



**ENERGIZACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA
CADENA PRODUCTIVA DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE URUMITA**



ENERGIZACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA CADENA PRODUCTIVA DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE URUMITA

Estado del Proyecto:

Prefactibilidad

EQUIPO FORMULADOR:

Ing. Jaime Luis Murgas Bornachelly

Esp. en Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública y Privada

Mauricio Brito

Ingeniero Ambiental

COLABORADORES

Jair Osorio León

Geógrafo

Tomás González

Ingeniero Mecánico

Elkin Mejía Suarez

Ingeniero Electrónico

Fermín Romero Fragoso

Ingeniero Electricista

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

PERS – Guajira

UPME

TETRATECH

CORPOGUAJIRA

Riohacha – La Guajira

2016

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
1. FICHA RESUMEN	5
2. RESUMEN DEL PROYECTO	6
3. IDENTIFICACIÓN	8
3.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	8
3.1.1. Diagnóstico del Área Influenciada del Proyecto	10
3.1.2. Diagnóstico de los Participantes	26
3.1.3. Descripción del Servicio	27
3.1.4. Análisis del Mercado	28
3.2. MARCO DE REFERENCIA	33
3.2.1. Contribución a la Política Pública	33
3.2.2. Antecedentes	35
3.2.3. Marco Teórico	36
3.3. PROBLEMA CENTRAL, CAUSAS Y EFECTOS	57
4. FORMULACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	58
4.1. NOMBRE DE LA ALTERNATIVA	58
4.1.1. Alternativas Posibles	58
4.1.2. Metodología de Selección de Alternativas	59
4.2. RESUMEN DE LA ALTERNATIVA	98
4.2.1. Descripción Técnica de la Alternativa Propuesta	99
4.2.2. Matriz de Costo de Transporte	104
4.2.3. Posibles Tarifas	107
4.2.4. Disponibilidad a Pagar	110
4.3. OBJETIVOS	111
4.3.1. General	111

4.3.2. Específicos	111
4.4. PRODUCTOS, ACTIVIDADES Y PERSONAL REQUERIDO	112
4.5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCION DE LA INNOVACIÓN PROPUESTA	113
4.6. METODOLOGIA Y DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES	113
4.7. INDICADORES DE OBJETIVO GENERAL, DE PRODUCTO Y DE GESTIÓN	114
4.7.1. Indicadores de Objetivo Específico, Producto y de Gestión	115
4.8. FUENTES DE VERIFICACIÓN Y SUPUESTOS	116
4.9. BIENES O SERVICIOS	117
4.10. BENEFICIOS E INGRESOS	118
4.11. HORIZONTE DEL PROYECTO	118
4.12. IMPACTOS ESPERADOS	119
4.13. EFECTOS AMBIENTALES	120
4.14. ANALISIS DE RIESGOS	130
4.15. ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD	135
4.16. CRONOGRAMA	150
4.17. PRESUPUESTO	150

1. FICHA RESUMEN

Título del Proyecto:	ENERGIZACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA CADENA PRODUCTIVA DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE URUMITA	
Proponente:	Centro Industrial y de Energías Alternativas – SENA Regional Guajira	
Población Beneficiaria:	98 Familias Caficultoras	
Operador:	A convenir	
Posibles Cooperantes:	Gobernación de la Guajira, Alcaldía Municipal de Urumita, SENA Regional Guajira, UPME.	
Departamento:	La Guajira	
Sub – Región:	Baja Guajira	
Duración del Proyecto:	12 Meses	
Costo Total del Proyecto:	\$ 3.208.196.700	
Monto Solicitado:	\$ 3.194.764.198	
Monto Total Contrapartida	\$ 13.432.502	
Contrapartida Entidades	En Efectivo (\$)	En Especie (\$)
Entidad Financiadora	\$ 3.208.196.700	
Comunidad		
SENA		\$ 13.432.502
Lugar de Ejecución del Proyecto:	Centro Poblado	Ciudad: Urumita
	Veredas: La Esperanza, Tierras Nuevas	Departamento: La Guajira
Responsable del proyecto:		Cargo:
	Empresa/Institución: Corpoguajira	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 de energización, el mejoramiento de las condiciones para el acceso al agua y el riego de cultivos ubicados en las estribaciones de la Serranía del Perijá, zona rural del municipio de Urumita en el sur del departamento de la Guajira.

