



INSTALACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS TAREAS DE BENEFICIO DE CAFÉ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DEL COPEY.



INSTALACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS TAREAS DE BENEFICIO DE CAFÉ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DEL COPEY.

ESTADO DEL PROYECTO

Perfil

FORMULADOR:

Ing. Jaime L. Murgas Bornachelly

Especialista en Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública y Privada

Candidato a Magister en Gestión de la Tecnología y la Innovación

EQUIPO DE APOYO

Maria Camila Cuello

Ingeniera de Minas

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO DEL CESAR PERS CESAR

UPME

IPSE

SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR

GOBERNACIÓN DEL CESAR

Valledupar – Cesar

2019

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. FICHA RESUMEN	5
2. RESUMEN DEL PROYECTO	6
3. IDENTIFICACIÓN	7
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	7
3.1.1. Diagnóstico del Área de Influencia del Proyecto	9
3.1.2. Diagnóstico de Participantes	21
3.2. MARCO DE REFERENCIA	27
3.2.1. Contribución a la Política Pública	27
3.2.2. Antecedentes	29
3.2.3 Marco Teórico	30
4. PROBLEMA CENTRAL, CAUSAS Y EFECTOS	34
5. IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	35
5.1. NOMBRE DE LA ALTERNATIVA	35
5.1.1. Recursos Disponibles	35
5.1.2. Metodología de Selección de Alternativas	36
5.2. RESUMEN DE LA ALTERNATIVA	55
5.2.1 Descripción Técnica de la Alternativa	55
5.2.2. Matriz de Costo de Transporte	56
5.2.3. Posibles Tarifas	59
5.2.4. Disponibilidad a Pagar	61
5.3. OBJETIVOS	62
5.3.1. General	62
5.3.2. Específicos	62

5.4. PRODUCTOS, ACTIVIDADES Y PERSONAL REQUERIDO	63
5.5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INNOVACIÓN PROPUESTA	63
5.6. METODOLOGIA Y DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES	64
5.7. INDICADORES DE OBJETIVO GENERAL, DE PRODUCTO Y DE GESTIÓN	65
5.8 FUENTES VERIFICACIÓN Y SUPUESTOS	67
5.9. BIENES O SERVICIOS	68
5.10. BENEFICIOS E INGRESOS	69
5.11 HORIZONTE DEL PROYECTO	69
5.12. IMPACTO ESPERADO	70
5.13. EFECTOS AMBIENTALES	71
6. ANÁLISIS DE RIESGOS	77
6.2. ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD	79
6.3 CRONOGRAMA	94
6.4 . PRESUPUESTO	94
7. BIBLIOGRAFIA	95

1. FICHA RESUMEN

Título del Proyecto:	INSTALACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS TAREAS DE BENEFICIO DE CAFÉ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DEL COPEY.	
Proponente:	Consortio PSC	
Población Objetivo:	41 Fincas Cafeteras	
Sub Región:	Sierra Nevada	
Ejecutor:	Por Definir	
Organizaciones Cooperantes:	UPME, IPSE, Gobernación del Cesar	
Departamento:	La Guajira	
Duración del Proyecto:	12 Meses	
Costo Total del Proyecto:	\$ 2.096.353.669	
Monto Solicitado:	\$ 2.096.353.669	
Monto Total Contrapartida		
Contrapartida Entidades	En Efectivo (\$)	En Especie (\$)
Gobernación del Cesar	\$ 2.096.353.669	
Otros		
Lugar de Ejecución del Proyecto:		Municipios: El Copey
	Zona Rural	Departamento: Cesar
Responsable del proyecto:		Cargo:
	Empresa/Institución:	Teléfono de Contacto:

2. RESUMEN DEL PROYECTO

La presente propuesta se centra en fortalecer la actividad productiva asociada al cultivo tradicional de café mediante procesos que permitan el mejoramiento de las actividades asociadas al despulpado de café en la parte alta del corregimiento de Chimila (El Copey) – Cesar.

La caficultura es considerada como una de las actividades principales del territorio, según el Plan de Desarrollo Municipal del municipio de Copey, “se cultiva el grano principalmente en la zona alta de la cuenca del Río Chimilla y Ariguaní, en su mayoría se encuentran sembrado a la sombra con una baja tecnificación, tal vez asociada a la escases de recursos por parte de los campesinos y las condiciones quebradas del terreno que limitan el fácil acceso a las fincas ubicadas en cotas que van desde los 1.300 – 1.800 m.s.n.m.

En esta localidad se cultiva mayoritariamente café orgánico de las variedades castillo y caturra, sin ningún tipo de transformación. La importancia de agregar valor al grano, se encuentra justificada en sus cualidades únicas y las prácticas tradicionales de cultivo, que garanticen su sostenibilidad ambiental.

En sí, esta iniciativa pretende beneficiar 41 familias caficultoras, calificadas como víctimas del conflicto armado que se encuentran diseminadas entre las veredas La Puya - Altos Corazones en zona rural del municipio, las cuales no gozan del acceso al servicio de energía eléctrica.

1. IDENTIFICACIÓN

3.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Según la Federación Nacional de Cafeteros, la caficultura se constituye en la principal actividad económica, que genera unos 800 mil empleos directos, suceso que equivale al 28 % del total de la ocupación generada en todo el campo”¹. Estos indicadores no solo resaltan la importancia social y económica de la actividad, sino que evidencian una fuente sostenida de ingresos para los campesinos, suceso que repercute directamente para el sostenimiento del tejido social, la consecución de la paz, el desarrollo rural y el mejoramiento de calidad de vida en las zonas rurales en más de 590 municipios del país.

El departamento del Cesar, no es ajeno a esta tendencia, dada las costumbres ascentrales de sus pobladores, en las estribaciones de la Sierra Nevada y la Serranía del Perijá predomina el cultivo del café, el cual es comercializado en su mayoría sin ningún tipo de transformación (café pergamino) a las cooperativas mayoristas que hacen presencia en la región. Vale la pena resaltar que el sector agrícola involucra la ocupación de personas tanto a nivel rural como agroindustrial (7.5% de los empleos del sector están relacionadas con actividades agroindustriales) y del total de empleos generados por la agricultura, más del 50% se derivan exclusivamente del café y la producción de carne.”².

En el escenario local, en el pasado se suscitaron desplazamientos forzados que ocasionaron en el envejecimiento y pérdida en los cafetales, con la recuperación de las condiciones de seguridad por parte los organismos del Estado, se ha venido originado la recuperación de las fincas. Sin embargo, la poca disponibilidad de recursos económicos y la ausencia de una oferta energética no permite el desarrollo de esta cadena productiva en la zona alta del municipio del Copey.

Según la exploración realizada en terreno, alrededor de 41 familias obtiene su sustento del cultivo de café, sin embargo, sus bajos ingresos económicos limitan la ampliación en

¹ **FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS (2017)**. Informe del Gerente General. “Avancemos por la Estrategia de la Rentabilidad del Caficultor”. 80 Congreso Nacional de Cafeteros.

² **GOBERNACION DEL CESAR**. Plan Estratégico Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación del Departamento del Cesar.



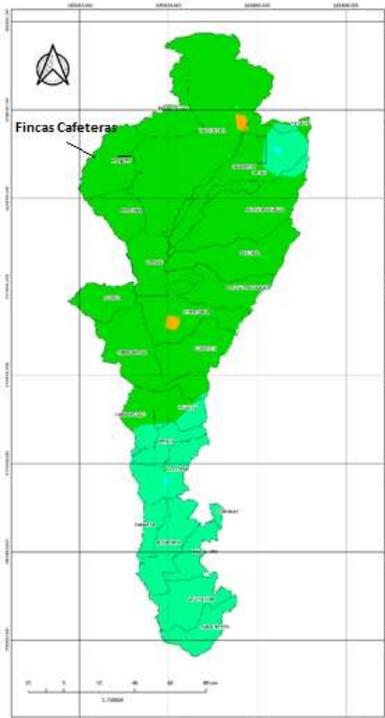
la cantidad de hectáreas cultivadas, la tecnificación del beneficio o el procesamiento futuro del grano. Igualmente no existen condiciones adecuada para el riego de los cultivos.

(Ver Anexo 1. Documento Técnico - Árbol de Problemas).

3.1.1. Diagnóstico del Área Influenciada del Proyecto

El área de influencia del proyecto se encuentra ubicada en la subregión natural de Sierra Nevada), entre las veredas la Puya y Altos Corazones. En esta zona montañosa los campesinos miembros de la Asociación de Productores de Café Local cuentan con una extensión aproximada de cultivos de café 838 hectáreas. Estos suelos de aptitud media presentan una topografía quebrada que van desde los 1.000 – 1800 msnm, con una temperatura media de 20°C. La fertilidad de esta zona está influenciada por la cuenca del Río Chimilla. El siguiente mapa, muestra el área de ubicación del proyecto:

Mapa 1. Ubicación del Área de Incidencia del Proyecto



Equipo Pers Cesar. 2018.

Las comunidades asentadas en este territorio se encuentran dispersas ocasionados por las características del terreno, la extensión de los cultivos, las difíciles condiciones de acceso y la amplitud de la zona montañosa de las estribaciones de la Sierra Nevada (Fotografía 1).

En el territorio también se practican en menor proporción la agricultura varios productos como el maíz, plátano, caña, aguacate, yuca y frutales. Así como el desarrollo a menor escala de las actividades asociada a la cría de ganado vacuno, la avicultura y la acuicultura. Este territorio es reconocido dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial como una “**Área de Economía Campesina**”³.

Fotografía 1. Vista Típica Finca Cafetera de la Zona



Fuente: Diario El Herald. 2018.

- Población

El proyecto pretende beneficiar a 41 caficultores asentados en zona rural del municipio del Copey. Esta población debe transportarse en muchos casos varias horas de camino a lomo de mula para sacar sus cosechas o subir los suministros a cada uno de sus espacios de residencia.

- **Población Afectada en el Territorio:** 110 Familias Caficultoras según datos suministrados por campesinos de la zona.
- **Población Objetivo del Proyecto:** 41 Familias Caficultoras.

³ Alcaldía Municipal del Copey. Esquema de Ordenamiento Territorial. 2001.

Tabla 1.

Matriz de Identificación Poblacional

Centros Poblados	No. Familias	Distancia Aprox. (Cabecera)	Hectáreas Cultivadas de Café	# Hectareas Posibles de Intervención	Condiciones de Acceso	Suministro de Agua	Riesgos	Servicios Complementarios
Veredas La Puya – Altos Corazones	41	20 Kms Corregimiento de Chimila	N.E	N.E	Vía Destapada.	Existen varias quebradas y afluentes del Río Chimila que baja de la parte alta de la montaña.	Leve deslizamiento de tierra e inundaciones en las zonas bajas alejadas de las áreas de cultivo de producción de café.	Cuenta con una sola escuela de primaria.



- **Características Socioeconómicas de la Población**

Las familias ubicadas en la zona alta del corregimiento de chimilla (El Copey), en su mayoría son campesinos que se dedican principalmente a las labores asociadas al cultivo de café. Dado la baja tecnificación de las tareas de cultivo y la inexistencia de servicios que propicien el desarrollo de la actividad productiva, los ingresos percibidos por sus habitantes son relativamente bajos.

Generalmente en las fincas existen otras actividades que permiten en cierta medida suplir algunas necesidades asociadas a los esquemas de seguridad alimentaria como el cultivo de frutales, caña, maíz, entre otros.

En la actualidad, la Federación Nacional de Cafeteros viene realizando la renovación de cafetales, sin embargo, esta labor viene generando un impacto poco significativo, debido a su baja cobertura (1 ha/usuario). Además, no se dispone de plantas de procesamiento que permitan agregar valor al grano para su posterior comercialización.

- **Esquema Organizativo**

La mayoría de los productores de la zona, pertenecen a la Asociación de Caficultores y de Productores Agropecuarios del Copey (ASOCAPROAC), identificados con el NIT: 901085362-4, cuyo representante legal se encuentra a cargo del Sr. Gustavo Lozano. (Ver Tabla 2). A mediano plazo se tiene planteando la posibilidad de crear una organización que realice la administración de los equipos y los mantenimientos del sistema de generación que se vayan a instalar.

Tabla 2. Datos de Contacto Líder Comunitario

Nombres y Apellidos	Zona	Profesión	Teléfono
Gustavo Lozano	Corregimiento de Chimilla	N.E	311 726 74 50

- Esquema Productivo

El café necesita condiciones climáticas específicas para su producción, como condiciones de suelo, temperatura, precipitación atmosférica y altitud sobre el nivel del mar. Las condiciones ideales para el cultivo se encuentran entre los 1.200 y 1.800 metros de altura sobre el nivel del mar, con temperaturas templadas que oscilan entre los 17 y los 23 grados centígrados y con precipitaciones cercanas a los 2.000 milímetros anuales, bien distribuidos a lo largo del año.

Tal como se había expresado anteriormente en la zona alta del corregimiento de chimila se cultiva café de las variedades Castillo y Caturra, donde en su mayoría se siembra en forma tradicional, en “sistemas agroforestales bajo sombra”⁴ entre 2000 – 2500 plantas/ha con un nivel de rendimiento anual estimado de 500 Kgs de café pergamino seco por hectárea, en una sola cosecha al año que entre los meses de Noviembre – Enero.

El bajo rendimiento es causado por el envejecimiento de los cafetales. En condiciones normales, una hectárea de café tecnificado puede generar niveles de rendimiento de hasta 1000 Kgs.

Normalmente, se denomina beneficio al conjunto de operaciones que se realizan para transformar el café uva en pergamino seco, conservando la calidad del café,

⁴ En estos sistemas se utilizan árboles para proporcionar diferentes niveles de sombrío dependiendo de la especie y el arreglo espacial. Se emplean principalmente en zonas con limitaciones para un adecuado desarrollo del cultivo, por condiciones climáticas o de suelos por la presencia de períodos secos prolongados o de suelos con limitaciones físicas.

cumpliendo con las normas de comercialización, evitando pérdidas del grano y eliminando procesos innecesarios, aprovechando los subproductos que se generen con el fin de incrementar el ingreso económico al caficultor y minimizando la contaminación del ambiente.

En realidad, el proceso de beneficio del café, se puede resumir en seis etapas:

- **Recolección o cosecha:** el café en la zona, se recolecta una vez al año entre los meses de Octubre y Febrero. Las cerezas son recolectadas para ser remojadas con el fin de quitarles las capas protectoras del grano.
-
- **Despulpado.** Rápidamente después de la recolección, se procede a despulpar el café, esta etapa consiste en abrir los frutos y limpiarlos para obtener los granos de café. Los productores de la región usan cada uno en sus fincas una despulpadora manual para quitar la cereza del grano, el agua es el principal factor usado en esta etapa. De este proceso, se genera como subproducto la cascarilla de café, que viene siendo utilizado como insumo para la elaboración de abonos.
- **Fermentación.** posteriormente se retira el mucílago o capa viscosa del grano (mesocarpio) por medio de la fermentación del grano en tanques de fermentación o piscinas. La fermentación puede durar de 12 a 20 horas, dependiendo de las siguientes variables:
 - La temperatura del lugar: el mayor tiempo de la fermentación se requiere en las zonas más frías.
 - La altura de la masa de café en el tanque de fermentación: a mayor altura de la capa de café, es menor el tiempo de fermentación.

- El uso de agua
- El grado de madurez del café.
- La cantidad de mucílago en el grano.

En esta etapa es conveniente evitar que el café se sobre fermente, o no se fermente suficiente, porque pierde calidad el grano.

