nivel de concentración de las viviendas
Usuarios	Número Viviendas mínimas para ejecución del proyecto	El proyecto no exige un número mínimo de usuarios sin servicio. Este dependerá del cierre financiero del proyecto.
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.

Fuente: Ministerio de Minas y Energía.

6 Identificación y análisis de los participantes

6.1 Identificación de los participantes

Tabla 2. Análisis de participantes

ACTOR	POSICION	INTERESES O EXPECTATIVAS	CONTRIBUCION O GESTION
Ministerio de Minas y Energía - Gestión General	Cooperante	Garantizar el servicio de energía en todas las zonas no conectadas del territorio nacional	Revisar y emitir concepto sectorial favorable, a los proyectos presentados por las entidades territoriales.
Comunidad	Beneficiario	Adquirir el servicio de energía eléctrica para mejorar su calidad de vida y productividad a un bajo costo.	Realización de veedurías ciudadanas durante la implementación y ejecución del proyecto; hacer uso del servicio de energía eléctrica y cuidar de los bienes dispuestos para tal fin.
Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas IPSE	Cooperante	Garantizar el servicio de energía en todas las zonas no conectadas del territorio nacional	Contratar la estructuración de proyectos con energías alternativas, para las zonas no interconectadas de Colombia.
Municipio de SanDiego	Cooperante	Asegurar que se preste de manera eficiente a sus habitantes el servicio domiciliario de energía eléctrica en la zona rural. Realizar la administración y mantenimiento de los SSIFV para que funcionen correctamente	Acompañamiento para el levantamiento de la información de línea base para la formulación del proyecto. Apoyo en las labores de socialización con la comunidad y seguimiento al avance de las obras. Certificar y garantizar la sostenibilidad del proyecto
CONTRIBUYEN TE PRIVADO	Cooperante	Ejecutar obras de infraestructura que se puedan deducir de la declaración de renta	Destinar los recursos y ejecutar las obras de infraestructura permitidas en la modalidad de OXI

6.2 Análisis de los participantes

El aporte de cada uno de los actores que intervienen en este proyecto es fundamental para su desarrollo, la cooperación por parte de las entidades territoriales para con IPSE se basa en suministrar la información necesaria de la ubicación principal de los habitantes que sufren por el déficit de este servicio, así mismo son las encargadas de certificar que dichos usuarios se encuentran en sana posesión de sus predios y que no son viviendas transitorias o temporales, así como tampoco son terrenos de invasiones.

En el caso de IPSE, es el encargado de presentar un proyecto estructurado que cumpla con los lineamientos del DNP, el ministerio, y la fuente de financiación que para el caso se trata OXI, por lo cual deberá propender por la realización de los diagnósticos poblacionales, diseños y estudios necesarios para dar viabilidad al proyecto.

La comunidad juega un papel muy importante puesto que serán los beneficiados de este servicio, ellos se encargarán en primera instancia de realizar el seguimiento por medio de veedurías, al desarrollo de las actividades propias de la construcción del proyecto, así mismo se comprometen a implementar el URE y a garantizar un buen uso de los sistemas instalados y el pago de la cuota por mantenimiento, con el fin de darle una vida útil y máximo provecho al proyecto.

El Municipio, encargado de la sostenibilidad del proyecto debe certificar la administración y mantenimiento de dichos sistemas, y será la encargada de recaudar los dineros derivados tanto de la comunidad como del subsidio por parte del gobierno, del pago generado para la utilización del servicio.

7 Población afectada y objetivo

7.1 Población afectada por el problema

Un total de 285 habitantes, de la zona rural dispersa o ZNI, del municipio de San Diego, esto representa aproximadamente 95 viviendas, si tomamos como referencia en promedio 3 personas por vivienda, que es lo que sugiere el censo poblacional DANE 2018.

7.2 Población objetivo de la intervención

En total se pretende beneficiar a por lo menos 153 habitantes del municipio de San Diego, representados en por lo menos 51 viviendas, los cuales fueron encuestados y caracterizados dentro de este proyecto.

7.3 Características demográficas de la población objetivo

Tabla 3. Características demográficas de la población objetivo

Clasificación	Detalle	Número de personas	Fuente de información
Etaria (edad)	0 a 14 años	50	Censo población y vivienda DANE 2018 con proyección 2024
Etaria (edad)	15 a 19 años	12	Censo población y vivienda DANE 2018 con proyección 2024
Etaria (edad)	20 a 59 años	75	Censo población y vivienda DANE 2018 con proyección 2024
Etaria (edad)	Mayor de 60 años	16	Censo población y vivienda DANE 2018 con proyección 2024
Género	Masculino	75	Censo población y vivienda DANE 2018 con proyección 2024
Género	Femenino	78	Censo población y vivienda DANE 2018 con proyección 2024

8 Objetivos generales y específicos

8.1 Objetivo general

Aumentar el acceso al servicio de energía eléctrica en la zona rural dispersa del Municipio de San Diego.

8.2 Indicadores para medir el objetivo general

Indicador objetivo	Descripción	Fuente de verificación
Viviendas beneficiadas con servicio de energía	Meta: 51 viviendas	Sistema único de información de servicios públicos domiciliarios - SUI

8.3 Relaciones entre causas y objetivos

Tabla 4. Relaciones entre las causas y los objetivos

Tipo de causa	Causa relacionada	Objetivos específicos
1. Causa directa	Difícil acceso y permeabilidad de sistemas de distribución de energía en las comunidades dispersas.	Implementar soluciones individuales fotovoltaicas que permitan el acceso al servicio de energía eléctrica en las ZNI.
1.1 Causa indirecta	Limitadas alternativas de provisión de energía eléctrica para la población aislada.	Aumentar alternativas de provisión de energía eléctrica para la población aislada.
1.2 Causa indirecta	Largas distancias de los usuarios los principales puntos de conexión.	Ampliar la implementación de sistemas de provisión de energía alternativa existentes y promover su buen uso.
1.3 Causa indirecta	Difícil acceso a las comunidades rurales dispersas en el Municipio	Aumentar la participación de la comunidad