La caficultura es considerada como la principal actividad productiva del territorio, según el último Plan de Desarrollo Municipal, “durante el último quinquenio, se vienen cultivando aproximadamente 1.475 hectáreas de café, de los cuales sólo 27.6% se encuentran debidamente tecnificados debido 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”¹.

En esta localidad se cultiva mayoritariamente café orgánico de las variedades típica y caturra, sin ningún tipo de transformación. La importancia de agregar valor al grano, se encuentra justificada en sus cualidades únicas, dada su denominación de origen “típica Perijá”², suceso que busca proteger los derechos y prácticas tradicionales de cultivo, garantizando su sostenibilidad ambiental.

En sí, se pretende beneficiar a 98 de 330 familias caficultoras, calificadas como víctimas del conflicto armado que se encuentran diseminadas entre las veredas La Esperanza - Tierras Nuevas en zona rural del municipio, las cuales no gozan del acceso al servicio de energía eléctrica.

Dada las condiciones especiales del terreno, esta propuesta de energización está dividida en dos ejes importantes de intervención. El primero corresponde a la instalación de una

¹ Alcaldía Municipal de Urumita. Plan de Desarrollo Municipal. 2012 – 2015.

² Según la Federación Nacional de Cafeteros, la denominación Típica Perijá, tiene características especiales por su origen, tamaño, aroma, cuerpo o sabor asociadas a la calidad del beneficio y el sistema de producción bajo sombra, suceso que permite conservar el equilibrio del ecosistema, es decir un producto eco sostenible.

microcentral hidroeléctrica de 15 kW para la operación posible de una planta de secado en la estación los Marimondos, conocido como el punto de encuentro en donde la mayor parte de los caficultores de otras zonas confluyen para bajar a lomo de mula sus cosechas y el segundo corresponde al montaje de 25 soluciones aisladas de energización que permitan mejorar las tareas de beneficio del café en las parcelas ubicadas en jurisdicción de la Vereda La Esperanza.

De modo complementario se realizará la adecuación de una red de suministro de agua para el riego de una hectárea de cultivo por cada parcela beneficiaria y la conformación de una red con 30 gestores para la concientización del buen uso de los recursos instalados.

Finalmente, esta actividad de producción de café se encuentra armonizada con los lineamientos condensados en el Plan de Regional de Competitividad, de manera explícita en el componente ambiental la “diversificación productiva y exportadora con base en productos orgánicos y agricultura sostenible (banano, cacao y café especiales) y energía renovables (eólica y biocombustibles)”³. Así mismo, el Plan de Desarrollo Departamental en su eje de Competitividad del sector agropecuario, destaca la caficultura como unas de los cultivos más representativos de la subregión de la Baja Guajira.

³ CORPOGUAJIRA, 2009. Plan Regional Estratégico de Producción Más Limpia y Consumo Sostenible de La Guajira.

3. 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 785 mil empleos directos, suceso que equivale al 26% del total de la ocupación generada en todo el campo”⁴. Estos indicadores no solo resaltan la importancia social y económica de la actividad sino que evidencian un 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 de la Guajira, no es ajeno a esta tendencia, dada las costumbres ascentrales de sus pobladores, en las estribaciones de la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada 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 esta actividad representa aproximadamente el “4% del PIB Agropecuario”⁵.

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 generando el retorno de los campesinos a sus fincas. Sin embargo, la poca disponibilidad de recursos para diversificar sus fuentes de alimentación y la ausencia de una oferta energética no permite el desarrollo de esta cadena productiva en el municipio de Urumita.

Según la exploración realizada en terreno, alrededor de 98 familias obtiene su sustento del cultivo de café, sin embargo sus bajos ingresos económicos limitan la ampliación en la

⁴ **FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS (2014)**. Informe del Gerente General. “Por la Caficultura que Queremos”. LXXX Congreso Nacional de Cafeteros. p 6.