- **Lavado:** una vez finalizado el proceso de fermentación, comienza el lavado del grano, cuyo objetivo es eliminar totalmente el mucílago del grano o la capa viscosa. De esta forma, al separar rápidamente la pulpa y el mucílago del grano de café, y lavarlo, se evita la aparición posterior de sabores defectuosos, el lavado se realiza en los mismos tanques o piscina donde se fermenta el grano.
- **Secado:** en esta etapa, se extiende el café para su secado hasta 11- 12% de humedad. Tradicionalmente se seca al sol en secadores parabólicos o bajo techo, donde regularmente se remueve el café para que el secado sea uniforme. Un secado homogéneo y constante es primordial para lograr una buena calidad del café. El grano seco, se le denomina café pergamino, puesto que al grano lo cubre una capa amarilla llamada por este nombre.
- **Selección y Almacenamiento:** después del secado, se realiza un proceso manual de selección a mano del café. Este proceso permite de eliminar todos los granos del café que tienen defectos. Al ojo se debe elegir grano por grano e identificar aquellos que aún presentan defectos: manchas, raspaduras, pequeñas perforaciones o deformidades.



- En relación con su almacenamiento, se ensaca el café en costales limpios (50 - 60 Kgs), y se pesa cada costal registrando el peso total entregado por cada productor. Se almacena temporalmente en lugares secos y bien ventilados sobre tarimas de madera.

Figura 1. Flujograma Procesamiento Café Pergamino Seco



Fuente: Equipo de Investigación PERS. 2018.



Esquema de Comercialización.

La mayor parte de la producción generada por cada familia de la zona, es entregada es vendida a la Cooperativa de Caficultores de la Costa (Caficosta).

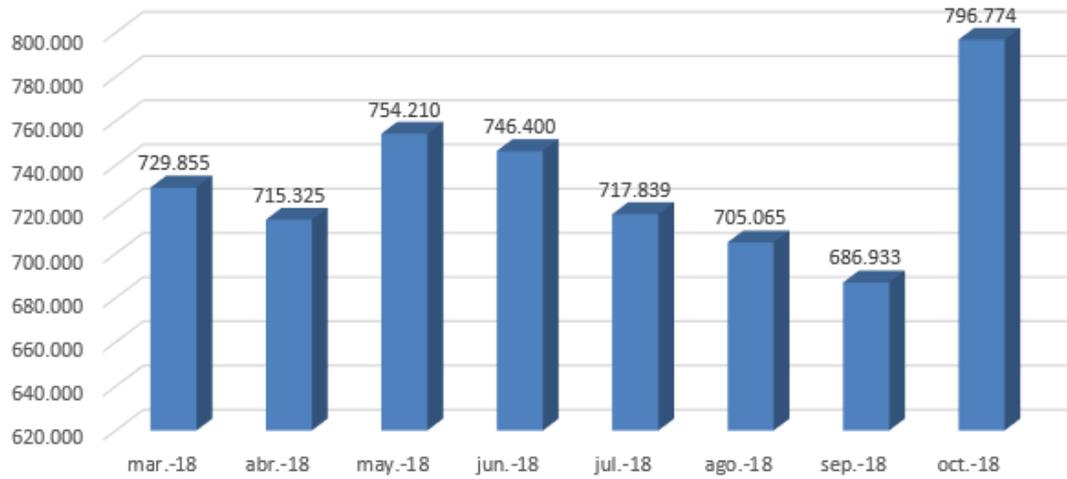
- Esquema de Precios:

“Los precios del café en el escenario regional presentan un patrón variable a la largo del año, según el análisis realizado por la Federación Nacional de Cafeteros.

El precio de referencia es determinado por los comités departamentales de cafeteros, según los análisis realizados en función del consumo interno. En estos momentos, el precio base de compra promedio de café (Nov/2018), es de “\$ 782.750 M/L”⁵. La siguiente figura muestra la variación promedio de peso de carga (125 Kgs) de café pergamino seco durante el último año:

⁵ Federación Nacional de Cafeteros. Boletín de Precios Interno Base de Compra de Café Colombiano. Nov. 2018. Precio de Referencia en Valledupar.

Figura 2. Variación de Precios Carga de Café Pergamino (125 Kgs)



Fuente: Federación Nacional de Cafeteros. 2018.

3.1.2. Diagnóstico de los Participantes

Participante	Posición	Tipo de Contribución	Experiencia Previa
Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)	Cooperante	Asistencia Técnica	Esta entidad tiene una amplia experiencia en el proceso de evaluación de proyectos de desarrollo energético en el territorio nacional.
Gobernación del Cesar. Secretaría de Agricultura	Cooperante	Recursos de Cofinanciación	Dependencia encargada del desarrollo del sector agrícola en el departamento.
Alcaldía Municipal del Copey	Cooperante	Entidad Territorial que tiene entre sus funciones brindar solución a las necesidades que repercutan el desarrollo económico y social del municipio.	Asignar recursos públicos dependiendo de la disponibilidad presupuestal
Pequeños Caficultores Zona Rural del municipio.	Beneficiario	Recurso Humano	Participar activamente durante la ejecución de la propuesta.

3.1.1. Descripción del Servicio:

Según la investigación realizada en terreno, en la zona no existe una oferta significativa de equipos de energización. Algunos equipos electrógenos son utilizados a menor escala para el bombeo de agua en las fincas ubicada en la parte baja de la montaña.

La principal necesidad energética estará asociada a mecanizar las tareas de despulpado del café en 38 fincas cafeteras. Por otro lado, según datos obtenidos a partir de la Resolución MME 180961 del 2004 y tomando como referencia algunos estudios realizados sobre la energización de ZNI a partir de Energía Eólica y Solar en Colombia, se tiene en consideración la relación de demanda promedio de consumo y la cantidad de habitantes por cada centro poblado así:

Tabla 3. Demanda Energética por Tipo de Centro Poblado

Descripción	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
# Usuarios	0 - 50	51 - 150	151 - 300	301 - 500
Horas diarias de servicio	4	5	8	10
KW/usuario	0,28	0,3	0,32	0,34
Usuarios para Estimado de Potencia de Demanda	50	150	300	500
Potencia promedio por centro poblado (Kw)	14	45	96	170
Demanda diaria por centro poblado (Kw-h)	56	225	768	1700

Fuente: Esteve M, Universidad Pontificia Javeriana. 2011.

Tomado como referencia esta información, los sistemas a instalar serian del tipo 1.



3.1.4 Análisis del Mercado

- Estimación de la Demanda

El análisis de la demanda es un aspecto importante el diseño e instalación de cualquier solución energética. Sus resultados deben aportar el consumo actual de la población a la que se desea suministrar energía, proyectar la demanda durante un periodo de tiempo según la necesidad.

Dado que el proyecto se encuentra ubicado en una ZNI, no resulta posible aplicar los métodos tradicionales para la estimación de la demanda como la extrapolación de datos o la aplicación de los modelos econométricos de series de tiempo.

Por tanto, se puede utilizar otras técnicas para estimación basada en datos poblacionales, el número de viviendas, el comportamiento del ciclo productivo o la capacidad posible a instalar. Al no existir datos históricos, se puede estimar la demanda actual con base a la potencia de consumo posible de los equipos a utilizar, es decir la demanda máxima de consumo diario.

La siguiente tabla muestra el potencial de consumo diario (cuadro de cargas) considerado para la operación de la despulpadora, incluyendo la carga requerida por la vivienda de una típica finca cafetera.

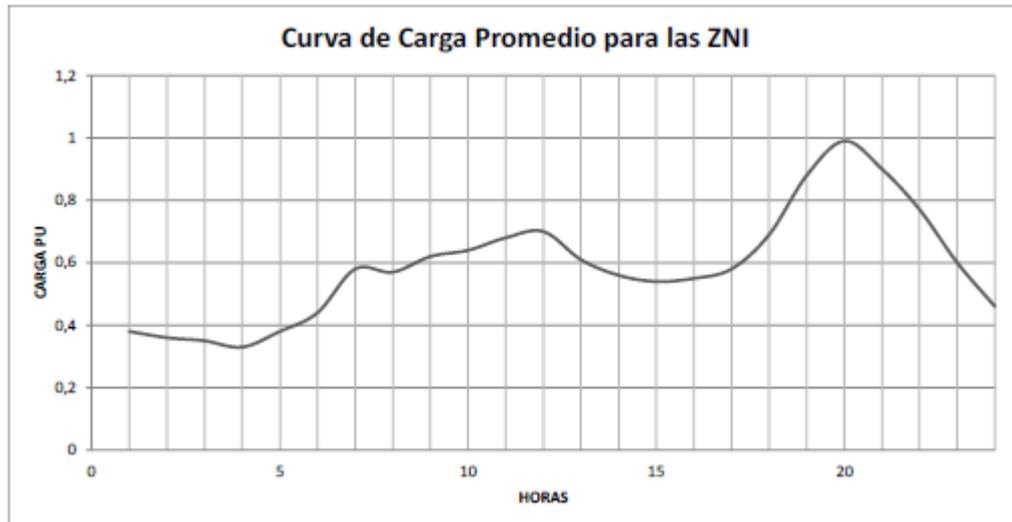
Tabla 4. Estimación Demanda de Consumo Promedio

Equipos	No. de Equipos Simultáneos	Potencia	Tiempo h/día	Consumo (Wh/día)
Lámparas	5	100	5	2500
Despulpadora	1	596	7	4172
TV	1	100	5	500
Radio	1	80	4	320
Celular	2	10	4	80
Licuidora	1	400	0,17	68
Total Consumo Wh/día				7640

Fuente: Equipo Investigador PERS –Cesar. 2018.

Sin embargo, esta técnica sólo tiene en cuenta el consumo promedio de los equipos a instalar en relación con sus horas de funcionamiento, sin considerar la simultaneidad de los equipos de consumo. En tal caso, el perfil de carga puede variar durante el día según las recomendaciones dado por la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), en el documento 037 de 2005, en él se muestra la curva típica de consumo de potencia en ZNI durante un día completo (Figura 3).

Figura 3. Perfil de demanda promedio (en p.u) para ZNI



Fuente: CREG. Documento 037 del 2005.

La curva de carga establece valores por unidad (p.u) y cada valor en p.u corresponde a una hora específica del día. El valor en p.u de cada hora equivale al porcentaje de uso del valor total de carga instalada en un instante de tiempo. La curva indica baja actividad en horas de la mañana y tiene un crecimiento en el porcentaje de uso en horas de la tarde y la noche, teniendo su mayor incremento entre las 20:00 y 21:00 horas.

Otro método de cálculo, utiliza como base la variación del consumo de los equipos durante su funcionamiento a largo de un día completo. Para esto se tiene en cuenta la información de datos tomados a partir de los dataloggers usados en el PERS Nariño⁶. La Figura No. 4. representa el comportamiento posible de la demanda que tendrá el consumo de los equipos durante un día completo en las fincas cafeteras.

⁶ VILLOTA, Jonathan. Simulación de Sistemas Híbridos para la Generación de Energía Eléctrica en ZNI utilizando la Herramienta Computacional HOMER. Borrador Documento Guía. Bogotá. Abril del 2015.



3.2 MARCO DE REFERENCIA

3.2.1. Contribución a la Política Pública

Esta propuesta se encuentra alineada con las directrices actuales del plan de desarrollo nacional 2014-2018 que tiene como línea estratégica ampliar la cobertura y la generación de energía eléctrica para todos los colombianos. Tal como se menciona en el numeral d) del objetivo Estratégico No 5. Consolidar el desarrollo minero-energético para la equidad regional:

“En las zonas no interconectadas y en zonas de difícil acceso se implementarán sistemas de generación de energía eléctrica con un criterio de eficiencia económica, según los lineamientos del Plan de Energización de las Zonas No Interconectadas (PEZNI), dando prioridad a los proyectos contenidos en los planes de energización para estas zonas que consideren el uso productivo del recurso energético en beneficio de la comunidad”. (DNP, 2015, Pág 234).

Igualmente, en el artículo 34 de la Ley 1014 del 2017, determina que el Ministerio de Minas y Energía promoverá el desarrollo de soluciones híbridas que combinen fuentes locales de generación eléctrica con fuentes diésel y minimice el tiempo de funcionamiento de los equipos diésel en coherencia con la política de horas de prestación del servicio de energía eléctrica para ZNI.

En concordancia con esta directriz el Plan de Desarrollo Departamental (2016 – 2019), “El Camino de Desarrollo y la Paz”, reconoce la importancia de garantizar el acceso al servicio de energía eléctrica, mediante el uso de las energías renovables como insumo para el desarrollo de las actividades productivas en la zona rural.

Figura 5. Contribución a la Política Pública

Plan del PND

(2014-2018) Todos por un Nuevo País.

Programa del PND

Pilar: Equidad

Objetivo 5. Consolidar el desarrollo minero-energético para la equidad regional.

Departamental:

Plan de Desarrollo. (2016 -2019). El camino de Desarrollo y la Paz.

2.1. Más Oportunidades para el desarrollo

2.2.1 La Revolución del Campo

2.7. Desarrollo Verde

Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación del departamento del Cesar

- Retos tecnológicos para la agroindustria.

Fuente: Equipo Investigador PERS – Cesar 2018.

3.2.2. Antecedentes

En Colombia, existen numerosos trabajos e investigaciones relacionadas con la implementación de soluciones híbridas como alternativa eficaz para el suministro de energía eléctrica en zonas no interconectadas. Entre los trabajos destacables vale la pena mencionar el realizado por un grupo de investigador de la Universidad Libre liderado por el Doctor Hernán Carvajal, igualmente existen algunos otros documentos producto de diversos profesionales egresados de la facultades de ingenierías en programas de maestrías de universidades reconocidas del país. La siguiente tabla muestra como referencia algunas investigaciones realizadas:

Tabla 5. Referentes de Estudios e Investigaciones

Entidad	Título	Autores	Año
CORPOEMA UPME	Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)	Consorcio Energético Corpoema	2010
Universidad Javeriana Maestría en Gestión Ambiental	Energización de las zonas no Interconectadas a partir de las Energías Renovables Solar y Eólica	Natalia Esteve Gómez	2011
Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para zonas no interconectadas (IPSE)	Proyecto de Energización Alternativa para la Comunidad de Bunkwiwake – Sierra Nevada de Santa Marta	Equipo del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para zonas no interconectadas	2011
Unidad de Planeación Minero Energética	Integración de las Energías Renovables no Convencionales en Colombia	UPME	2015
Universidad Libre de Colombia. Maestría en Ingeniería con énfasis en Energías Alternativas	Herramienta sistematizada de análisis Técnico-Económico simplificado, para la generación fotovoltaica y eólica en las zonas no interconectadas de Colombia	Juan Carlos Carreño Perez	2016

Fuente: Compilación. Equipo Investigador PERS Cesar. 2018.



3.2.3. Marco Teórico

- Tecnologías de energía renovables

Las tecnologías de energía renovables son aquellas que transforman los flujos de energía que se presentan en la naturaleza. (UPME, CorpoEma, 2010: V.1); es decir, transforman la energía obtenida a partir de recursos renovables en otro tipo de energía útil, como por ejemplo, energía eléctrica.

- Configuraciones de sistemas de generación

-Aislado (fuera de red): sistema de generación cuya potencia es del orden de W, generalmente se implementa para suplir la demanda energética de una vivienda.

-Minired: sistema de generación cuya potencia es del orden de 10^3 a 10^5 W, generalmente se implementa para suplir la demanda de un conjunto de viviendas o pequeño centro poblado, eléctricamente conectados por una red pequeña o local.

-Conectado a red: sistema de generación cuya potencia es del orden de MW, se implementa para generar energía que es entregada a la red de distribución eléctrica (Ej. Energía entregada al SIN)

-Energía solar

La energía solar es transportada por las ondas electromagnéticas que proviene del sol. La emisión de energía desde la superficie del sol se denomina radiación solar; y a la energía emitida, energía radiante. La energía radiante que incide sobre la superficie terrestre por unidad de área (irradiación o insolación), se mide en kWh/m²; y la potencia radiante que incide sobre la superficie terrestre por unidad de área (irradiancia), se mide en kW/m².