8.4 Árbol de objetivos

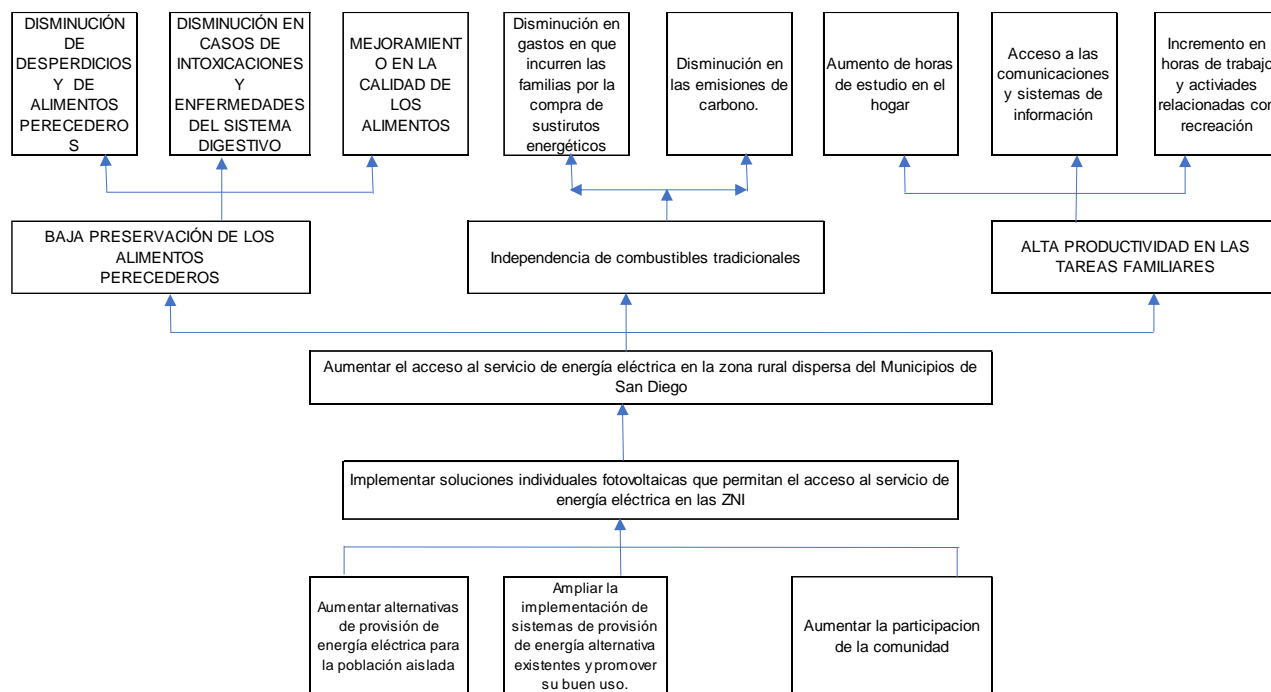


Figura 2. Árbol de Objetivos

El plazo de ejecución del proyecto se estima en 16 meses así: 5 meses etapa precontractual, de la obra es de 6 meses y 5 meses para liquidación y cierre financiero.

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO DEPARTAMENTO DEL CESAR

[illegible]

Figura 3. Cronograma de Actividades

10 Programación financiera

10.1 Presupuesto

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR PARCIAL					
				MATERIALES	EQ. & HERRAM.	TRANSPORTE	M.O.C.	M.O.N.C.	VR. PARCIAL
	SISFV EN COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS EN EL MUNICIPIO DE SAN DIEGO EN EL DEPARTAMENTO DE CESAR								
1	Implementar y poner en funcionamiento equipos para la operación fotovoltaica			1.115.399.046	6.376.241	29.024.555	27.514.886	22.983.455	1.201.298.183
2	Implementar Sistema de medición y gestión de energía			211.333.029	2.653.277	3.684.196	4.895.246	3.345.813	225.911.561
3	Implementar Instalaciones Internas			55.227.827	1.508.358	3.231.753	6.615.211	4.521.335	71.104.484
VALOR CONSTRUCCIÓN (COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS)									1.498.314.228
REALIZAR INTERVENTORÍA INTEGRAL (% CON RESPECTO A LOS COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS)									\$ 127.786.101,00
REALIZAR GERENCIA DE PROYECTO (% CON RESPECTO A LOS COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS)									\$ 89.981.669,00
REALIZAR FIDUCIA (% CON RESPECTO A LOS COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS)									\$ 77.701.478,00
RUBRO CONTINGENTE (% CON RESPECTO A LOS COSTOS DIRECTOS)									\$ 122.598.149,00
REALIZAR GESTION SOCIAL (% CON RESPECTO A LOS COSTOS DIRECTOS)									\$ 21.134.691,00
POLIZA CONTRIBUYENTE (% CON RESPECTO A LOS COSTOS Cd + Ci + I + Gp)									\$ 17.160.820,00
IMPLEMENTAR PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (% CON RESPECTO A LOS COSTOS DIRECTOS)									\$ 3.600.300,00
Gravamen Movimientos Financieros (GMF 4X1000)									\$ 7.833.110,00
VALOR TOTAL PROYECTO									\$ 1.966.110.546,00

Tabla 5. Presupuesto definitivo del Proyecto

10.2 Flujo de fondos

El flujo de fondos a lo largo de la vida útil del proyecto fue realizado de acorde con los parámetros establecidos en el documento tipo “esquema de sostenibilidad” disponible en la página web del IPSE. A continuación, se listan las principales consideraciones para el flujo de fondos del proyecto.

10.2.1 Costos

Los costos del proyecto están catalogados en: costos de administración, operación y mantenimiento. La Tabla 6 presenta los costos unificados del proyecto.

Tabla 6. Costos de AOM

Costos AMGC	Costo Anual / Usuario	Costo Mensual / Usuario
Costo de Administración	\$ 436.538	\$ 36.378
Costos de Mantenimiento	\$ 375.023	\$ 31.251
Costos de Comercialización	\$ 120.025	\$ 10.002
Total	\$ 931.586	\$ 77.632

10.2.1.1 Administración

Los costos de administración son aquellos relacionados al funcionamiento de la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica, así como al personal contratado para la sostenibilidad del proyecto. La Tabla 7 presenta los costos del personal requerido para el proyecto, mientras que la Tabla 8 presenta los costos administrativos totales. Los detalles de estos valores se encuentran detallados en el documento de esquema de sostenibilidad.