⁵ **GOBERNACION DE LA GUAJIRA**. Plan de Desarrollo Departamental “La Guajira Primero”. 2012 – 2015. P 64.

cantidad de hectáreas cultivadas, la tecnificación del beneficio o el procesamiento futuro del grano. Igualmente no existen condiciones para la irrigación correcta de los cultivos y la conservación a largo plazo de alimentos perecederos.

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

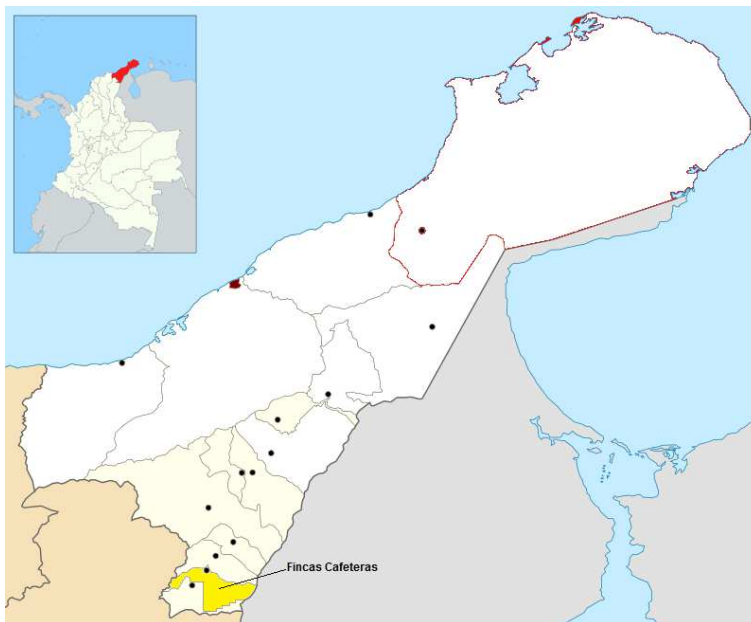
3.1.1. Diagnóstico del Área Influenciada del Proyecto

El área de influencia del proyecto se encuentra ubicada en la subregión natural de la Baja Guajira), específicamente a los 10°29' 31.62" N y 72°56 '41.63" O, conocido como la estación los Marimondos, punto de encuentro común de la mayoría de los caficultores que bajan de la Serranía del Perijá y las fincas ubicadas en la vereda La Esperanza. Este lugar con una altitud de 1.240 m.s.n.m se comunica con el municipio de Urumita mediante una carretera terciaria ligeramente pavimentada de 18 Kms de longitud.

Esta zona montañosa cuenta con una extensión aproximada de cultivos de café 1475 hectáreas. Estos suelos de aptitud media⁶ presentan una topografía quebrada que van desde los 1.000 – 1800 msnm, con una temperatura media de 20°C. La fertilidad de esta zona esta influenciada por la cuenca del Rio Marquesote y Rio Mocho, que cruza el municipio en dirección oriente – occidente. El siguiente mapa, muestra el área de ubicación del proyecto:

⁶ Son suelos de pendientes media, con algunas restricciones de riesgos por inundación leve. Aptos para el aprovechamiento agropecuario o para vivienda de mediana y baja densidad, con ciertas medidas de manejo ambiental.

Mapa 1. Ubicación del Area de Incidencia del Proyecto



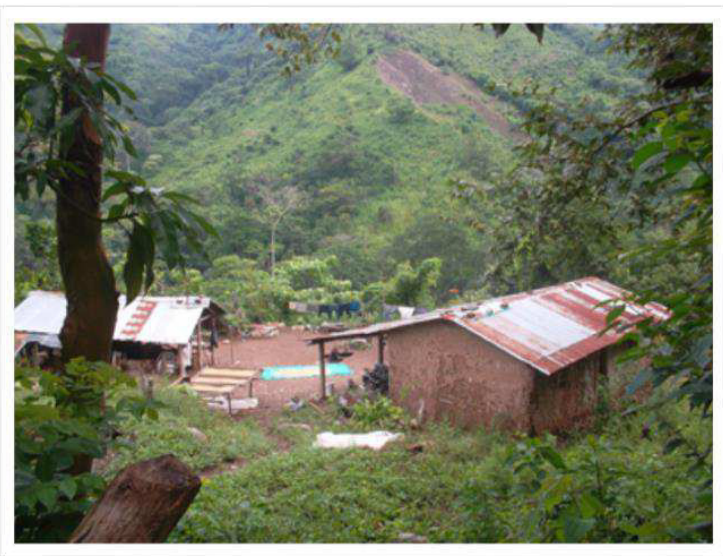
Fuente: Wikipedia. www.wikipedia.org. 2016.