La radiación solar que incide sobre la Tierra tiene componentes directa, radiación que incide sobre la Tierra desde el sol, sin cambiar de dirección; y difusa, radiación que es dispersada en todas las direcciones debido a la presencia de moléculas y partículas; la radiación global es la suma de la componentes directa y difusa.

Existen diferentes formas de aprovechamiento de la energía solar:

-Energía Solar Fotovoltaica: aprovechamiento de la radiación solar para la generación de energía eléctrica.

-Energía Solar Térmica: aprovechamiento del calor solar para calentar un fluido (típicamente agua y aire). La energía solar en forma de calor es absorbida por un panel solar térmico o colector, y transferida al fluido para elevar su temperatura. Los usos más comunes son para calentar agua, climatización y calefacción; también es posible generar energía eléctrica a través evaporación del fluido mediante su calentamiento y haciendo que este mueva una turbina.

Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que generan energía eléctrica mediante el efecto Fotoeléctrico; los fotones (partículas de luz) que provienen de la radiación solar, inciden en los módulos fotovoltaicos y liberan electrones, los cuales generan una corriente DC. Se caracterizan por su sencillez, modularidad y operatividad.

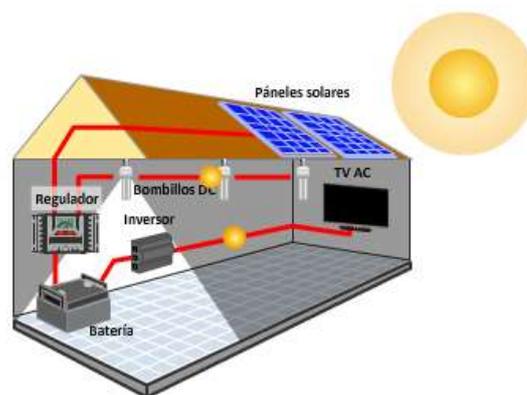
Los componentes principales de los sistemas fotovoltaicos son:

- **Módulo fotovoltaico:** componente en donde se transforma la energía de la radiación solar (energía de los fotones) en energía eléctrica; están contruidos con determinados semiconductores basados principalmente en silicio mono cristalino y poli cristalino.

- **Regulador de Carga:** componente encargado de proteger la batería de la sobrecarga y la sobre descarga.
- **Batería:** componente encargado de almacenar la energía producida en los módulos.
- **Carga:** consumos o cargas que el sistema debe satisfacer (demanda energética), puede se DC o AC.

Los módulos fotovoltaicos tienen una potencia nominal, el Vatio Pico (Wp); que corresponde a la potencia máxima que puede generar dicho módulo, a 25°C de temperatura y con una irradiación de 1kW/m². Su producción de corriente eléctrica a un voltaje dado (fijo para el panel) varía con la temperatura, lo cual especifica el fabricante del panel en la forma de curvas de potencia.

Figura 6. Esquema del Funcionamiento SFV



Fuente: Aprottec. 2018.



4. PROBLEMA CENTRAL, CAUSAS Y EFECTOS

Problema Central:

- Deficiente oferta energética en el desarrollo de las actividades de despulpado del café asociadas al cultivo del café en la zona rural del municipio del Copey

Causas Directas:

- Ausencia de generación de energía eléctrica en la zona
- Baja tecnificación de los procesos de producción agroecológica en la zona
- Poca disponibilidad de redes hídricas para el riego de los cultivos.

Efectos Directos:

- Almacenamiento inadecuada de los productos
- Baja disponibilidad de cultivos alternativos en la zona.
- Deterioro de la fertilidad en las fincas cafeteras
- Baja productividad de la actividad productiva.

5. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVAS

5.1. NOMBRE DE LA ALTERNATIVA

Suministro de energía eléctrica con tecnología limpia para el desarrollo de la cadena productiva de café en zona rural del municipio del Copey (Cesar).

5.1.1. Alternativas Posibles

Según el mapa el Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono en Colombia (UPME, IDEAM, 2015), la Subregión por sus condiciones geográficas y climatológicas posee un buen potencial en materia de recurso solar, por tal razón se tienen en cuenta las siguientes alternativas:

Fincas Cafeteras

- Sistema Híbrido (Solar Fotovoltaico – Diesel)
- Sistema Solar Fotovoltaico

La siguiente tabla presenta los valores máximos y mínimos en relación con el recurso disponible:

Tabla 6. Valores Promedios Máximo y Mínimo Mensual

Ecoregión	Municipio	Coordenada de Referencia	Radiación Solar Promedio (Kwh/m ² /dia)	Velocidad del Viento Promedio (50m)	Velocidad del Viento Promedio (10m)
Serranía Sierra Nevada de Santa Marta	El Copey (Corregimiento de Chimila)	10° 19' 28.34" N 75° 50' 05.87 " W	5, 0 – 5.5	2 – 2.8	1,4 – 1.8

4.1.2. Metodología de Selección de Alternativas

Para este caso, se realizó el análisis de cada una de las alternativas energéticas posibles, utilizando la aplicación **Homer (Híbrid Optimization Model for Electric Renewables)** desarrollado por el laboratorio nacional de energía renovable de los Estados Unidos (*NREL*), este software es “ampliamente utilizado para la evaluación económica y ambiental de los sistemas eléctricos que utilizan fuentes de generación renovables que son comúnmente designados como sistemas híbridos. El programa identifica el sistema o la configuración del mínimo costo posible simulando su comportamiento a lo largo de un año y clasificando las soluciones en orden creciente del Costo Presente Neto (CPN), para el ciclo de vida de la instalación”⁷.

El uso de la aplicación Homer, requiere la alimentación de datos de recursos naturales (eólicos, solares, hidrológicos, etc), las cargas o curvas de consumo de los sistemas a instalar, los costos (a precios del mercado) de cada uno de los componentes, incluyendo costos de reemplazo, mantenimiento y operación.

- Configuración General del Sistema

Alternativa (1). Sistema Híbrido (Solar – Diésel): considera el uso combinado de dos o más tecnologías en función de los recursos disponibles en la zona.

Alternativa (2). Sistema Solar: considera el uso sólo de los paneles fotovoltaicos.

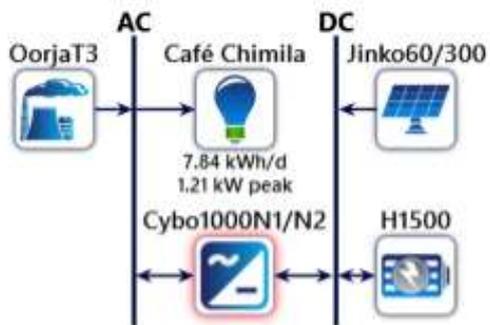
⁷ CASAROTTO, C.F. “Evaluación de Sistemas Híbridos para la Electrificación de Zonas Remotas mediante HOMER”. Universidad Nacional de Comahue. Ponencia. Cuarto Congreso Nacional – Tercer Congreso Iberoamericano Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía – HYFUSEN . 2011.

El sistema a simular tiene los siguientes elementos:

- Paneles solares
- Equipo Electrónico
- Baterías
- Conversor DC/AC

En la siguiente figura se muestran los componentes a simular.

Figura 7. Componentes a Simular



Fuente: Homer – Energy. 2018

- Demanda de la localidad

Tomando como referencia los datos asociados al perfil total de consumo, resultados de la estimación de demanda realizada en el aparte correspondiente, se ingresaron los datos de la curva de demanda en la aplicación Homer Pro. (Figura 8).

Figura 8. Datos Ingresados Homer Pro - Perfil de Demanda



La carga es completamente AC, lo cual implica que exista un convertidor para invertir la tensión que venga de las fuentes de energía de DC. El consumo de energía promedio diario debido al perfil de carga es 7.84 kWh/d.

- Costos de los elementos a utilizar en el sistema de generación:

Se realizaron consultas de varias fuentes secundarias, principalmente de proveedores certificados en la Web con el fin de establecer los costos de los sistemas de energización a instalar, considerando su capacidad, los costos transporte, montaje, reemplazo, operación y mantenimiento. La siguiente tabla muestra el resumen de los costos considerados por cada componente:



Tabla 7. Costos Componentes (Precios en Dólares Americanos)

Componente	Tamaño	Capital (\$)	Reemplazo (\$)	O & M
Paneles Fotovoltaicos	0.300	300	300	10
Baterías Hoppecke 12 OPzS 1500	-	823	823	35
Convertidor	1	1000	1000	20
Equipo Electrónico	1.5	600	600	0.010

Fuente: Equipo Investigador PERS Cesar. 2018.

-Valores de los recursos naturales para el sistema de energización

Se ingresan a la aplicación los datos asociados a los recursos de radiación solar, de viento disponibles descargados directamente por la aplicación del portal de Power Data Access Viewer - NASA.

Figura 9. Datos Ingresados Recurso Solar



Figura 10. Datos Ingresados de Temperatura

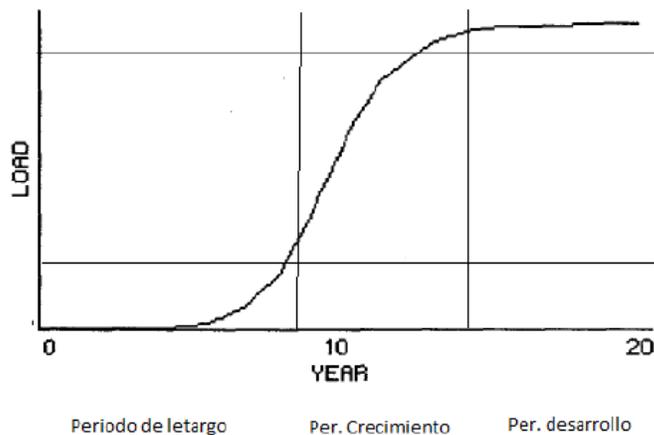


- Resultados

La ventaja de usar HOMER para determinar la mejor alternativa de energización, es que se pueden plantear escenarios. De tal forma que una solución no sea dimensionada para solucionar las necesidades inmediatas sino que permitan formular escenarios de desarrollo social, cultural y tecnológico a largo plazo, proponiendo metas de crecimiento de la demanda y del esquema productivo. Dicho de otra forma, el incremento futuro de la capacidad de producción en la zona ocasionará un mejoramiento de los ingresos permitiendo la adquisición de más bienes y servicios.

Por lo anterior, se propone el siguiente escenario: El crecimiento de la demanda de energía para zonas rurales y aisladas se comporta como un sigmoidea (Figura 11).

Figura 11. Comportamiento de la Demanda en ZNI



Fuente: Equipo Investigador PERS. 2018.

Dado que el proyecto tendrá una duración de 20 años, la demanda diaria de consumo se podría incrementar en función al acceso a nuevos servicios y usos por:

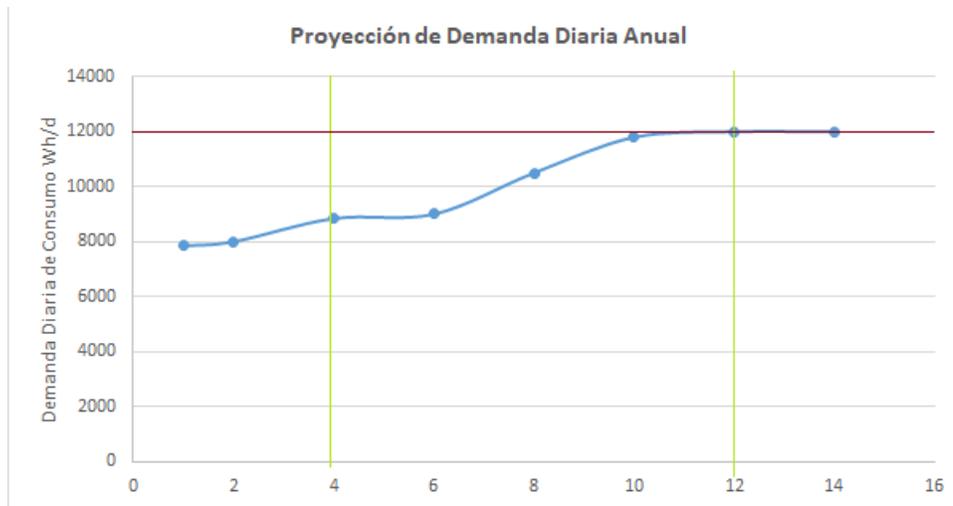
- La ampliación de los electrodomésticos utilizados en las fincas.

Dentro del esquema (Figura 12), se toma como año base la demanda diaria inicial estimada en la propuesta de 7.84 kWh/día, dado que el sistema satisface completamente los requerimientos de energía para la población objetivo y la operación normal de la despulpadora.

Entre el (4 - 10) año, sucede un periodo de aceleración, donde se considera que la población incrementará el consumo de la energía en función del aumento de su capacidad adquisitiva para la compra de bienes o servicios. Igualmente debe existir un crecimiento significativo en el número de residentes en la zona.

En la etapa final del escenario, se considera que la comunidad incluyó nuevos elementos dentro del esquema de producción (maquinas o equipos), también se asocia que existen nuevas elementos conectados al sistema, donde se considera que la demanda de energía promedio diaria podría alcanzar los

Figura 12. Proyección de Demanda Diaria por Año



Fuente: Equipo PERS Cesar. 2018.

De acuerdo al contexto anterior, se simula el conjunto posible de alternativas con HOMER, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 13. Resultados HOMER

Export...		Export All...		Sensitivity Cases									
		Architecture							Cost				
Sensitivity	Scale	inko60/300 (kW)	CorjaT3 (kW)	H1500	Cybo1000N1/N2 (kW)	Efficiency1	Dispatch	NPC (\$)	CDE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)		
Café Chimila Scaled Average (kWh/d)	12.0	4.21	1.50	6	1.35	0	LF	\$16,575	\$0,327	\$567.54	\$10,003		
	7.84	2.56	1.50	6	0.881	0	LF	\$11,916	\$0,360	\$313.93	\$8,281		

De acuerdo a los resultados de HOMER, para los dos escenarios no existe un sistema con el mismo dimensionamiento que satisfaga plenamente las necesidades de consumo. Por tanto se escoge sólo se trabajara con un escenario único con una demanda 7.84 kWh/d

Figura 14. Escenario Único. Demanda de 7.84 kWh/d

Export...		Optimization Results											
		Architecture							Cost				System
	Scale	inko60/300 (kW)	CorjaT3 (kW)	H1500	Cybo1000N1/N2 (kW)	Efficiency1	Dispatch	NPC (\$)	CDE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren. Frac. (%)	
	7.84	2.56	1.50	6	0.881	0	LF	\$11,916	\$0,360	\$313.93	\$8,281	98.9	
	12.0	2.10	1.50	12	0.899	0	CC	\$10,051	-\$0,545	\$503.59	\$12,219	100	
	12.5	12.5	1.50		0.875	0	CC	\$89,635	\$2.70	\$6,600	\$12,274	0	
			1.50	18	0.0181	0	LF	\$102,966	\$3.11	\$7,560	\$15,423	0	
			1.50			0	CC	\$129,218	\$3.90	\$11,107	\$600.00	0	

Alternativa 1. Sistema Híbrido (Solar – Diesel)

Esta alternativa contiene los siguientes elementos:

- Tabla 8. Componentes Alternativa No.1.

Elemento	Cantidad
PV	2.56 kW
Battery	6 Hoppecke 12 OPzS 1500
Inverter	0.881
Equipo Electrogénico	1.5 kW

Fuente: Homer Energy Pro. 2018.