Tabla 7. Personal requerido por la empresa prestadora del servicio eléctrico

COSTOS DE PERSONAL NOMINA ANUAL							
Descripción	Cantidad	% de Dedicación	Salario	Factor Prestacional	Auxilio de Transporte	Costo Mensual	Costo Anual
Gerente General	1	100%	\$ 10.000.000	0,61	\$ -	\$ 16.100.000	\$ 193.200.000
Gerente Seccional	2	100%	\$ 5.000.000	0,61	\$ -	\$ 8.050.000	\$ 193.200.000
Coordinador Comercial	1	100%	\$ 4.000.000	0,61	\$ -	\$ 6.440.000	\$ 77.280.000
Coordinador AOM	1	100%	\$ 4.000.000	0,61	\$ -	\$ 6.440.000	\$ 77.280.000
Profesional SGSST	1	100%	\$ 2.500.000	0,61	\$ 162.000	\$ 4.285.820	\$ 51.429.840
Profesional Social	3	100%	\$ 2.500.000	0,61	\$ 162.000	\$ 4.285.820	\$ 154.289.520
Analista de Facturación	1	100%	\$ 3.000.000	0,61	\$ -	\$ 4.830.000	\$ 57.960.000
Analista de Procesos	1	100%	\$ 3.000.000	0,61	\$ -	\$ 4.830.000	\$ 57.960.000
Asistente Administrativo	2	100%	\$ 1.899.408	0,61	\$ 162.000	\$ 3.318.867	\$ 79.652.808
Coordinador Técnico	3	100%	\$ 3.800.000	0,61	\$ -	\$ 6.118.000	\$ 220.248.000
Auxiliar de Oficina	10	100%	\$ 1.300.000	0,61	\$ 162.000	\$ 2.353.820	\$ 282.458.400
Contador	1	100%	\$ 2.500.000	0,61	\$ 162.000	\$ 4.285.820	\$ 51.429.840
Auxiliar Contable	2	100%	\$ 2.260.780	0,61	\$ 162.000	\$ 3.900.676	\$ 93.616.224
Tesorero	1	100%	\$ 5.000.000	0,61	\$ -	\$ 8.050.000	\$ 96.600.000
Revisor Fiscal	1	50%	\$ 5.600.000	0,61	\$ -	\$ 4.508.000	\$ 54.096.000
Asesor Jurídico y Regulatorio	1	100%	\$ 5.000.000	0,61	\$ -	\$ 8.050.000	\$ 96.600.000
Total	32					\$ 95.846.823	\$ 1.837.300.632

Tabla 8. Resumen de costos administrativos

Costos de Administración	
Descripción	Valor Anual
Costos de Personal	\$ 1.837.300.632
Costos Oficina y Financieros	\$ 951.300.923
Costos de Administración	\$ 2.788.601.555
Costos de Administración por Usuario	\$ 436.538

10.2.1.2 Operación

Dado que se trata de un sistema totalmente autónomo, no existen costos de operación

10.2.1.3 Mantenimiento

Los costos de mantenimiento se dividen en preventivos y correctivo. Los costos consolidados de mantenimiento se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Costos de mantenimiento}

Tipo de Mantenimiento	Costo Anual / Usuario
Mantenimiento Preventivo SISFV	\$ 107.999
Mantenimiento Correctivo SISFV	\$ 267.024
Costo Total Anual Mantenimiento	\$ 375.023

10.2.1.3.1 Mantenimiento preventivo

Corresponde a las revisiones periódicas que realiza la empresa prestadora del servicio para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas instalados. La Tabla 10 y la Tabla 11 presentan la estructura de costes para estas actividades.

Tabla 10. Coste de técnico electricista

Personal Mantenimiento	Costos Mensuales *							
	Mano de Obra	Viáticos	Transporte	Herramientas	Seguridad y Salud en el trabajo	Prestaciones	Otros	Total
Técnico Electricista	\$ 1.376.398	\$ 1.200.000	\$ 600.000	\$ 24.200	\$ 14.575	\$ 839.603	\$ 13.200	\$ 4.067.976

Preventivo	Nº Visitas al año / Usuario	Nº Usuarios	Total Visitas	Nº Visitas / Técnico al año	Costo Anual / Técnico	% Dedicación Técnico al año	Costo Total Anual	Costo Anual / Usuario
Limpieza de paneles, revisión de baterías, controladores e inversores, y ajuste de terminales	2	51	102	904	\$ 48.815.712	11,28%	\$ 5.507.968	\$ 107.999

Tabla 11. Costos de mantenimiento preventivo

Se tiene en cuenta que el año tiene 246 días hábiles en promedio y se restan 20 días improductivos por invierno y problemas de orden público, y un técnico puede realizar en promedio cuatro visitas al día = 904 visitas al año

10.2.1.3.2 Mantenimiento correctivo

Corresponde a los equipos que deben ser reemplazados por fallos. La Tabla 12 presenta la estructura de costos por concepto de mantenimiento correctivo.

Tabla 12. Costos de mantenimiento correctivo. Equipos

Elementos	Tasa de Falla Anual*	Costo directo total	Costo Mantenimiento Correctivo
Modulo Solar [W]	0,30%	\$ 1.890.736	\$ 5.672
Batería [Ah]	1,00%	\$ 8.680.237	\$ 86.802
Controlador [A]	0,75%	\$ 1.395.401	\$ 10.466
Inversor [W]	0,75%	\$ 1.377.256	\$ 10.329
Otros materiales (Tableros, protecciones, cables, conectores, mástil, puesta a tierra, etc.)	1,20%	\$ 10.695.223	\$ 128.343
Costo Total Anual de materiales para Mantenimiento Correctivo SISFV			\$ 241.612

La tasa de fallo es calculada de acuerdo a las características de materiales y equipos y transporte, dado que no existe actualmente ningún lineamiento específico que regule, limite o acote las tasas de fallo en equipos solares, más allá de la experiencia propia del estado y los contratistas.

Se requiere de un técnico con disponibilidad que realice los mantenimientos correctivos para atender inmediatamente en caso de que se presente una falla. Por tratarse de un servicio público debe garantizarse la atención en el menor tiempo posible. Por la dispersión de los usuarios se estima que un técnico puede tomar un día para reparar un sistema. De acuerdo a las tasas de falla, se estima que 6 sistemas de los 49 fallarán al año. Por lo tanto, se requiere 12 días de trabajo de un técnico para repararlos en los 226 días productivos al año. La Tabla 13 presenta los costos por concepto de personal,

Tabla 13. Costos de mantenimiento correctivo. Personal

Personal Mantenimiento	Costos Mensuales *								% Dedicación Técnico al año	Costo Anual	Costo anual mano de obra mantenimiento correctivo por usuario
	Mano de Obra	Viáticos	Transporte	Herramientas	Seguridad y Salud en el trabajo	Prestaciones	Otros	Total			
Técnico Electricista	\$ 1.376.398	\$ 1.200.000	\$ 600.000	\$ 24.200	\$ 14.575	\$ 839.603	\$ 13.200	\$ 4.067.976	2,65%	\$ 1.295.992	\$ 25.412
Costo Total Anual Mantenimiento Correctivo SISFV			\$ 267.024								

10.2.2 Ingresos

La sostenibilidad está definida por un flujo de caja durante la vida útil del proyecto donde los ingresos vienen de una actividad regulada y definida en la CREG 101 026 de 2022, la cual cuenta con un modelo de remuneración para el cálculo tarifario, el cual se encuentra en su última versión en la Circular 051 de 2022.