Las comunidades asentadas en este territorio se encuentran dispersas ocasionados por las características del terreno, la extensión de los cultivos, la disponibilidad de una sola vía de acceso y la amplitud de la zona montañosa de la Serranía del Perijá (Fotografía 1).

Según información suministrada por la oficina de la UMATA Municipal (2015), además de la producción cafetera también se practican en menor proporción en esta zona la agricultura varios productos como el maíz, plátano, aguacate, yuca, la malanga y el tomate de árbol. 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 “Zona de Producción Agropecuaria Sostenible”⁷.

⁷ Alcaldía Municipal de Urumita. Esquema de Ordenamiento Territorial. 1999.

Fotografía 1. Vista Típica Finca Cafetera de la Zona



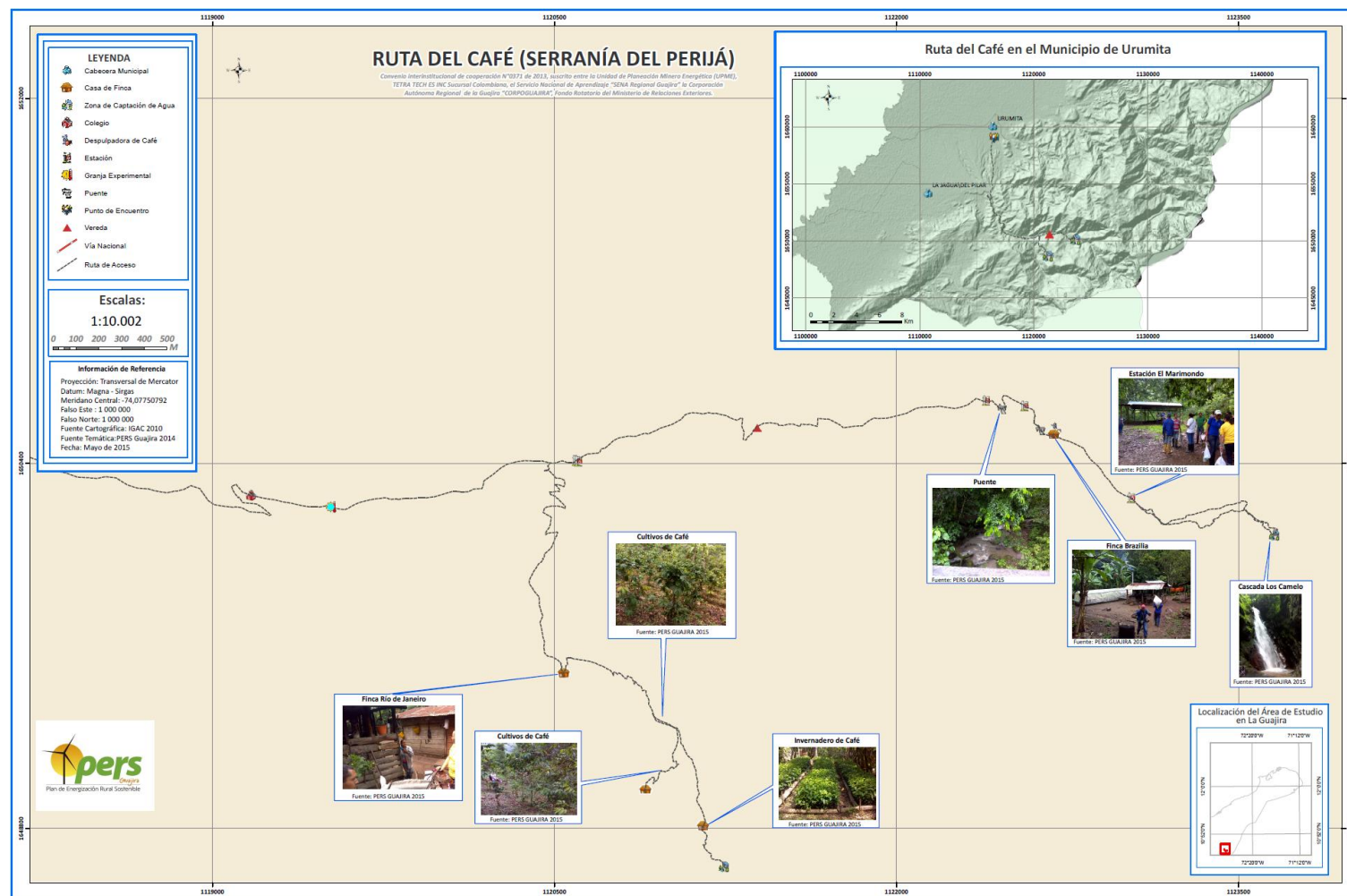
Fuente: Grupo de Investigación – PERS Guajira. 2015