En la siguiente tabla, se puede ver el resumen de los costos para esta primera alternativa:

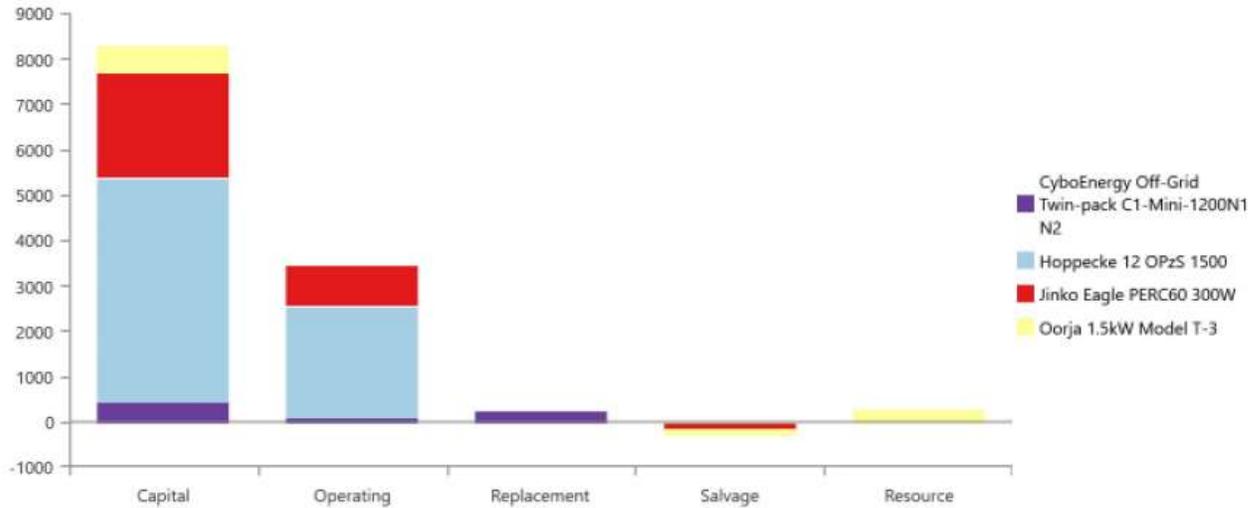
Tabla 0. Costos Alternativa No. 1

Costo	Valor
Costo Presente Neto	\$ 11.916
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.360/kWh
Costo anual de operación	\$ 313.93 /yr

Fuente: Homer Energy Pro. 2018.

Igualmente, en la siguiente figura se puede ver la distribución de los costos por elemento, el único reemplazo a lo largo del proyecto, está dado por los convertidores. Los costos de operación y mantenimiento se aplican al uso de los paneles y las baterías.

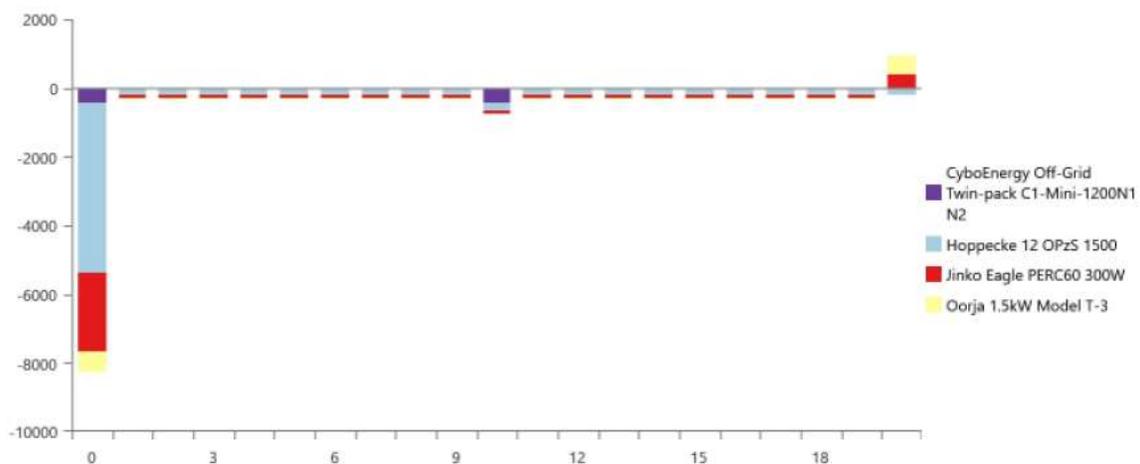
Figura 15. Resumen Flujo de Capital Alternativa No. 1.



Fuente: Homer Energy Pro. 2018.

Dado estos parámetros, el costo de inversión inicial tiene un valor de \$ 8.281. En la figura No. 16, se muestra un reemplazo de los convertidores en el Año 10. En el último año de proyección se produce ahorros asociados al valor de salvamento de los paneles y el equipo electrógeno.

Figura 16. Flujo Neto de Inversión



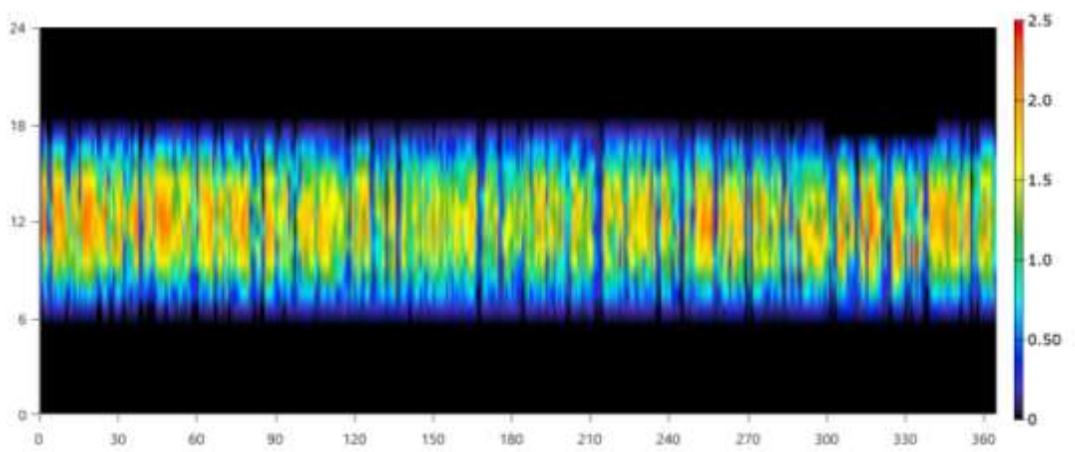
En la tabla 10, se muestra que el sistema fotovoltaico es la encargada de asumir la mayoría de los requerimientos de energía de cada finca cafetera con el 99.2%, mientras que el equipo electrógeno aporta el 0.761% restante.

Tabla 10. Generación Eléctrica / Componente

Componente	Producción (kWh/año)	Fracción
PV	4106	99.2%
Oorja 1.5kW Model T-3	31.5	0.761%
Total	4.137	100%

Fuente: Homer – Energy. Pro 2018.

Figura 17. Potencia de Salida Anual Diaria – Paneles Fotovoltaicos



Sin embargo, el sistema incorpora dentro de los gastos unos componentes de apoyo como son baterías para garantizar el servicio continuo durante cierto periodo de tiempo. HOMER, considero 6 baterías de 6 Vasos cada uno para el sistema a 12 V, dando al sistema una autonomía de 46, 2 horas con carga completa para el escenario de consumo planteado.

En la tabla 11, se muestra la información relacionada con los costos y capacidad de las baterías.

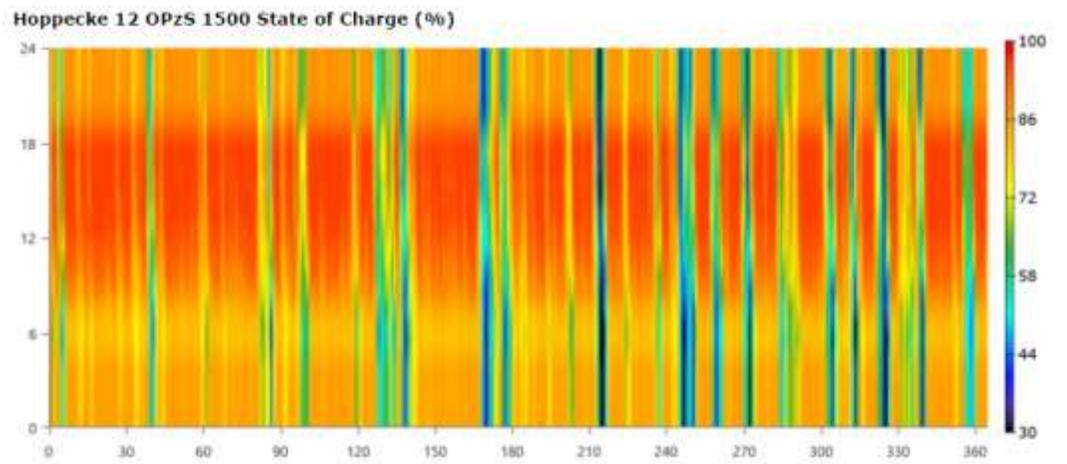
Tabla 11. Costos y Capacidad Baterías

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	21.5	kWh
Usable nominal capacity	15.1	kWh
Autonomy	46.2	hr
Lifetime throughput	27.105	kWh
Storage Wear Cost	0.175	\$/kWh
Average energy cost	0	\$/kWh

Fuente: Homer Pro. 2018.

La simulación, muestra el comportamiento del estado de carga de las baterías en función de las horas del día, nótese que las baterías logran su estado de carga ideal entre las 12 – 18 horas. (Figura 18), con excepción en el tiempo donde el recurso solar disminuye.

Figura 18. Estado de Cargas de las Baterías



Fuente: Homer Pro. 2018.

Alternativa 2. Sistema Solar Fotovoltaico

Esta alternativa contiene los siguientes elementos:

- Tabla 12. Componentes Alternativa No.1.

Elemento	Cantidad
PV	2.10 kW
Battery	12 Hoppecke 12 OPzS 1500
Convertidor	0.899

Fuente: Homer Energy Pro. 2018.

En la siguiente tabla, se puede ver el resumen de los costos para esta primera alternativa:

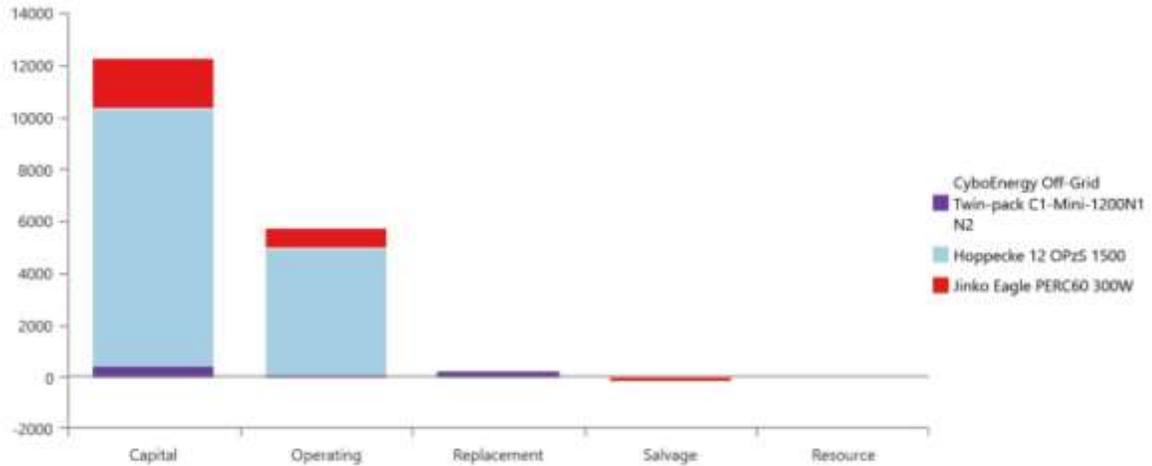
Tabla 13. Costos Alternativa No. 1

Costo	Valor
Costo Presente Neto	\$ 18.051
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.545 /kWh
Costo anual de operación	\$ 503.59 /yr

Fuente: Homer Energy Pro. 2018.

Igualmente, en la siguiente figura se puede ver la distribución de los costos por elemento, el único reemplazo a lo largo del proyecto, está dado por los convertidores. Los costos de operación y mantenimiento se aplican al uso de los paneles y las baterías.

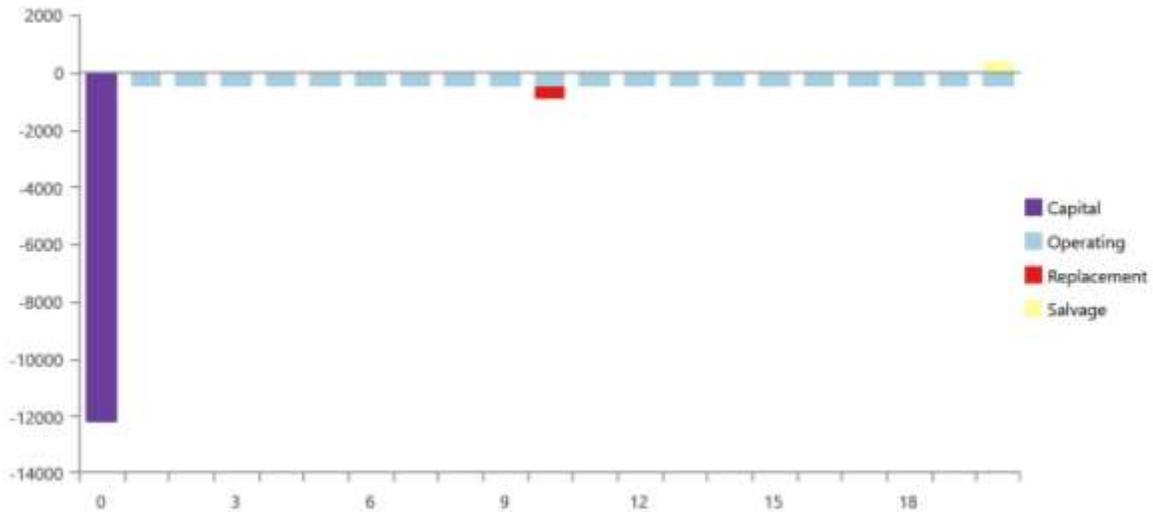
Figura 19. Resumen Flujo de Capital Alternativa No. 2.



Fuente: Homer Pro. System Simulation Report. 2018.

Dado estos parámetros, el costo de inversión inicial tiene un valor de \$ 12.219. En la figura No. 20, se muestra un reemplazo de los convertidores en el Año 10. En el último año de proyección se produce ahorros asociados al valor de salvamento del arreglo fotovoltaico.

Figura 20. Flujo Neto de Inversión



Fuente: Homer Pro. System Simulation Report. 2018.

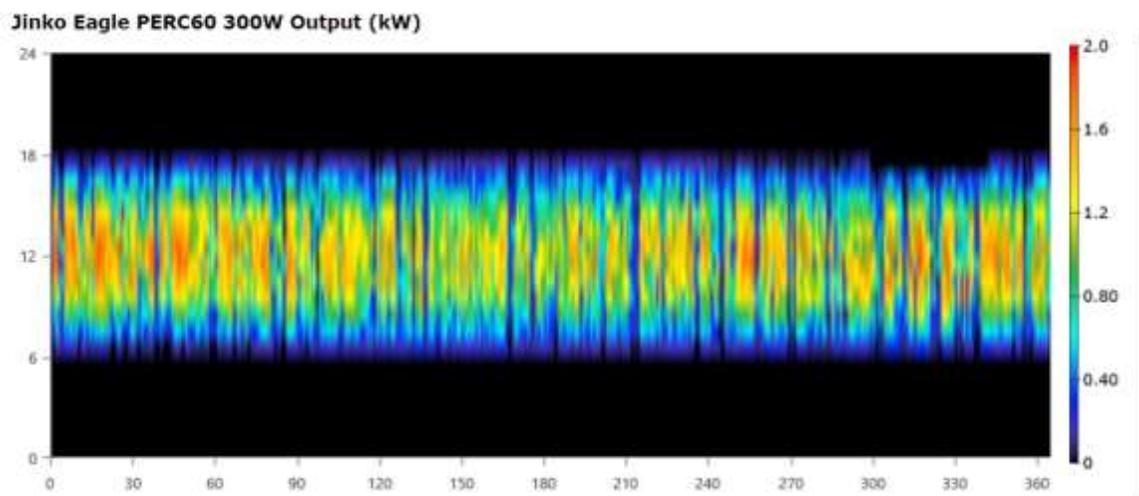
En la tabla 14, se muestra que el sistema fotovoltaico es la encargada de asumir la el total de los requerimientos de energía de cada finca cafetera.