Dado lo anterior, la Tabla 14 presenta la distribución de facturación a enero de 2024 (los datos de IPP fueron tomados del DANE).

Tabla 14. Distribución de la facturación

Distribución Facturación Proyecto	%	Valor mensual por usuario dic. / 2023	Valor anual por usuario dic. / 2023
Valor que asume el usuario subsidiado	34,57%	\$ 29.614	\$ 355.368
Subsidio del estado para ZNI	65,43%	\$ 56.042	\$ 672.502
Valor total energía a usuario con SISFV 1100 Wp	100%	\$ 85.656	\$ 1.027.870

10.2.3 Flujo durante la vida del proyecto

Definiendo un horizonte de 10 años de vida útil y una tasa de descuento del 11,64%, se presentan el flujo de fondos del proyecto a lo largo de la vida útil. Cabe destacar que, aunque se generan utilidades anuales de manera consistente, desde un punto de vista de inversión privada no se logra recuperar la inversión realizada, siendo que el VPN del proyecto es de -\$1.946.256.796 COP. Es de anotar también que, desde el punto de vista de la empresa prestadora del servicio, se trata de un proyecto rentable, ya que, si no se tiene en cuenta la inversión, es decir, usando una inversión hueca, el VPN del proyecto es de COP \$19.853.750. También es importante acotar que, al tratarse de un proyecto de inversión social, el cierre financiero no es el único objetivo del proyecto, sino que involucra otras variables sociales y ambientales, factores que se exploran a mayor profundidad en la relación costo-beneficio.

11 Alternativas de la solución

La metodología para la selección de alternativas se desarrolla mediante la evaluación ponderativa de las diferentes fuentes de energía. En primera instancia se realiza una ponderación general de todas las fuentes posibles en función del recurso, costo nivelado de la energía (LCOE), afectación de la dispersión de la población a los costos, tipo de tecnología (renovable, no renovable), reducción en emisiones de CO₂ y dominancia tecnológica.

Las alternativas evaluadas son:

- Construcción de soluciones individuales fotovoltaicas
- Redes de distribución eléctrica
- Microcentrales Hidroeléctricas

Evaluaciones a realizar: rentabilidad y, costo-eficiencia y costo mínimo.

Tabla 15 Análisis ponderativo de las alternativas

COMPARATIVA FLUJOS SOCIO ECONÓMICOS (MGA)										
CRITERIO	PESO	SISFV			REDES			MCH		
		VALOR	PUNTAJE	PONDERADO	VALOR	PUNTAJE	PONDERADO	VALOR	PUNTAJE	PONDERADO
VPN	35%	\$534,954,400	3,0	1,05	\$-2,181,661,716	1,95	0,68	\$-4,971,738,136	1,0	0,35
TIR	30%	17,80%	3,0	0,9	-5,47%	1,27	0,38	-8,62%	1,0	0,3
RBC	35%	1,3	3,0	1,05	0,67	1,27	0,45	0,52	1,0	0,35
TOTAL	100%			3			1,51			1

La alternativa más viable para el proyecto de energización en el Municipio de San Diego es el sistema solar fotovoltaico, soportado en un esquema de subsidios a la tarifa de energía que se ha fortalecido desde la emisión de la regulación CREG 091 de 2007 hasta la actualidad, y lo que permite, para el actual proyecto, subsidiar hasta el 61,35% de la tarifa. Por otra parte, la inversión, de alrededor de \$38.551.187,00 COP/usuarios, no configura un precio elevado para este tipo de proyectos considerando el panorama nacional y global de suministros.

Referente a las redes de distribución local, la distribución geográfica de los usuarios no permite alcanzar un umbral mínimo de sostenibilidad, con lo que los costos del tendido eléctrico son demasiado altos para las comunidades dispersas. Adicionalmente, en zonas boscosas y montañosas puede verse comprometida la viabilidad técnica del proyecto ante los sobre costos tanto ambientales como de infraestructura.

Finalmente, aunque la alternativa PCH presenta un bajo costo de inversión, similar al costo de la alternativa SSIFV, también presenta un TIR por debajo de -100% debido a los altos costos de operación que no logran ser compensados bajo el esquema de sostenibilidad planteado.

11.1 Estudio de las necesidades

11.1.1 Bien o servicio a entregar o demanda a satisfacer

Tabla 16. Bien o servicio a entregar o demanda a satisfacer

Bien o servicio	Medido a través de	Descripción	Año inicial histórico	Año final histórico	Año final proyectado
Servicio de energía eléctrica	Número	Viviendas, en zona rural del Municipio que requieren energía	2021	2024	2027

AÑO	VIVIENDAS CON SERVICIO	VIVIENDAS ZONA RURAL	ICEE RURAL	DEFICIT
2021	1.521	2.665	57,07%	(1.144)
2022	1.521	2.695	56,44%	(1.174)
2023	1.521	2.725	55,82%	(1.204)
2024	1.521	2.755	55,21%	(1.234)
2025	1.521	2.785	54,61%	(1.264)
2026	1.521	2.815	54,03%	(1.294)
2027	1.521	2.845	53,46%	(1.324)

11.2 Análisis técnico de la alternativa SISFV

Construcción de 51 sistemas fotovoltaicos individuales para viviendas, que constan de: dos (2) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 550 Wp de potencia pico cada uno, conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura compuesta por un poste metálico galvanizado en caliente por doble inmersión de 4" x 4 metros de largo x 3 mm de espesor, una (1) batería estacionaria de Ión Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO₄), sellada, libre de mantenimiento, de ciclo profundo, de 200 Ah - 25,6 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD, con BMS integrado, un (1) regulador o controlador MPPT de 24 V 60 A con display LCD para baterías de ión - litio, eficiencia mínima del 96%, un (1) inversor de 2000 W de potencia, 24 VDC / 120 VAC, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 90%, un sistema de puesta a tierra para el SISFV con una varilla de cobre de 5/8x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE, un gabinete metálico de conexiones y protecciones de dimensiones 1.0x0.8x0.3m de uso interior para albergar la batería, el regulador, el inversor, el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado.

Instalaciones eléctricas internas, compuestas por un tablero de distribución 1F de 4 circuitos con sus protecciones de dos breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger dos circuitos ramales, uno de iluminación y otro de tomas. El circuito ramal de iluminación se compone de cuatro salidas de iluminación y el circuito ramal de tomas se compone de tres salidas para tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de F 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores.