- Población

El proyecto pretende beneficiar a 98 de 330 familias caficultoras asentadas en zona rural del municipio de Urumita. Esta población en su mayoría víctimas del conflicto armado y en procesos de retorno a sus fincas deben transportarse en muchos casos varias horas de camino a lomo de mula para sacar sus cosechas o subir los suministros, en este sentido la estación los Marimondos se convierten un punto donde convergen la mayoría de los caficultores con excepción de aquellos que viven en las laderas de la vereda la Esperanza (Mapa 2. Ruta del Café).

- **Población Afectada en el Territorio:** 330 Familias Caficultoras según datos suministrados por el Comité Departamental de Cafeteros Guajira - Cesar.
- **Población Objetivo del Proyecto:** 98 Familias Caficultoras

Mapa 2. Ruta del Café Municipio de Urumita



Fuente: Osorio, Jair. Geógrafo. Equipo Pers – Guajira. 2015

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 Esperanza - Tierras Nuevas, Tres Picos, El Tirol	98	18 Kms (Estación Los Marimondos – Urumita)	1475	25 (Vereda La Esperanza)	Vía terciaria semi - pavimentada en Placa Huella 8,9 Km + 9,1 Km en tierra.	Algunas fincas cuenta con pequeños nacimientos de agua. Vale la pena resaltar que en la estación los Marimondos se encuentra al pie del Rio Marquesote.	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 y una granja experimental en la vereda La Esperanza.

- **Características Socioeconómicas de la Población**

Las familias ubicadas en la zona rural del municipio de Urumita, en su mayoría son campesinos víctimas del conflicto armado 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 en las fincas 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 la cría de aves y el desarrollo de cultivos de pan coger.

En la actualidad, la Federación Nacional de Cafeteros viene realizando la renovación de cafetales, envejecidos por el abandono forzado del territorio, sin embargo este 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.

En la zona existe una escuela experimental de básica primaria, sin embargo su nivel de cobertura es limitado.

- **Esquema Organizativo**

La mayoría de los productores de la zona, pertenecen a la cooperativa de caficultores del municipio de Urumita. El liderazgo es asumido por dos personas reconocidas de la región (Ver Tabla 2). A mediano plazo se tiene planteando la posibilidad de crear una organización que realice la administración del servicio de energía y los mantenimientos de los sistemas que se vayan a instalar.

Tabla 2. Datos de Contacto Líderes Comunitarios

Nombres y Apellidos	Zona	Profesión	Teléfono
Oscar Castellanos Currea	Vereda La Esperanza	Caficultor/ Ingeniero Electromecánico	312 660 7329
Bedel Vanegas	Estación Los Marimondos	Caficultor	312 694 7001

- 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 rural del municipio de Urumita se tienen cultivadas 1475 hectareas de café de las variedades Típica Perijá y Caturra, donde el 72,33%, se siembra en forma tradicional, en “sistemas agroforestales bajo sombra”⁸ 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, dado que en el pasado se sufrió el desplazamiento forzado de los caficultores de sus fincas asociado principalmente a la incursión de los grupos insurgentes a finales de los años 90.