Tabla 14. Generación Eléctrica / Componente

Componente	Producción (kWh/año)	Fracción
PV	3.376	100%
Total	3.376	100%

Fuente: Homer Energy Pro. 2018.

Figura 21. Potencia de Salida Anual Diaria – Paneles Fotovoltaicos



Fuente: Homer Pro. System Simulation Report. 2018.

Sin embargo, el sistema incorpora dentro de los gastos unos componentes de apoyo como son baterías para garantizar el servicio continuo durante cierto periodo de tiempo. HOMER, considero 12 baterías de 6 Vasos cada uno para el sistema a 12 V, dando al sistema una autonomía de 92,3 horas con carga completa para el escenario de consumo planteado.

En la tabla 15, se muestra la información relacionada con los costos y capacidad de las baterías.

Tabla 15. Costos y Capacidad Baterías

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	43.1	kWh
Usable nominal capacity	30.2	kWh
Autonomy	92.3	hr
Lifetime throughput	28.144	kWh
Storage Wear Cost	0.175	\$/kWh
Average energy cost	0	\$/kWh

Fuente: Homer – Energy. 2018.

La simulación, muestra el comportamiento del estado de carga de las baterías en función de las horas del día, nótese que las baterías logran su estado de carga ideal entre las 12 – 18 horas. (Figura 22), con excepción en el tiempo donde el recurso solar disminuye.

Figura 22. Estado de Cargas de las Baterías

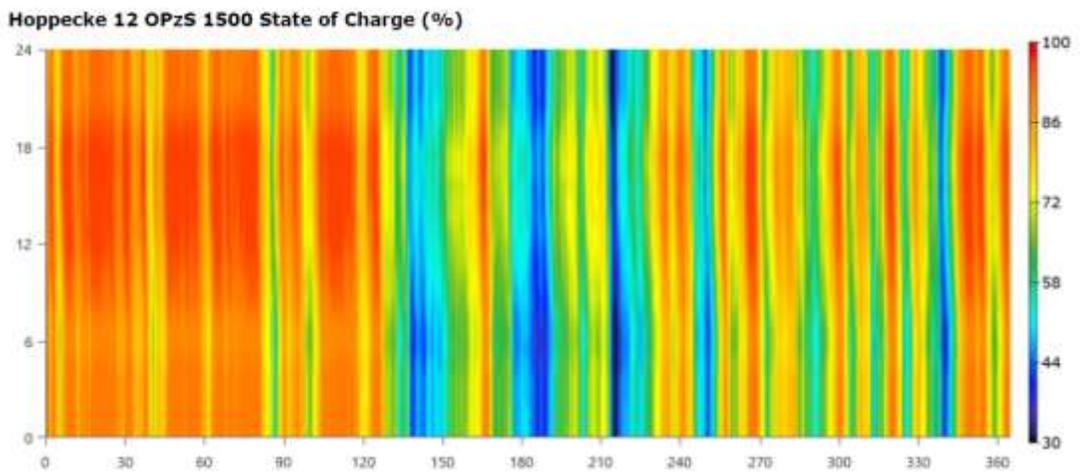


Tabla 16. Configuración de las Alternativas

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	PV	2.56 kW
	Battery	6 Hoppecke 12 OPzS 1500
	Generador	1,5 KW
	Convertidor	0.881
Alternativa 2	PV	2,10 kW
	Battery	12 Hoppecke 12 OPzS 1500
	Convertidor	0.899

En la siguiente Tabla, se muestra la comparación de los costos para cada una de las alternativas:

Tabla 17. Comparación de costos entre alternativas y escenarios

	Escenario 1.	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo Presente Neto	\$ 11.916	\$ 18.051
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.360/kWh	\$ 0.545 /kWh
Costo anual de operación	\$ 313.93 /yr	\$ 503.59 /yr

Conclusiones de la simulación

Al comparar las dos alternativas, se puede observar que la alternativa 1, presenta un menor Costo Presente Neto, esto sustentado en su menor dimensionamiento. Igualmente este arreglo fotovoltaico proporciona el 99,2% de la generación necesaria para satisfacer la demanda. En tal sentido se considera necesario observar la posibilidad de ampliar incrementar la capacidad del sistema fotovoltaico pasando de (2,56 – 3) kW, para no tener



la necesidad de utilizar el equipo electrógeno. Este equipo solo entraría como respaldo en caso de mantenimientos y fallas del sistema.

5.2. RESUMEN DE LA ALTERNATIVAS

Como alternativa posible de solución al problema de limitada oferta energética que se presenta en la zona cafetera en la zona alta del corregimiento de Chimilla, se centrará en la instalación de la siguiente alternativa:

- ✓ Módulos aislados de energía solar de 3 kWp cada una para su uso en 41 fincas cafeteras.

El montaje del sistema de generación se considera una alternativa de generación de energía eléctrica viable, dada su baja inversión, fidelidad, sostenibilidad y la posibilidad de participación de la comunidad en la etapa de implementación. Igualmente, los costos de mantenimiento son razonables, en relación a los cambios poco frecuentes de los accesorios del sistema.

5.2.1. Descripción Técnica de la Alternativas Propuestas

Este componente dispone de 41 soluciones de energía solar para igual número de fincas cafeteras que permita optimizar el proceso de beneficio del café en la zona. Estos predios se encuentran en terrenos quebrados con una buena cantidad de fuentes hídricas sin embargo no se disponen de sistemas de riego tecnificado que permitan el incremento de la productividad de los cultivos.

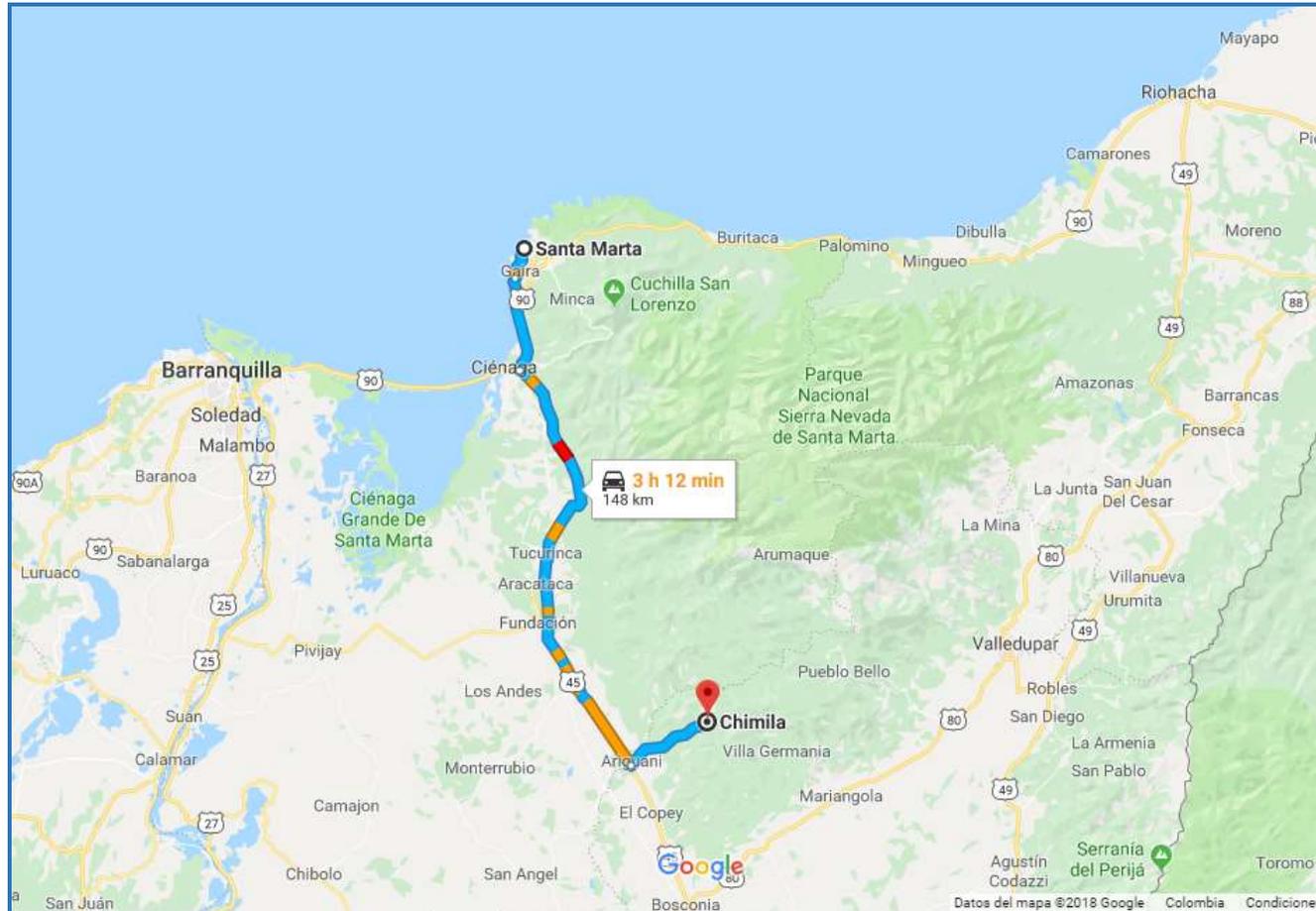
En cada casa o finca cafetera se instalará 10 paneles policristalino de 300 W, 6 baterías de 6 Vasos de 2V de 1500 Ah, un controlador y un inversor de 1000 W. El sistema dispondrá también de un motor eléctrico de $\frac{3}{4}$ Hp para uso en la despulpadora y un equipo electrógeno de 3 kW, que entrará como respaldo en caso de fallas del sistema o reparaciones.

5.2.2. Matriz de Costos de Transporte

Para el montaje de las soluciones energéticas se requiere trasladar un volumen importante de materiales y equipos. Bajo este criterio, se pretende acceder a todos estos elementos desde la ciudad de Santa Marta hasta el Corregimiento de Chimila (El Copey), ubicado a 148 Kms de distancia por carretera asfaltada. Este distrito dada su disponibilidad de puerto y zona franca presenta ventajas sobre puertos más alejados Barranquilla. Al mismo tiempo, la ciudad de Santa Marta dispone de una infraestructura importante de proveedores de materiales y de empresas transportadoras que garantizan el descargue en el corregimiento.

Desde el corregimiento, resulta fácil la contratación de vehículo 4 x 4 para el traslado de los materiales hasta la escuela agrícola rural ubicado a 10 kms de distancia. El siguiente mapa muestra la ruta de transporte.

Mapa 2. Ruta Transporte de Materiales y Equipos





En relación con los costos de transporte se realizó la consulta con empresas de transporte conocidas como Servientrega, Coordinadora y proveedores locales, tomando en cuenta información relacionada con pesos, volúmenes, impuestos y demás condiciones necesarias para el cobro del servicio, la tabla muestra los costos promedios del servicio de transporte incluyendo el transbordo desde el corregimiento de Chimila.

Tabla 18. Resumen Matriz de Costos de Transporte

Ítem	Descripción	Origen	Destino	Distancia (Km)	Transporte	Tipo	Trayecto	Peso (Kgs)	Valor Estimado
1	Módulos de Energización Solar	Santa Marta	Corregimiento de Chimila	148	Terrestre	Camión	Pavimentado	N.E.	8.000.000
		Chimila	Centro Educativo Agrícola	10		Campero (4x4)	Carreteable		500.000
Total Transporte Materiales y Equipos									\$ 8.500.000

5.2.3 Posibles Tarifas

Para determinar las posibles tarifas que se van a cobrar a los usuarios o beneficiarios de la iniciativa, se debe tomar como referencia las disposiciones establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), según el documento CREG 002 del 26 de enero del 2014, propone para los operadores del servicio “la fórmula tarifaria general para los usuarios regulados del servicio público domiciliario de energía eléctrica en las ZNI”⁸:

Dónde:

$$CU_{nm} = \frac{G_m}{1 - p_D} + D_{m,n} + C_m$$

CU n,m: Costo unitario de prestación de servicio de energía eléctrica para los usuarios conectados al nivel de tensión n, correspondiente al mes m, \$ / kWh.

n: Nivel de Tensión

m: mes de Prestación del Servicio

G_m: Cargo de generación en el mes de prestación de servicio m, \$/kWh.

1 – Pd: Fracción (o porcentaje expresado como fracción) de pérdidas técnicas y no técnicas reconocidas en distribución. Las pérdidas eficientes reconocidas serán del 10% para el sistema de distribución a menos que el prestador del servicio tenga un plan aprobado de pérdidas, más las pérdidas reconocidas en la línea de interconexión en caso de que exista.

D m,n: Cargo de distribución en el mes de prestación de servicio m, el nivel de tensión n, \$ kWh.

C m: Cargo máximo de comercialización del mes m, \$ kWh.

⁸ Documento CREG 002 del 2014. Metodología para Remunerar las Actividades de Generación, Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica en ZNI.



Así mismo, este documento también determina que los costos de generación máxima serán establecidos por los operadores del servicio, teniendo en cuenta “el análisis de la inversión, los costos de administración, operación y mantenimiento (AOM), así como la cantidad de energía eléctrica generada”⁹.

Según la estimación de la demanda realizada, el consumo promedio en la estación los Marimondos en plena operación sería de 7.84 kWh/d, es decir un consumo de 235.2 kWh/mes. Dado que cada empresa u operador del servicio por disposición de la CREG puede realizar el costo de generación en función del cargo por generación, distribución, comercialización y la tarifa de referencia actualizada. Para facilidad de cálculo se tomara como costo de referencia el reporte del Sistema Único de Información para ZNI el mayor valor posible (\$ 1.292.64 kWh)¹⁰.

Es decir que el valor posible a facturar promedio mensual sería de \$ 304.029 M/L, por familia, además hay que tener en cuenta que este consumo sólo se realiza sólo durante tres meses al año, dado la temporada de cosecha.

Así mismo, el Ministerio de Minas y Energía en pro de estimular las inversiones asociadas a la implementación de alternativas de generación de energía eléctrica determinó las condiciones para el otorgamiento de subsidios a los usuarios del servicio de energía en ZNI, mediante las resoluciones 182138 de 2007 y 180069 de 2008, en donde se establecen dos formas de otorgar subsidios por menores tarifas; a los usuarios de menos ingresos, mediante la disminución del cobro de la tarifa y a los prestadores de servicio, mediante la asignación en parte de los recursos invertidos en el proceso de generación.

En el Artículo 1 de Resolución MME 180961 del 2004 se define “el factor de subsidio que se otorga a los usuarios mediante la disminución del cobro en la tarifa, este valor se asigna por rango de número de usuarios. El cálculo de factor de subsidio se realiza definiendo el porcentaje de usuarios de los estratos 1, 2 y 3, correspondiente a cada grupo, y haciendo un ponderado por el porcentaje de subsidio definido en la legislación vigente (60% para el estrato 1 y 50% para el 2).

⁹ Resolución CREG 004 del 2014.

¹⁰ Sistema Único de Información para Servicios Públicos Domiciliarios. Superservicios. 2018.