11.3 Localización de la alternativa

Municipio	Veredas o localidades
SAN DIEGO	SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO

11.4 Análisis de riesgo de la alternativa

Tabla 17. Análisis de riesgos de la alternativa

	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad e impacto	Efectos	Medidas de mitigación
1-Propósito (Objetivo general)	Operacionales	Mal uso de los sistemas solares fotovoltaicos por parte de los usuarios	Probabilidad: 4. Probable Impacto: 4. Mayor	No continuidad del servicio de energía eléctrica.	Actas de concertación con la comunidad en donde se hace socialización del proyecto y capacitaciones en el buen uso del sistema solar fotovoltaico y realización de visitas periódicas para verificar el estado de los equipos.
	Administrativos	Falta de pago de los usuarios del servicio de energía eléctrica	Probabilidad: 4. Probable Impacto: 4. Mayor	No prestación del servicio de energía eléctrica e indisponibilidad del sistema ante fallas operativas	Actas de concertación con la comunidad en donde se hace socialización del proyecto y de los compromisos que se adquieren por el pago de administración y mantenimiento de las soluciones instaladas, como la prestación del servicio público de energía eléctrica.
2-Componente (Productos)	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros	Los sistemas solares fotovoltaicos instalados podrían ser destruidos por ráfagas de viento, tormentas, caída de árboles o deslizamientos.	Probabilidad: 4. Probable Impacto: 5. Catastrófico	Las familias quedarían sin el servicio de energía eléctrica	Seleccionar un espacio de instalación del sistema lejos de grandes árboles, lejos de pendientes o laderas con su debida certificación de zona libre de riesgo no mitigable
	Asociados a fenómenos de origen tecnológico: químicos, eléctricos, mecánicos, térmicos	Mala calidad de los equipos o defectos de fábrica	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 4. Mayor	Daño de los equipos o pérdida de su capacidad instalada.	Constitución de pólizas de calidad y realización de mantenimiento preventivo para la identificación de fallas en los equipos.
3-Actividad y/o Entregable	Operacionales	Acceso limitado a las viviendas por mal estado de las vías/dificultad de acceso a la zona.	Probabilidad: 4. Probable Impacto: 4. Mayor	Retrasos en el cumplimiento del cronograma del proyecto.	Alquilar vehículos con capacidad de carga y aptos para transitar en la región
	Operacionales	Poca disponibilidad de inventarios de los materiales y equipos en el mercado local.	Probabilidad: 4. Probable Impacto: 3. Moderado	Retrasos en el cronograma de ejecución del proyecto.	Realizar procesos de compra efectivos.

Tabla 18. Flujo de fondos año 0 a año 5

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESO POR USUARIO SUBSIDIADO SISFV 1100 Wp		\$ 355.368	\$ 388.346	\$ 424.385	\$ 463.768	\$ 506.806	\$ 553.838	\$ 605.234	\$ 661.400	\$ 722.778	\$ 789.852
INGRESO POR USUARIO NO SUBSIDIADO											
INGRESO TOTAL FACTURACIÓN USUARIOS		\$ 18.123.768	\$ 19.805.646	\$ 21.643.635	\$ 23.652.168	\$ 25.847.106	\$ 28.245.738	\$ 30.866.934	\$ 33.731.400	\$ 36.861.678	\$ 40.282.452
INGRESO SUBSIDIO POR USUARIO SISFV 1100 Wp		\$ 672.502	\$ 734.910	\$ 803.110	\$ 877.639	\$ 959.084	\$ 1.048.087	\$ 1.145.349	\$ 1.251.637	\$ 1.367.789	\$ 1.494.720
INGRESO TOTAL SUBSIDIO ZNI		\$ 34.297.595	\$ 37.480.410	\$ 40.958.610	\$ 44.759.589	\$ 48.913.284	\$ 53.452.437	\$ 58.412.799	\$ 63.833.487	\$ 69.757.239	\$ 76.230.720
PRÉSTAMO PARA LA FINANCIACIÓN POR DEMORA EN EL DESEMBOLSO DE SUBSIDIOS											
INGRESO SUBSIDIO ÚLTIMO TRIMESTRE											
TOTAL INGRESOS		\$ 52.421.363	\$ 57.286.056	\$ 62.602.245	\$ 68.411.757	\$ 74.760.390	\$ 81.698.175	\$ 89.279.733	\$ 97.564.887	\$ 106.618.917	\$ 116.513.172
COSTO ADMINISTRACIÓN POR USUARIO		\$ 436.538	\$ 477.049	\$ 521.319	\$ 569.697	\$ 622.565	\$ 680.339	\$ 743.474	\$ 812.468	\$ 887.865	\$ 970.259
COSTO TOTAL DE ADMINISTRACIÓN		\$ 22.263.438	\$ 24.329.499	\$ 26.587.269	\$ 29.054.547	\$ 31.750.815	\$ 34.697.289	\$ 37.917.174	\$ 41.435.868	\$ 45.281.115	\$ 49.483.209
COSTO COMERCIALIZACIÓN POR USUARIO		\$ 120.025	\$ 131.163	\$ 143.335	\$ 156.636	\$ 171.172	\$ 187.057	\$ 204.416	\$ 223.386	\$ 244.116	\$ 266.770
COSTO TOTAL DE COMERCIALIZACIÓN		\$ 6.121.275	\$ 6.689.313	\$ 7.310.085	\$ 7.988.436	\$ 8.729.772	\$ 9.539.907	\$ 10.425.216	\$ 11.392.686	\$ 12.449.916	\$ 13.605.270
COSTO MANTENIMIENTO POR USUARIO		\$ 375.023	\$ 409.825	\$ 447.857	\$ 489.418	\$ 534.836	\$ 584.469	\$ 638.708	\$ 697.980	\$ 762.753	\$ 833.536
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO		\$ 19.126.173	\$ 20.901.075	\$ 22.840.707	\$ 24.960.318	\$ 27.276.636	\$ 29.807.919	\$ 32.574.108	\$ 35.596.980	\$ 38.900.403	\$ 42.510.336
ABONO PRÉSTAMO DE FINANCIACIÓN POR DEMORA EN EL DESEMBOLSO DE SUBSIDIOS											
INTERESES PRÉSTAMO DE FINANCIACIÓN POR DEMORA EN EL DESEMBOLSO DE SUBSIDIOS		\$ 1.050.364	\$ 787.773	\$ 525.182	\$ 262.591						
COSTO DE DISPOSICIÓN DE BATERÍAS											\$ 18.217.399
COSTO DE REPOSICIÓN											
TOTAL COSTOS		\$ 48.561.250	\$ 52.707.660	\$ 57.263.243	\$ 62.265.892	\$ 67.757.223	\$ 74.045.115	\$ 80.916.498	\$ 88.425.534	\$ 96.631.434	\$ 123.816.214
INVERSIÓN *	-\$ 1.966.110.546										
UTILIDAD TOTAL	-\$ 1.966.110.546	\$ 3.860.113	\$ 4.578.396	\$ 5.339.002	\$ 6.145.865	\$ 7.003.167	\$ 7.653.060	\$ 8.363.235	\$ 9.139.353	\$ 9.987.483	-\$ 7.303.042
IMPUESTO DE RENTA (35%)		\$ 1.351.040	\$ 1.602.439	\$ 1.868.651	\$ 2.151.053	\$ 2.451.108	\$ 2.678.571	\$ 2.927.132	\$ 3.198.774	\$ 3.495.619	-
UTILIDAD NETA	-\$ 1.966.110.546	\$ 2.509.073	\$ 2.975.957	\$ 3.470.351	\$ 3.994.812	\$ 4.552.059	\$ 4.974.489	\$ 5.436.103	\$ 5.940.579	\$ 6.491.864	-\$ 7.303.042
% UTILIDAD NETA		4,79%	5,19%	5,54%	5,84%	6,09%	6,09%	6,09%	6,09%	6,09%	-6,27%
Tasa de costo de oportunidad =	WACC	11,64%									
Utilidad Neta Promedio =		4,55%									
Valor presente neto sin inversión =	VPN	\$ 19.853.750									
Valor presente neto con inversión. =	VPN	(\$ 1.946.256.796)									

12 Ingresos y beneficios

12.1 Generales de los SISFV

A continuación, se listan algunas de las ventajas de los sistemas solares

- Los sistemas operan de manera autónoma, por lo que no es requerido personal especializado para la generación de energía.
- Son sistemas “Plug and Play”, por lo que no son requeridas obras civiles más allá de la cimentación de las estructuras de soporte.
- No se requiere el tendido de redes eléctricas ya que cada vivienda cuenta con un sistema de generación independiente.

12.2 Análisis Costo/Beneficio

La relación Costo – Beneficio (RCB) permite determinar el valor de un proyecto más allá de las variables financieras directas, permitiendo cuantificar variables sociales o ambientales que también influyen en la calidad de vida de los beneficiarios y del medio ambiente.

12.2.1 Costos

Dado que no existe un directo deterioro de la calidad de vida, los bienes o el medio ambiente durante la implementación u operación de los sistemas, los costos del proyecto se mantienen como los definidos en el apartado económico y financiero.}

12.2.2 Beneficios

El principal beneficio del proyecto son los ingresos por concepto de facturas del servicio de energía eléctrica. No obstante, también se presentan dos componentes importantes y cuantificables que se incluyen como beneficios indirectos del proyecto. El primero es el ahorro por concepto de sustitutos energéticos como velas, Diesel o baterías, mientras que el segundo es la reducción potencial de emisiones de CO₂ al ambiente, ya que si bien es cierto que en muchas localidades no se cuenta con energía eléctrica de ninguna forma, el medio más accesible para dichas poblaciones son los generadores diésel, por lo que el proyecto no solo disminuye las emisiones presenten para los usuarios con plantas diésel sino que también previene el futuro consumo de combustibles fósiles para generación de energía eléctrica

La monetización en la reducción de actuales y potenciales emisiones de CO₂ se realiza en base a un precio de 160.000 COP/TonCO_{2eq}, de acuerdo con las previsiones del Banco Mundial para el año 2020 [6], utilizando un factor de emisiones de 2.61 kg de CO₂

por litro de diésel consumido y una conversión de 0.5 l/kWh . Para el caso de los costos por uso de sustitutos energéticos se toman los resultados obtenidos de la encuesta socioeconómica. De este modo la Tabla 20 y la Tabla 21 presentan la cuantificación de los beneficios indirectos durante el periodo de 10 años del proyecto.

Tabla 20. Beneficios indirectos por reducción de emisiones

REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂			
*Este ítem contempla la reducción actual y potencial de emisiones de gases de efecto invernadero por concepto de generación eléctrica a través de diésel. Se asume un valor de compensación por tonelada de CO ₂ de \$ 160.000 COP de acuerdo a las estimaciones de los bonos de carbono para el año 2020 del Banco Mundial			
Consumo / Usuario Año 1 [kWh/usuario*año]	Factor de conversión [Ton CO ₂ /kWh]	Emisiones [Ton CO ₂ /usuario*año]	Valor COP/Ton CO ₂ * año
1040	0,0013	1,358	\$ 191.074
TOTAL AÑO 1 SIN RPC			\$ 13.184.106
TOTAL AÑO 1 CON RPC			\$ 10.547.285

Tabla 21. Gasto mensual por usuario en sustitutos energéticos

REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE SUSTITUTOS			
Este ítem es igual al gasto promedio en diferentes susitutos energéticos para iluminación y electrodomésticos manifestado por los usuarios a través de la encuesta socioeconómica			
ÍTEM	COSTO MENSUAL	RPC	COSTO ANUAL POR USUARIO SIN RPC
Baterías	\$ 5.453	0,79	\$ 65.436
Alcohol	\$ -	0,79	\$ -
Diésel	\$ -	0,79	\$ -
Gasolina	\$ 12.048	0,79	\$ 144.576
Kerosene	\$ 2.588	0,79	\$ 31.056
Petróleo	\$ -	0,79	\$ -
Velas	\$ 4.961	0,79	\$ 59.532
Otro	\$ 2.941	0,79	\$ 35.292
TOTAL USUARIO SIN RPC			\$ 335.892
TOTAL AÑO 1 CON RPC			\$ 13.533.089

Tabla 22 Beneficio incremento a la productividad

INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD			
*Este beneficio considera que el 50% (la mitad) de las viviendas tendrán un incremento de 2 horas diarias en el trabajo potencial al disponer de energía eléctrica. Asumiendo 2 habitantes por vivienda que se verán beneficiados, a un costo de jornal diario de \$ 33.333 COP			
ÍTEM	VALOR JORNAL DIARIO	BENEFICIO ANUAL VIVIENDA	VALOR ANUAL
Jornal horas extras	\$ 33.333	\$ 2.449.976	\$ 124.948.776
TOTAL AÑO 1 CON RPC			\$ 124.948.776

Tabla 23 Beneficio generación de empleo

GENERACIÓN DE EMPLEO			
*Este ítem contempla la generación de empleo durante la ejecución de la obra, así como por la administración y mantenimiento de la misma			
ÍTEM	BENEFICIO	RPC	BENEFICIO / EMPLEO SIN RPC
Mano de obra calificada durante la Implementación	\$ 39.025.343	1	\$ 3.547.758
Mano de obra no calificada rural durante la Implementación	\$ 30.850.603	1	\$ 2.804.600
Mano de obra Administración	\$ 22.263.438	1	\$ 22.263.438
Mano de obra Mantenimiento preventivo	\$ 1.863.619	1	\$ 1.863.619
Mano de obra Mantenimiento correctivo	\$ 438.498	1	\$ 438.498
TOTAL AÑO 0 CON RPC			\$ 69.875.938
TOTAL AÑO 1 CON RPC			\$ 24.565.554

12.2.3 Relación costo beneficio

La relación costo beneficio se entiende como la diferencia entre la totalidad de los costes y los beneficios del proyecto a lo largo de su vida útil, a continuación, se presenta el resumen de estas variables para los 10 años de vida útil.