Para este caso, el factor de subsidio es del 60% sobre el valor total de la factura, que es compensado anualmente sobre el costo total de la facturación reportado por el operador al Sistema Único de Información (SUI). En tal caso, el valor del subsidio se puede trasladar directamente al usuario, según el siguiente resumen:

Tabla 19. Posible Tarifa (2019) – Comunidad Cafetera

Centro de Consumo	Consumo Estimado Mensual /Unit	\$ kWh	Valor Mensual Individual	Número de Familias	Valor Total Mensual Sin Subsidio	Valor Mensual con Subsidio
Fincas	235.2 kWh/mes	1.292,64	304.029	41	\$ 12.465.186	\$ 4.986.073

4.2.4. Disponibilidad a Pagar

Durante el proceso de estructuración de la propuesta y socialización de la alternativa seleccionada, la comunidad mostro su disposición a participar activamente, según el acta de concertación anexa al presente documento. Además, se está conformando un esquema asociativo de trabajo que se encargará de la administración de los recursos entregados.



5.3. OBJETIVOS

5.3.1 General

Mejorar la oferta energética para el desarrollo de las actividades productivas asociadas al cultivo de café en la zona rural del Corregimiento de Chimila (El Copey).

5.3.2 Específicos

- Implementar 41 sistemas de generación con fuentes no convencionales de energía en la zona.
- Fortalecer a 50 personas de la comunidad en los procesos de tecnificación y formación agroecológica relacionada con el beneficio del café

5.4. PRODUCTOS, ACTIVIDADES Y PERSONAL REQUERIDO

Tabla 20. Productos, Actividades y Personal Requerido

Componentes	Productos	Código Actividad	Actividad	Personal Requerido
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	41 Módulos de Energización Instalados	A- 1-1	Vinculación del Personal responsable de la Coordinación del Proyecto.	Ingeniero Coordinador del Proyecto
		A - 1-2	Diseño del Sistema de Energización	Ingenieros y Técnicos Empresa Ejecutora
		A-1-4-1	Instalación de los Módulos Individuales de Energización Solar	
B. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción agroecológica	50 Personas Capacitadas	B -1- 1	Realizar talleres de formación comunitaria.	1 Ingeniero Mecánico, 1 Profesional en Ciencias Económicas o Administrativas

5.5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INNOVACIÓN PROPUESTA

La propuesta de implementar soluciones de energización renovable es novedosa en la región, dado que no existen proyectos similares en el territorio.

Otro punto importante para destacar resulta la participación activa de la comunidad beneficiaria en algunas actividades importantes del proyecto como mano de obra efectiva para el desarrollo de tareas asociadas al retiro de la cobertura vegetal. Igualmente dentro del esquema asociativo que se está conformando existirá un comité de la administración de los recursos recaudados por la prestación del servicio de energía eléctrica y el mantenimiento de los equipos.



5.6. METODOLOGIA Y DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES

Dado el grado de complejidad que implica la ejecución de la propuesta, el ente territorial o el operador designado efectuarán la apertura por licitación pública o convocatoria abierta la selección del proponente que desarrollará cada una de las actividades conforme a las condiciones técnicas, los requisitos y la normatividad vigente que garantice la calidad de obras relacionadas con el proyecto.



5.7. INDICADORES DE OBJETIVO GENERAL, DE PRODUCTO Y DE GESTIÓN

La siguiente tabla muestra los indicadores relacionados con el objetivo general, resultado de la Metodología de Marco Lógico. (Ver Anexo. Documento Técnico).

Tabla 21. Relación Objetivo General, Indicadores de Producto y de Gestión

Objetivo General: Mejorar la oferta energética para el desarrollo de las actividades productivas asociadas al cultivo de café en la zona rural en el corregimiento de Chimila.		
Indicador	Meta	Unidad de Medida
Número de Centros Poblados Intervenidos	Al finalizar la implementación del proyecto, la comunidad asentada en la zona, cuenta con una oferta energética que garantizan el desarrollo normal de sus actividades productivas	Cantidad o Número

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2016.

- **Indicadores de Objetivo Específico, Producto y de Gestión**

Tabla 22. Indicadores de Objetivo Específico, Producto y de Gestión

Componentes	Producto	Indicador	Unidad	Meta	Año
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	41 Módulos de Energización Instalados	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Número	Al terminar el mes junio del 2019, han sido instalados los módulos de energización.	
B. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción agroecológica	50 Personas Capacitadas	Personas Capacitadas	Cantidad	Al terminar la ejecución de la proyecto. 50 personas de la comunidad han sido capacitadas en el mejoramiento de sus capacidades técnicas y de producción agroecológica.	

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2016.

5.8. FUENTES DE VERIFICACIÓN Y SUPUESTOS

Tabla 23. Fuentes de Verificación y Supuestos

Componentes	Producto	Indicador	Fuente de Verificación	Supuestos
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	41 Módulos de Energización Instalados	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Informes de interventoría e Intervención	Resistencia de los posibles beneficiarios a participar en el proyecto.
B. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción agroecológica	50 Personas Capacitadas	Personas Capacitadas	Actas de Visita, Informes de seguimiento y control.	Bajo compromiso por parte de la comunidad

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2016.

5.9. BIENES O SERVICIOS

En relación con los bienes o servicios a considerar dado la problemática existente, este se relaciona directamente con la actividad productiva del café. La siguiente tabla muestra el bien que se piensa mejorar con base al suministro de energía eléctrica en la zona.

Tabla 24. Tipificación Bien o Servicio

Bien o Servicio	Unidad de Medida	Descripción	Año inicial Histórico	Año Final Histórico	Año de Proyección
Unidad Productiva Familiar	Número	Toneladas de Café Beneficiado Anualmente	2015	2018	2025

Tabla 25. Análisis Oferta y Demanda de Bienes o Servicios

Año	Oferta	Demanda	Déficit
2015	190	1750	1560
2016	206	1760	1500
2017	196	1630	1434
2018	200	1600	1400
2019	240	1560	1320
2020	300	1520	1220
2021	330	1560	1230
2022	380	1580	1200
2023	400	1680	1280
2024	460	1640	1180
2025	520	1660	1140
2026	590	1660	1070
2027	650	1700	1050
2028	740	1720	980



5. 10. BENEFICIOS E INGRESOS

En relación con los beneficios estos se relacionan directamente con el cobro de tarifas asociados al consumo de energía eléctrica dentro de la comunidad de tal manera que compensen parte de la inversión realizada. Los costos de inversión del sistema de generación inciden directamente en el mejoramiento de la capacidad productiva asociado a las tareas de beneficio del café. En el documento técnico se muestra las proyecciones realizadas en este sentido, tomando como referencia las recomendaciones de evaluación económica dada por la CREG en el documento 002 del 2014.

5.11 HORIZONTE DEL PROYECTO

Dado que el proyecto requiere una inversión importante y considerando la vida útil de la alternativa energética a implementar, se estima un horizonte para el proyecto de 20 años.

5.12. IMPACTOS ESPERADOS

La siguiente tabla muestra los impactos positivos generados ante la posible ejecución de la propuesta:

Tabla 26. Impactos Esperados

Clase de Impacto	Subclase	Nivel de Incidencia	Indicador	Meta Esperada	Observaciones
Científico y Tecnológico	Participación del recurso humano de la organizaciones cooperantes en la ejecución	Alto	Número de Docentes Vinculados	2	Se aspira a que al menos (2) docentes participen como observador en el desarrollo del proyecto.
	Actividades de Divulgación y Transferencia Tecnológica		Número de Estudiantes Universitarios Sensibilizados	200	Ninguna
	Mejoramiento en la oferta de destinos para visitas técnicas.		Número de Programas de Formación que desarrollan visitas técnicas	1	Articulación de los programas con acciones de acompañamiento y visitas técnicas en la comunidad.
Productividad y Competitividad	Incremento de la Productividad	Alto	Número de Toneladas de café despulpadas al año	Pasar de 200 a 400 toneladas de café beneficiadas en los próximos 5 años	El cumplimiento de esta meta depende del apoyo de las entidades gubernamentales de la zona.
	Productores Involucrados		Cantidad de Productores directamente involucrados	Pasar de 10 – 41 pequeños caficultores que directamente se benefician con el desarrollo de la actividad.	Ninguno
	Acceso a nuevos mercados		Ampliación de Cobertura de Mercado	Al menos dos nuevas redes de comercialización de café verde en los próximos años.	Ninguno



5.13. EFECTOS AMBIENTALES

La evaluación de los posibles efectos asociados con el proyecto puede ser de tipo ambiental, social y económico. Este proceso se utiliza para asegurar que los proyectos, programas y políticas sean económicamente viables, socialmente equitativos y ambientalmente sostenibles.

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se debe partir de la caracterización del área de influencia. Dicha caracterización expresa las condiciones generales de la zona sin los efectos del proyecto, dado que se constituye en la base para analizar como la iniciativa la modificará.

La identificación de las acciones del proyecto de generar impacto, así como los lugares y elementos que puedan verse afectados, permite definir un listado acotado de las posibles implicaciones que haga lugar. Este análisis también abarca los potenciales efectos positivos sobre el entorno.

- Impacto Ambiental y Socioeconómico

El impacto ambiental es la alteración que se produce en el ambiente cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad. Dicha alteración no siempre es negativa y puede ser favorable o desfavorable para el medio, se considera positivo si sirve para mejorar el medio ambiente y negativo si degrada de alguna forma la zona, dependiendo de la extensión, la intensidad y recuperación de los eventos.

Bajo este contexto, la implementación del proyecto de energización puede generar impactos negativos en algunos de sus componentes, dado que se ejecutarán obras complejas que puede afectar los recursos ambientales a una escala considerable.

La magnitud de los impactos ambientales, depende del sistema a instalar, su estructura, el esquema productivo existente y las obras civiles a realizar, su correcta identificación permite a mediano plazo reducirlos o mitigarlos.

Por otra parte, el impacto de la alternativa seleccionada sobre el medio socioeconómico se considera altamente positivo y beneficioso, no sólo por contar con modernas instalaciones para captación de agua en la zona, sino por la disponibilidad de una fuente de energía eléctrica que favorece al mejoramiento de los procesos de beneficio del café. Bajo este esquema, se identifican las siguientes afectaciones:

- **Calidad del Aire**

Dado que el proyecto solo requiere la presencia de vehículos para el traslado de los componentes de los módulos fotovoltaicos y el ahoyado de los soportes metálicos. Estos impactos no son considerados significativos debido a que las emisiones serán mínimas y esporádicas.

También se presentarán ruidos y vibraciones producto de los vehículos contratados, por tanto, se deberán implementar medidas preventivas y de control para evitar sobrepasar los parámetros establecidos en la Resolución 627 del 2006, para zonas suburbanas o rurales de tranquilidad y ruido moderado ($x \geq 55$ DB).

- **Calidad del Agua**

Este es uno de los recursos medianamente afectado, dado que se utiliza este recurso para despulpado del café. Por tanto, se debe concientizar a la población con el objeto que se aproveche el agua residual para el riego de los cafetales.

Calidad del Suelo

La instalación de cada uno de los componentes impactará de manera leve este recurso, debido al descapote de la capa vegetal en las labores para el montaje de los módulos fotovoltaicos.



- **Calidad de Vida**

Este tipo de proyectos generan un impacto social positivo, mejorado la calidad de vida de los habitantes, porque la comunidad tendrá un suministro de energía constante. Además la implementación de las alternativas energéticas permitirá a mediano mejorar la calidad de vida de las familias caficulturas.

- **Generación de Empleo**

Se generarán empleos temporales principalmente en la etapa inicial debido al montaje de los módulos fotovoltaicos. Igualmente, con el desarrollo de las alternativas se generan efectos positivos asociados al incremento de los ingresos familiares percibidos por la actividad.

Teniendo en cuenta la anterior descripción de los efectos tanto positivos como negativos que tendrá el proyecto sobre el medio social, ambiental y económico, se establece la siguiente matriz de impactos:

Tabla 27. Matriz de Impactos Zona Cafetera Municipio del Copey

Impacto	Tipo de impacto	Nivel de impacto	Calificación del Impacto	Observaciones o Medidas de Mitigación
Emisión de material particulado	Negativo	Local	Baja	<p>Prevención</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minimizar tránsito en suelos sensibles a la erosión. <p>Mitigación</p> <ul style="list-style-type: none"> – Se humectarán, periódicamente, las vías de tránsito vehículos medianos, en los lugares que no existan las placas huellas, principalmente en temporada de verano y periodos largos sin precipitación en la zona. <p>Compensación</p> <ul style="list-style-type: none"> – La empresa deberá plantear en conjunto con la CAR las medidas de compensación y restitución de especies arbóreas taladas durante la etapa de adecuación del terreno, esto con el fin de disminuir la erosión del suelo.
Emisión de gases y olores	Negativo	Local	Baja	<p>Prevención</p> <ul style="list-style-type: none"> – Monitorear la calidad del aire local y reducir operaciones en caso de ser necesario. – Realizar adecuado mantenimiento de vehículos y equipos. – Se controlará, en forma periódica, el correcto funcionamiento de los motores de vehículos y maquinarias utilizadas, sometiéndolos a mantenimientos programadas. – Utilizar el equipamiento dentro de las especificaciones de uso.

Contaminación del agua superficial	Negativo	Local	Baja	Prevención <ul style="list-style-type: none"> - Almacenar sustancias peligrosas alejadas de cursos de agua, estableciendo un perímetro de seguridad.
Erosión	Negativo	Local	Media	Prevención <ul style="list-style-type: none"> - Demarcar y señalizar las vías transitables. - Evitar en lo posible la remoción y/o descapote de material vegetal con el fin de prevenir la erosión.
Afectación de la Flora	Negativo	Local	Baja	Prevención <ul style="list-style-type: none"> - Evitar en lo posible la tala de árboles de especies protegidas, previamente identificada en el inventario forestal pertinente. Compensación: En conjunto con la CAR plantear las medidas de compensación pertinentes al caso acorde al inventario forestal pertinente.
Empleo y mano de Obra	Positivo	Local	Media	Observación: <p>Se aumentara el empleo durante la etapa de instalación del sistema de energización y el fortalecimiento de la actividad productiva.</p>
Molestias a la comunidad	Negativo	Local	Baja	Prevención <ul style="list-style-type: none"> - Realizar reuniones con las comunidades, propietarios privados y sus representantes para informar sobre las actividades, el tiempo que tomará su ejecución y el lugar donde se desarrollaran. - Informar a los trabajadores sobre las costumbres y forma de vida de los pobladores. - Evitar los ruidos en horas de descanso de la población.
Mejora de Servicios	Positivo	Local	Media	Observación: <p>Se mejoraran notablemente los servicios prestados a los turistas y visitantes de la Comunidad o vereda.</p>
Mejoramiento de la Calidad de Vida	Positivo	Local	Alta	Observación:

				El sistema permitirá mejorar el abastecimiento de agua de la comunidad.
Economía Local	Positivo	Local	Alta	<p>Observación:</p> <p>La economía se verá impactada positivamente debido a que aumentara en el futuro las visitas de turistas en la comunidad, el mejoramiento de infraestructura de servicios disponible, entre otros.</p>
Paisaje	Negativo	Local	Baja	<p>Mitigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - El diseño y arquitectura a utilizar para la construcción se realizara con materiales que minimicen el impacto visual y de manera armónica al entorno. <p>Compensación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Señalización con información (señales indicativas de dirección, ubicación y orientación en general, señales de peligro, mapas informativos e interpretativos, etc.).

Resulta importante resaltar que la empresa ejecutora u operadora del proyecto debe ceñirse al artículo 9, inciso 4 del decreto 2041 del 2014, en la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de proyectos que ameritan el trámite de licencias ambientales y permisos pertinentes, en tal caso deben tramitarse ante la autoridad ambiental los siguientes permisos:

✓ **Permisos de aprovechamiento forestal:**

Se debe llevar a cabo cuando se realiza una tala masiva de especies arbóreas, este permiso se debe tramitar ante la autoridad ambiental, según el Decreto 1791 de 1996.