El proyecto se caracteriza por una alta inversión inicial que se sopesa en su mayor parte con los beneficios directos e indirectos del proyecto, no obstante, sigue existiendo una diferencia cuantificable entre los beneficios y los costos, diferencia que se cierra cuando se tiene en cuenta el acceso a nuevas oportunidades para la comunidad, el incremento en la productividad, el acceso a telecomunicaciones.

Tabla 24 Flujo económico ingresos y beneficios del proyecto, sin aplicar RPC

Inflación	9,28%
No. usuarios	51
No. viviendas	39

		FLUJO ECONÓMICO SIN RPC										
Beneficios	RPC	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Unidad (Número usuarios)			51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Costo unitario			\$ 1.027.869,86	\$ 1.123.256,00	\$ 1.227.495,00	\$ 1.341.407,00	\$ 1.465.890,00	\$ 1.601.925,00	\$ 1.750.583,00	\$ 1.913.037,00	\$ 2.090.567,00	\$ 2.284.572,00
Total ingresos por facturación energía	0,79		\$ 52.421.363,08	\$ 57.286.056,00	\$ 62.602.245,00	\$ 68.411.757,00	\$ 74.760.390,00	\$ 81.698.175,00	\$ 89.279.733,00	\$ 97.564.887,00	\$ 106.618.917,00	\$ 116.513.172,00
Préstamo	0,80		\$ -									
Ingreso subsidio último trimestre	0,79											\$ -
Unidad (Número empleos)		22	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Costo unitario		\$ 3.176.179	\$ 8.188.518	\$ 8.948.412	\$ 9.778.825	\$ 10.686.300	\$ 11.677.989	\$ 12.761.706	\$ 13.945.992	\$ 15.240.180	\$ 16.654.469	\$ 18.200.004
Generación de empleo	1,00	\$ 69.875.938	\$ 24.565.554	\$ 26.845.236	\$ 29.336.475	\$ 32.058.900	\$ 35.033.967	\$ 38.285.118	\$ 41.837.976	\$ 45.720.540	\$ 49.963.407	\$ 54.600.012
Consumo anual energía / usuario			913	913	913	913	913	913	913	913	913	913
Unidad (Ton CO2)			61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Costo unitario			\$ 191.074	\$ 208.806	\$ 228.183	\$ 249.358	\$ 272.498	\$ 297.786	\$ 325.421	\$ 355.620	\$ 388.622	\$ 424.686
Reducción de emisiones de CO2	0,80		\$ 11.655.514	\$ 12.737.166	\$ 13.919.163	\$ 15.210.838	\$ 16.622.378	\$ 18.164.946	\$ 19.850.681	\$ 21.692.820	\$ 23.705.942	\$ 25.905.846
Unidad (Número usuarios)			51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Costo unitario			\$ 335.892	\$ 367.063	\$ 401.126	\$ 438.350	\$ 479.029	\$ 523.483	\$ 572.062	\$ 625.149	\$ 683.163	\$ 746.561
Reducción de consumo de sustitutos energéticos	0,79		\$ 17.130.492	\$ 18.720.213	\$ 20.457.426	\$ 22.355.850	\$ 24.430.479	\$ 26.697.633	\$ 29.175.162	\$ 31.882.599	\$ 34.841.313	\$ 38.074.611
Unidad (Número viviendas)			39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
Costo unitario			\$ 2.449.976	\$ 2.677.334	\$ 2.925.791	\$ 3.197.304	\$ 3.494.014	\$ 3.818.258	\$ 4.172.592	\$ 4.559.809	\$ 4.982.959	\$ 5.445.378
Incremento en la productividad	1,00		\$ 95.549.064	\$ 104.416.026	\$ 114.105.849	\$ 124.694.856	\$ 136.266.546	\$ 148.912.062	\$ 162.731.088	\$ 177.832.551	\$ 194.335.401	\$ 212.369.742
Valor de salvamento	0,79											\$ 2.013.972.591
Total Beneficios		\$ 69.875.938	\$ 201.321.987	\$ 220.004.697	\$ 240.421.158	\$ 262.732.201	\$ 287.113.760	\$ 313.757.934	\$ 342.874.640	\$ 374.693.397	\$ 409.464.980	\$ 2.461.435.974
Costos												
Inversión												
Materiales	0,79	\$ 1.381.959.902										
Equipo y herramienta	0,77	\$ 10.537.876										
Transporte	0,80	\$ 35.940.504										
Mano de obra calificada	1,00	\$ 39.025.343										
Mano de obra no calificada	0,60	\$ 30.850.603										
Interventoría	1,00	\$ 127.786.101										
Administración General	1,00	\$ 89.981.669										
Fiducia	0,80	\$ 77.701.478										
Rubro contingente	1,00	\$ 122.598.149										
Capacitación	0,80	\$ 21.134.691										
Poliza contribuyente	1,00	\$ 17.160.820										
Plan de manejo ambiental	0,80	\$ 3.600.300										
Gravamen Movimientos Financieros (GMF 4X1000)	0,80	\$ 7.833.110										
Total Inversión		\$ 1.966.110.546										
Administración (Mano de obra calificada)	1,00		\$ 22.263.438	\$ 24.329.499	\$ 26.587.269	\$ 29.054.547	\$ 31.750.815	\$ 34.697.289	\$ 37.917.174	\$ 41.435.868	\$ 45.281.115	\$ 49.483.209
Comercialización (Servicio de venta y distribución)	0,80		\$ 6.121.275	\$ 6.689.313	\$ 7.310.085	\$ 7.988.436	\$ 8.729.772	\$ 9.539.907	\$ 10.425.216	\$ 11.392.686	\$ 12.449.916	\$ 13.605.270
Mantenimiento (Maquinaria y equipo)	0,71		\$ 19.126.173	\$ 20.901.075	\$ 22.840.707	\$ 24.960.318	\$ 27.276.636	\$ 29.807.919	\$ 32.574.108	\$ 35.596.980	\$ 38.900.403	\$ 42.510.336
Abono préstamo	0,80		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -					
Intereses de financiación	0,80		\$ 1.050.364	\$ 787.773	\$ 525.182	\$ 262.591						
Disposición de baterías (Mano de obra calificada)	1,00											\$ 18.217.399
Total Costos		\$ 1.966.110.546	\$ 48.561.250	\$ 52.707.660	\$ 57.263.243	\$ 62.265.892	\$ 67.757.223	\$ 74.045.115	\$ 80.916.498	\$ 88.425.534	\$ 96.631.434	\$ 123.816.214
Utilidad		-\$ 1.896.234.608	\$ 152.760.737	\$ 167.297.037	\$ 183.157.915	\$ 200.466.309	\$ 219.356.537	\$ 239.712.819	\$ 261.958.142	\$ 286.267.863	\$ 312.833.546	\$ 2.337.619.760