6. ANALISIS DE RIESGOS

Según el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE), el análisis de riesgo es el proceso de estimar la probabilidad de que ocurra un evento no deseado con una determinada severidad o consecuencias en la seguridad, salud, medio ambiente o bienestar público. A partir de este análisis, se deben establecer las medidas que permitan prevenir y mitigar dichos riesgos, para atender los eventos con la suficiente eficacia, minimizando los daños a la comunidad, al ambiente y recuperarse en el menor tiempo posible.

Para un adecuado análisis se debe considerar la naturaleza del riesgo, su facilidad de acceso o vía de contacto (posibilidad de exposición), las características del sector, la población expuesta (receptor), la posibilidad de que ocurra, la magnitud de exposición y sus consecuencias, para de esta manera, definir medidas que permitan minimizar los impactos que se puedan generar.

En concordancia con las medidas y acciones establecidas dentro del Plan Departamental de Gestión de Riesgo del Cesar, relacionadas con la valoración y calificación del riesgo en la subregión, la siguiente tabla muestra los posibles riesgos generados por la implementación del proyecto:

Tabla 28. Análisis de Riesgo según actividades del Proyecto

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Efectos	Impacto	Medida de Mitigación
Caída de ramas sobre los componentes del sistema por tormentas eléctricas y huracanes.	Poco Probable	La caída de ramas u otros elementos afectaría partes del sistema, suceso que impediría el normal funcionamiento del sistema, disminuyendo la producción de energía del sistema durante el tiempo de afectación y las actividades de mantenimiento.	Moderado	- Realizar el montaje de un enrejado sobre el canal para evitar la entrada al sistema de sólidos de gran tamaño como rocas, ramas entre otros que puedan obstruir e impedir el flujo regular del agua.
Daño en los equipos eléctricos del sistema por la presencia de tormentas eléctricas.	Probable	Este riesgo es muy probable debido a la amenaza de tormentas eléctricas en esta zona del departamento es alta, lo cual traería daños por rayos o sobrecargas en el equipo eléctrico del sistema (regulador, tablero de control). En consecuencia se presenta una interrupción en el servicio de energía que proporciona el sistema a la comunidad.	Alto	- Instalación de un sistema polo tierra (Para Rayos) para el aislamiento y control de descargas eléctricas que provengas de las fuertes tormentas que puedan presentarse en la zona.
Afectaciones a la estructura del sistema por objetos impulsados por el viento en vendavales.	Poco Probable	Este riesgo afectaría partes del sistema, lo cual impediría su normal funcionamiento.	Moderado	- Muros de contención para evitar afectaciones y/o obstrucciones por deslizamientos y movimientos en masa de agua y tierra. - Construcción de rejillas para la retención de sólidos de gran tamaño.

En la zona se presenta diversos riesgos relacionados principalmente con las amenazas de deslizamiento de tierra. Las inundaciones generalmente corresponden a procesos naturales de probable ocurrencia durante las épocas de invierno; actualmente este fenómeno es cada vez más frecuente cerca de las riveras de los ríos afectando principalmente a las poblaciones rurales ubicados en terrenos bajos. En la zona no existen dificultades para el acceso de personas y vehículos debido a las características propias del trazado de la vía de acceso.

Tabla 29. Análisis de Riesgo relacionado con el Entorno

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Efectos	Impacto	Medida de Mitigación
Contacto con los sistemas de almacenamiento de energía (Banco de Baterías).	Poco probable	Este riesgo es poco probable y se debe tener en cuenta debido a la presencia de niños o personas que por negligencia o descuido puede entrar en contacto con el banco de baterías recibiendo daños severos por descargas eléctricas.	Alto	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar al personal, brindarle conocimientos hacia las normas de seguridad que deben cumplir al manipular estos equipos y su nivel de peligrosidad. - Señalizar la zona con imágenes que ayuden a la población a identificar las zonas y objetos de mayor peligrosidad. - Aislamiento y enrejado del cuarto de máquinas para evitar que animales y niños entren en contacto con la maquinaria y banco de baterías.

6.2. ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD

Para realizar el análisis de sostenibilidad se utilizó la “metodología de optimización multiobjetivo para la selección de la mejor alternativa energética sostenible en las localidades pertenecientes a la ZNI”¹¹ La metodología permite la evaluación de criterios sociales, económicos, ambientales, físicos, además de tener en consideración de energías renovables, sistemas híbridos y la participación de la comunidad dentro del proceso de decisión para determinar la mejor alternativa energética, bajo el concepto de sostenibilidad.

De este modo bajo esta metodología el problema de planificación enmarca una serie de decisiones para la elección de la alternativa más adecuada y sostenible. La metodología busca la mejor alternativa de generación de energía mediante optimización y toma de decisiones multiobjetivo teniendo en cuenta criterios físicos, sociales, naturales y económicos que son evaluaciones necesarias para ZNI.

Esto se debe a las condiciones socioeconómicas características de estas poblaciones

¹¹ Metodología desarrollada en el Plan de Energización Rural y Sostenible del departamento de Nariño – PERS Nariño – Convenio Interinstitucional No. 110 del 2012 celebrado entre la Universidad de Nariño, UPME, IPSE y TETRA TECH (USAID Programa CED).

donde la selección de un proyecto de energización no solo depende de los resultados de evaluación económica de la alternativa y la satisfacción de la demanda, sino que su sostenibilidad también depende del aprovechamiento futuro de los recursos físicos y humanos disponibles. Los propósitos de la energización planteados en la metodología son atender la demanda con el fin de maximizar el beneficio de la localidad y mejorar los procesos productivos, esto se hace con la evaluación de cada uno de los criterios en los siguientes módulos.

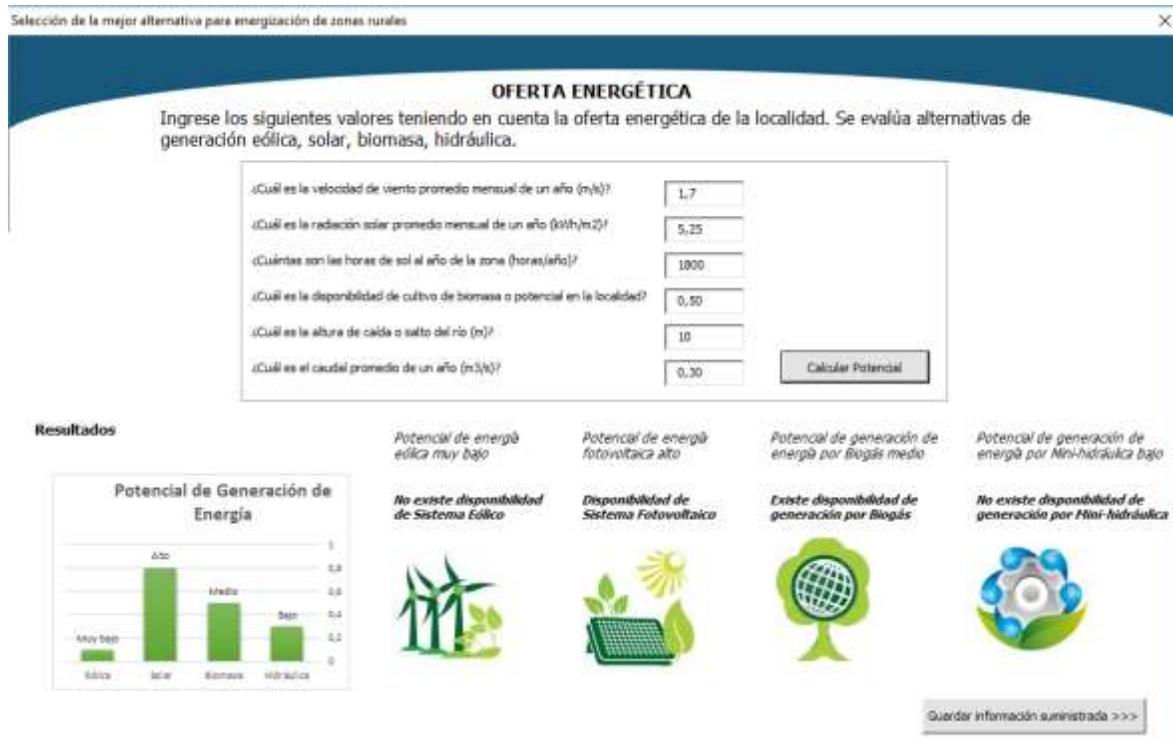
Módulo 1. Oferta Energética

Se diligencia la información requerida con el fin de identificar un conjunto factible de alternativas de generación de energía eléctrica. Se evalúa los sistema solar, eólico, generador biogás y mini-hidráulicas. Los criterios de evaluación para determinar la disponibilidad de la AE (Alternativa Energética) son los relacionados en la tabla No.30, para éste caso el usuario debe ingresar el valor de los diferentes criterios con el que cuenta la localidad en promedio anual con respeto a los recursos físicos disponibles como se muestra en la Figura 23.

Tabla 30. Disponibilidad de Recursos Naturales

Alternativa energética	Criterio evaluación	Unidad	Promedio mensual de un año
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	Radiación solar	kWh/m ²	5.25
	Tiempo de Exposición de horas de sol al año	h/a	2160
SISTEMAS EÓLICOS	Velocidad de viento	m/s	1.7
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	Caudal o flujo de agua	m ³ /s	0.30
	Pendiente o altura de caída	m	10
	Mínimo porcentaje de flujo de agua	%	60
	Máximo porcentaje de flujo de agua	%	100
GASIFICACIÓN	Área total en la localidad disponible para cultivo de biomasa	%	50%

Figura 23. Resultado Modulo 1. Oferta Energética



Como se muestra en la Figura No. 23, se tiene una evaluación preliminar de las alternativas que se puede utilizar para la energización de la localidad según la evaluación de recurso. Mediante esta primera evaluación se tiene como opciones favorables el uso de paneles solares y el uso potencial de gasificadores en menos proporción.

Módulo 2. Demanda de Consumo y Análisis de Criterios

El modulo dos se encarga de determinar la sostenibilidad relacionada con el consumo energético y su relación con los características sociales, físicas y económicas presentes en la comunidad. El criterio social es uno de los principales a la hora de evaluar una

alternativa de energización, dado que se puede formar un círculo virtuoso en que la comunidad se convierta en gestora de la consolidación o el mantenimiento de la solución permitiendo lograr los objetivos de crecimiento y desarrollo.

Tabla 31. Componentes del Criterio Social

Criterio	Variable	Unidad	Valor
Capacidad de apropiación de la tecnología por parte de la comunidad	Ninguno	U	10
	Primaria	U	90
	Secundaria	U	50
	Técnico	U	10
	Universitario	U	8
Presencia sector público	Alcaldías o entes territoriales	NA	Si
	Empresas oficiales o mixtas de servicios públicos domiciliarios	NA	No
	Fuerzas militares	NA	No
	Policía.	NA	No
Presencia Institucional	Hospitales o puestos de salud	NA	No
	Centros educativos	NA	Si
	Instituciones financieras	NA	No
	Iglesias	NA	Si
Participación social de las comunidades	Organizaciones sociales o comunitarias	NA	Si
	Consejos municipales	NA	No
	Participación electoral en la localidad.	NA	Buena

Figura 24. Ingresos de los Datos Nivel Educativo

Selección de la mejor alternativa para energización de zonas rurales

Nivel educativo

Nivel Educativo

¿Cuál es el número total de pobladores mayores de 23 años que han alcanzado cada uno de los siguientes niveles educativos?

Ninguno	<input type="text" value="10"/>
Primaria	<input type="text" value="90"/>
Secundaria	<input type="text" value="50"/>
Técnico	<input type="text" value="10"/>
Universitario	<input type="text" value="8"/>

Siguiente >>

Siguiente >>> Criterio Físico



Figura 25. Ingreso de datos Sector Público y Presencia Institucional en la localidad

Selección de la mejor alternativa para energización de zonas rurales

Nivel educativo | Presencia Institucional y del sector público

Sector Público

¿Existe presencia de Alcaldías o entes territoriales en la localidad?

¿Existe presencia empresas públicas, privadas o mixtas de servicios públicos domiciliarios en la localidad?

¿Existe presencia de Fuerzas militares en la localidad?

¿Existe presencia de policía en la localidad?

Presencia Institucional

¿Existen hospitales o puestos de salud en la localidad?

¿Existen centros educativos en la localidad?

¿Existen instituciones financieras en la localidad?

¿Existen iglesias en la localidad?

Siguiente >>

Siguiente >>> Criterio Físico

Figura 26. Ingreso de datos de la participación social de la localidad

Selección de la mejor alternativa para energización de zonas rurales

Nivel educativo | Presencia Institucional y del sector público | Participación social de las comunidades

Participación Social de la comunidad

¿Existe en la localidad Organizaciones sociales o comunitarias?

¿Existe en la localidad Consejos municipales?

¿Cuál es el nivel de participación electoral en la localidad?

Siguiente >>> Criterio Físico

- **Criterio físico, infraestructura y medios de comunicación con la localidad**

El módulo 2 también evalúa la calidad de las vías y medios de comunicación de la localidad. Por medio de este aspecto se mide la viabilidad del transporte de los elementos de cada alternativa y las dificultades de acceso de las mismas desde la capital más próxima.

Tabla 32. Datos correspondientes a evaluar la infraestructura de la localidad

Criterio	Variable	Unidad	Valor
Infraestructura	Tipo de medio de comunicación existente	NA	Vial (carreteras)
	Estado del medio (bueno, regular, malo)	NA	Regular
	Existe otro medio de comunicación?, Cuál?	NA	No
	Distancia entre la población y la red de transporte más cercana (km) que puede ser vial (carreteras), aérea (aeropuertos), fluvial o marítima (puertos marítimos)	km	10
	Distancia entre la población y el sitio de distribución o localidad principal más cercana (km).	km	32

- Criterio económico

El criterio económico evalúa dos componentes esenciales en el proyecto de energización. El primero se refiere a la disponibilidad y capacidad de pago de la localidad, que se traduce en la valoración del servicio que se recibe. Si hay valoración por el servicio es más fácil para establecer mecanismos tarifarios y de facturación, lo que permite cubrir parte de los costos de inversión, operación y mantenimiento.

Tabla 33. Capacidad de pago del servicio de energía

Criterio	Variable	Unidad	Valor
Capacidad de pago del servicio de energía	¿Existe disponibilidad de pago por parte de la mayoría de usuarios de la localidad?	NA	Si
	Capacidad de pago de los usuarios de la localidad de estudio	\$ COP	40.000
	Capacidad de pago de los usuarios del municipio.	\$ COP	60.000

El siguiente aspecto a evaluar dentro de este criterio son, las inversiones realizadas en los sistemas de generación. Para esto se tiene en cuenta los siguientes valores de cada una de las alternativas:

- Costo o capital inicial de la inversión (\$)
- Costo Presente Neto (\$)
- Costo Nivelado de la Energía (\$/kWh)
- Costo anual de operación (\$/año)

Las alternativas que fueron factibles utilizando Homer, se ingresaron los datos asociados a su configuración, tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 34. Conjunto de alternativas factibles para el proyecto

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	PV	2.56 kW
	Battery	6 Hoppecke 12 OPzS 1500
	Generador	1,5 KW
	Convertidor	0.881
Alternativa 2	PV	2,10 kW
	Battery	12 Hoppecke 12 OPzS 1500
	Convertidor	0.899

Tabla 35. Costo relacionado por cada Alternativa

	Alternativa 1	Alternativa 2
Capital inicial	\$ 8.281	\$ 12.219
Costo Presente Neto	\$ 11.916	\$ 18.051
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.360/kWh	\$ 0.545 /kWh
Costo anual de operación	\$ 313.93 /yr	\$ 503.59 /yr

En la Figura 27, se muestran las alternativas seleccionadas y el nivel considerado de participación de cada uno de los componentes

Figura 27. Ingreso de configuración de las alternativas factibles

Selección de la mejor alternativa para energización de zonas rurales

Ingrese las configuraciones del sistema de generación más factibles encontrados en el Módulo 3: Software Homer®. De las configuraciones ingresadas se determinará la mejor alternativa energética para la localidad evaluada.

Selección Conjunto de Alternativas

Para seleccionar las alternativas entregadas por Homer® tenga en cuenta la siguiente nomenclatura [Ver nomenclatura](#)

Seleccione el número de alternativas a evaluar

Alternativa 1	<input type="text" value="DISF"/>	<input type="text" value="0,01"/>	<input type="text" value="0,99"/>
Alternativa 2	<input type="text" value="SF"/>		



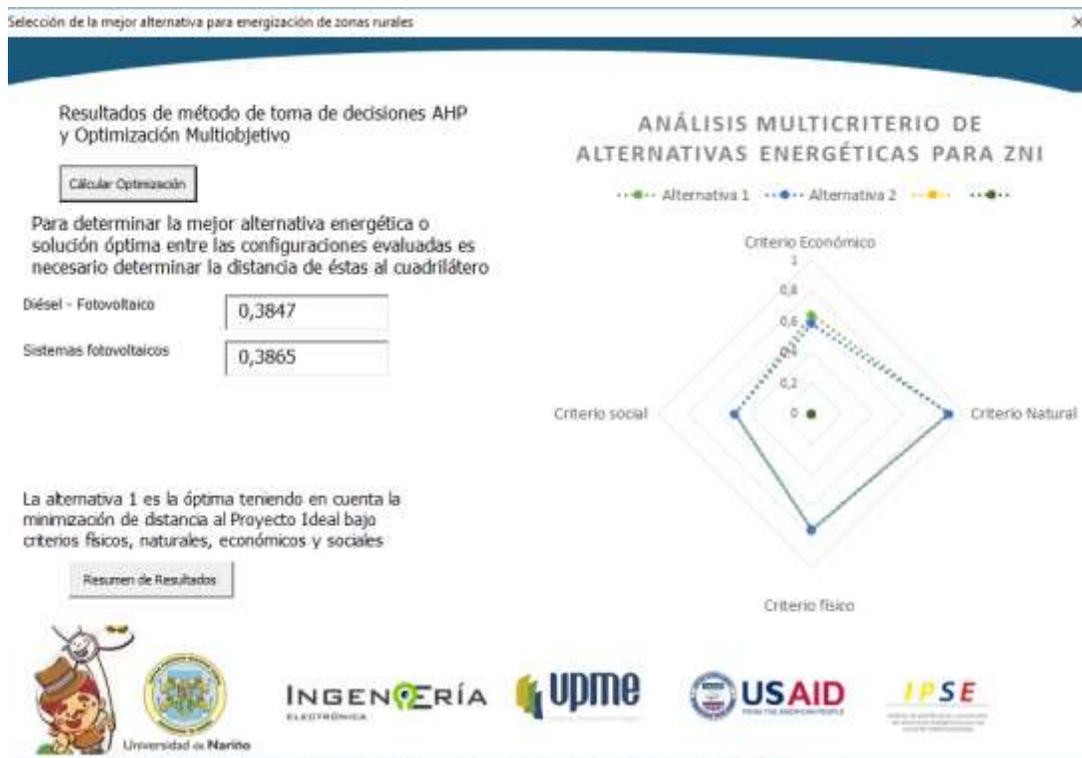
Ingresar Herramienta >>>



Resultados de la Simulación

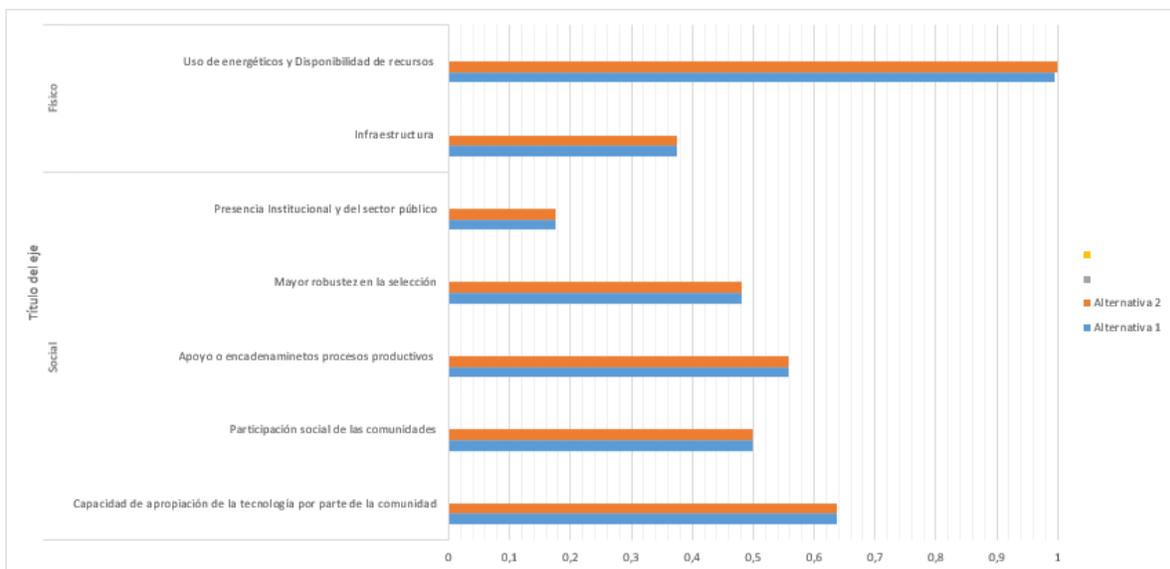
De acuerdo a la simulación de las alternativas en la metodología, se obtiene que la alternativa 1, se considera la óptima y que aporta más a cada criterio a evaluar. En la Figura 28, se muestran los resultados de la evaluación.

Figura 28. Resultados Evaluación de la sostenibilidad para las alternativas



En términos generales, el modelo considera que el uso del sistema híbrido Solar – Diesel (alternativa 1) es una solución sostenible en el tiempo y aporta significativamente a los capitales de sostenibilidad, sin embargo encuentra una dificultad en el criterio social, específicamente en la apropiación tecnológica que debería ser fortalecida dentro de los planes de acción debido a las debilidades de formación presente en la comunidad, siendo este un aspecto a trabajar dentro del proyecto para garantizar un círculo virtuoso.

Figura 29. Análisis y propuestas de sostenibilidad para los criterios que dependen de la localidad



Según la Figura No. 29 , se puede ver que el nivel educativo apropiación de la tecnología en la población es bajo, con tan solo 8 personas con niveles universitarios y 10 técnicos que representa tan solo el 10 % de la población con nivel de escolaridad alto.

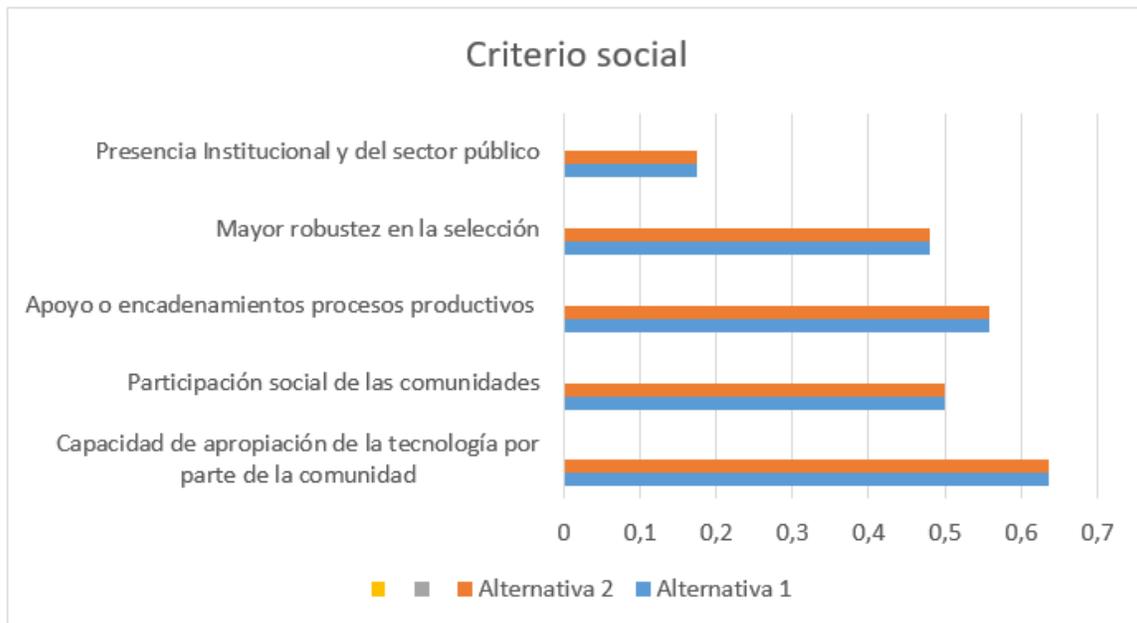
El objetivo del proyecto debe estar enfocado aprovechar las capacidades de estos profesionales, se propone entonces asignarles las obligaciones de dirección y veeduría

de los procesos como son mantenimiento, facturación del servicio, control interno y tesorería para los pagos de las obligaciones.

El criterio social también evalúa aspectos organizacionales de la localidad en términos de medir la capacidad de los pobladores en reunirse en torno a gremios, agrupaciones sociales, etnoculturales o religiosas para poder trabajar en conjunto y de forma solidaria tras un objetivo mutuo (Cherni, 2007); que en este caso sería la formar un esquema productivo mejor estructurado y sostenible en que se mejoren las prácticas de producción, así como las tareas de comercialización del café verde.

Por lo anterior y bajo las condiciones que la localidad muestra según los mismos resultados, los objetivos de este proyecto se pueden consolidar gracias a que la comunidad está organizada, y reconoce una forma de autoridad que los puede guiar y organizar para alcanzar las metas propuestas. Otro aspecto que tiene a favor, es su mediana participación electoral, esto significa que la comunidad se involucra en dar a conocer su opinión y está interesada en el proceso democrático.

Figura 30 .Resultados que dependen de la localidad





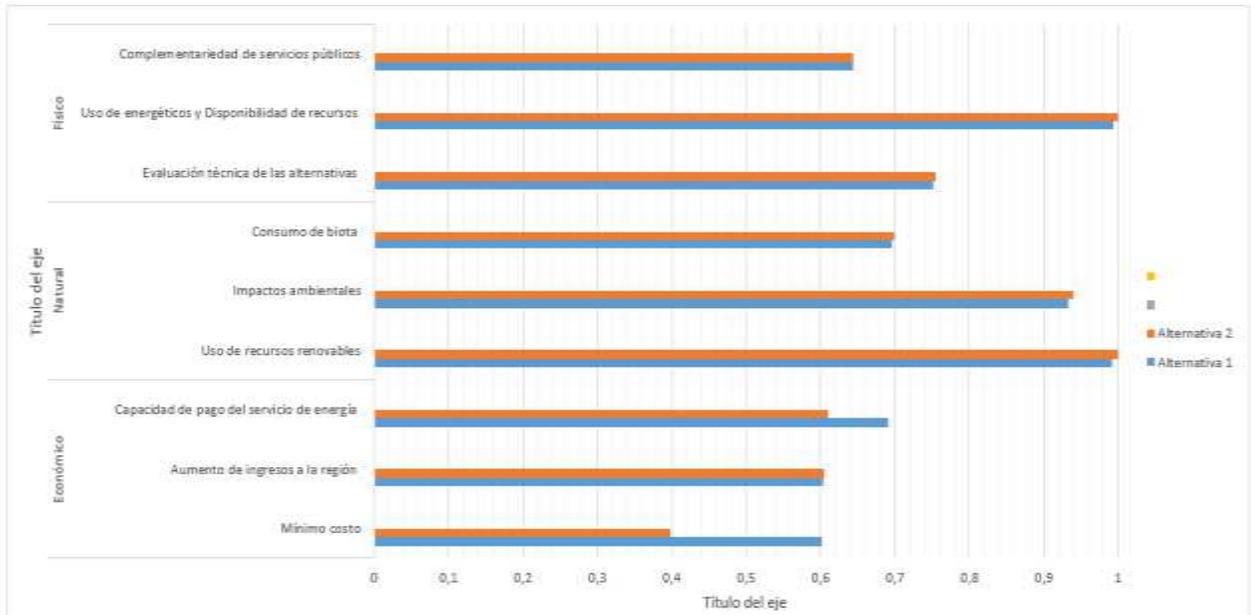
Como se mira en la figura, ambas alternativas aportan en el uso de los recursos naturales renovables.

Un elemento diferenciador dentro de la primera alternativa, con respecto a la segunda, se relaciona con su mayor robustez. Un sistema de generación es robusto cuando no permite mayor autonomía de uso en caso de fallas. En caso de la primera alternativa, el equipo electrógeno entra como respaldo en caso que se presenten emergencias.

- **Análisis y propuestas de sostenibilidad para los criterios que dependen de la alternativa**

Como se muestra en la figura 31, se realiza la calificación de los criterios dependiendo de la alternativa. Se puede ver que de acuerdo a la información suministrada al modelo, la alternativa 1 en términos de costo es mejor que la alternativa 2, debido a que la inversión inicial de la alternativa 1 es más baja (\$ 8.281) así como el costo nivelado de la energía (\$0.360/kWh).

Figura 31. Calificación de los criterios que dependen de la alternativa





6.3. CRONOGRAMA

(Ver Archivo Adjunto – Documento Técnico – Hoja Cronograma Flujo de Fondos)

6.4 PRESUPUESTO

(Ver Archivo Adjunto – Documento Técnico – Hoja Presupuesto).



7. BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA MUNICIPAL DEL COPEY. Secretaria de Planeación. Plan de Desarrollo Municipal. “En Buenas Manos por la Paz”. (2016 – 2019).

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO PARA EL FOMENTO DE LA CIENCIA, LA INVESTIGACION Y LA TECNOLOGIA. (2015). Estado de la Ciencia en Colombia. Bogotá.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADISTICA (2015). Caracterización Poblacional del Departamento del Cesar. .

ESTEVEZ, Natalia (2011). Energización de las zonas no Interconectadas a partir de las Energías Renovables Solar y Eólica. Universidad Pontificia Javeriana. Maestría en Gestión Ambiental. Bogotá.

GOBERNACION DEL CESAR. Secretaria de Planeación Departamental. Borrador Plan de Desarrollo del Departamento de Cesar. “El Camino de Desarrollo y la Paz”. (2016 – 2019).

UPME. (2011) Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia. Bogotá.

UPME. (2015). Integración de las Energías No Convencionales en Colombia. Bogotá.



Plan de Energización Rural Sostenible del Departamento del Cesar

(PERS- CESAR)

Convenio Interinstitucional

GOBERNACIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR

FRANCISCO OVALLE ANGARITA
Gobernador

CARLOS EDUARDO CAMPO CUELLO
Secretario de Agricultura y Desarrollo Empresarial

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME)

RICARDO RAMIREZ CARRERO
Director General

OSCAR PATIÑO ROJAS
Jefe Oficina de Gestión de Proyectos de Fondos

INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (IPSE)

NEILA LUZ BALETA MIZAR
Directora (E)

CONSORCIO PSC

ORANGEL DE JESUS NORIEGA
Coordinador Administrativo

GERARDO CHAVES
Asesor Externo