Tabla 25 Flujo económico ingresos y beneficios del proyecto aplicando RPC

FLUJO SOCIO-ECONÓMICO CON RPC											
ÍTEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
BENEFICIOS											
Venta de energía eléctrica		\$ 41.412.876,83	\$ 45.255.984,24	\$ 49.455.773,55	\$ 54.045.288,03	\$ 59.060.708,10	\$ 64.541.558,25	\$ 70.530.989,07	\$ 77.076.260,73	\$ 84.228.944,43	\$ 92.045.405,88
Préstamo		\$ -									\$ -
Ingreso subsidio último trimestre											\$ -
Generación de empleo	\$ 69.875.938,00	\$ 24.565.554,00	\$ 26.845.236,00	\$ 29.336.475,00	\$ 32.058.900,00	\$ 35.033.967,00	\$ 38.285.118,00	\$ 41.837.976,00	\$ 45.720.540,00	\$ 49.963.407,00	\$ 54.600.012,00
Reducción de emisiones de CO ₂		\$ 9.324.411,20	\$ 10.189.732,80	\$ 11.135.330,40	\$ 12.168.670,40	\$ 13.297.902,40	\$ 14.531.956,80	\$ 15.880.544,80	\$ 17.354.256,00	\$ 18.964.753,60	\$ 20.724.676,80
Reducción de consumo de sustitutos energéticos		\$ 13.533.088,68	\$ 14.788.968,27	\$ 16.161.366,54	\$ 17.661.121,50	\$ 19.300.078,41	\$ 21.091.130,07	\$ 23.048.377,98	\$ 25.187.253,21	\$ 27.524.637,27	\$ 30.078.942,69
Incremento en la productividad		\$ 95.549.064,00	\$ 104.416.026,00	\$ 114.105.849,00	\$ 124.694.856,00	\$ 136.266.546,00	\$ 148.912.062,00	\$ 162.731.088,00	\$ 177.832.551,00	\$ 194.335.401,00	\$ 212.369.742,00
Valor de salvamento											\$ 1.591.038.346,89
TOTAL BENEFICIOS	\$ 69.875.938,00	\$ 184.384.994,71	\$ 201.495.947,31	\$ 220.194.794,49	\$ 240.628.835,93	\$ 262.959.201,91	\$ 287.361.825,12	\$ 314.028.975,85	\$ 343.170.860,94	\$ 375.017.143,30	\$ 2.000.857.126,26
COSTOS											
Inversión	\$ 1.631.892.997,30										
Administración (Mano de obra calificada)		\$ 22.263.438,00	\$ 24.329.499,00	\$ 26.587.269,00	\$ 29.054.547,00	\$ 31.750.815,00	\$ 34.697.289,00	\$ 37.917.174,00	\$ 41.435.868,00	\$ 45.281.115,00	\$ 49.483.209,00
Comercialización (Servicio de venta y distribución)		\$ 4.897.020,00	\$ 5.351.450,40	\$ 5.848.068,00	\$ 6.390.748,80	\$ 6.983.817,60	\$ 7.631.925,60	\$ 8.340.172,80	\$ 9.114.148,80	\$ 9.959.932,80	\$ 10.884.216,00
Mantenimiento (Maquinaria y equipo)		\$ 13.579.582,83	\$ 14.839.763,25	\$ 16.216.901,97	\$ 17.721.825,78	\$ 19.366.411,56	\$ 21.163.622,49	\$ 23.127.616,68	\$ 25.273.855,80	\$ 27.619.286,13	\$ 30.182.338,56
Abono préstamo		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -					
Intereses de financiación		\$ 840.291,20	\$ 630.218,40	\$ 420.145,60	\$ 210.072,80						
Disposición de baterías (Mano de obra calificada)											\$ 18.217.399,00
Reposición											
TOTAL COSTOS	\$ 1.631.892.997,30	\$ 41.580.332,03	\$ 45.150.931,05	\$ 49.072.384,57	\$ 53.377.194,38	\$ 58.101.044,16	\$ 63.492.837,09	\$ 69.384.963,48	\$ 75.823.872,60	\$ 82.860.333,93	\$ 108.767.162,56
UTILIDAD	-\$ 1.562.017.059,30	\$ 142.804.662,68	\$ 156.345.016,26	\$ 171.122.409,92	\$ 187.251.641,55	\$ 204.858.157,75	\$ 223.868.988,03	\$ 244.644.012,37	\$ 267.346.988,34	\$ 292.156.809,37	\$ 1.892.089.963,70
-\$ 1.562.017.059,30		\$ 159.819.440,71	\$ 174.650.711,31	\$ 190.858.319,49	\$ 208.569.935,93	\$ 227.925.234,91	\$ 249.076.707,12	\$ 272.190.999,85	\$ 297.450.320,94	\$ 325.053.736,30	\$ 1.946.257.114,26
Tasa de Descuento	11,64%										
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 130.195.474										
Tasa Interna de Retorno (TIR)	13,0%										
Razón Beneficio Costo (RBC)	1,07										
SIN TENER EN CUENTA LA INVERSIÓN											
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 1.692.212.533										
Tasa Interna de Retorno (TIR)	NA										
Razón Beneficio Costo (RBC)	5,98										
SIN TENER EN CUENTA LOS COSTOS DEL AÑO 1 AL 10 (ESCENARIO PROYECTO TIPO)											
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 832.698.888										
Tasa Interna de Retorno (TIR)	14,4%										
Razón Beneficio Costo (RBC)	1,51										