⁸ En estos sistemas se utilizan árboles para proporcionar diferentes niveles de sombrero 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.

En condiciones normales, una hectárea de café típica tecnificado puede generar niveles de rendimiento de hasta 1000 Kgs. Vale la pena resaltar que esta variedad de café se encuentra tipificado dentro de la categoría de los “cafés especiales”⁹, dada sus cualidades únicas en relación su origen, calidad del beneficio y el sistema de producción bajo sombra, permite una producción sustentable con el medio ambiente.

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

⁹ Según la Federación Nacional de Cafeteros, los *cafés especiales* son aquellos valorados por los consumidores por sus atributos consistentes, verificables y sostenibles, por los cuales están dispuestos a pagar precios superiores, que redunden en un mejor ingreso y un mayor bienestar de los productores.

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.

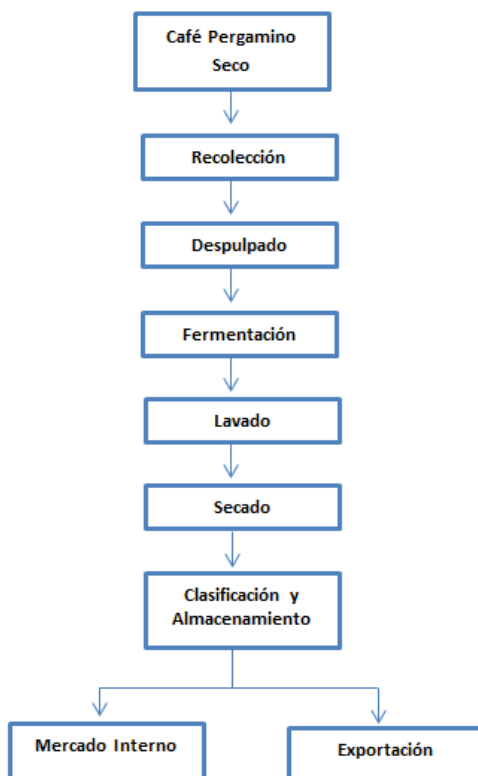
En esta etapa es conveniente evitar que el café se sobre fermente, o no se fermente suficiente, porque pierde calidad el grano.

- **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. 2015.

En un futuro cercano se piensa involucrar a los campesinos de la zona en el proceso transformación y comercialización posterior del café molido tostado como punto de partida para la generación de valor del grano. En este sentido, existe en estos momentos una microempresa que viene siendo apoyada por el programa de emprendimiento de la gobernación que busca a mediano plazo posicionar la marca Café Guajiro en el ámbito regional.

Registros Fotográficos – Proceso Productivo del Café Urumita

Fotografía 1. Vista Áreas de Cultivo



Fotografía 2. Recolección



-Fotografía 3. Despulpado



Fotografía 4. Fermentación



Fotografía 5. Zona de Lavado



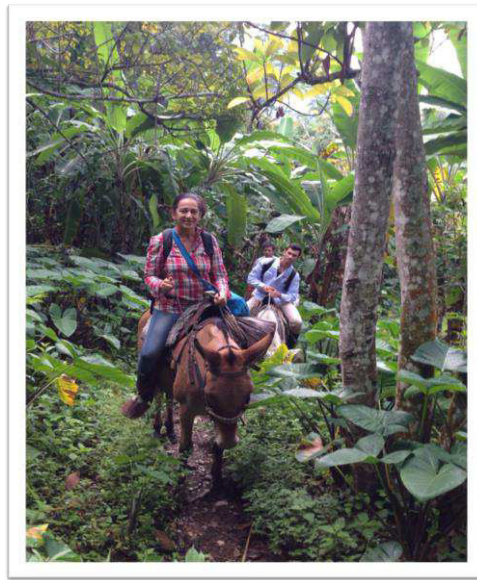
Fotografía 6. Secado



Fotografía 8. Secadores Parabolicos



Fotografía 9. Transporte



Fotografía 9. Empaque



- **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). Cada productor paga aproximadamente \$ 80.000/ viaje a los transportadores de la región con el fin de realizar llevar el producto a los centros de acopio en Urumita.

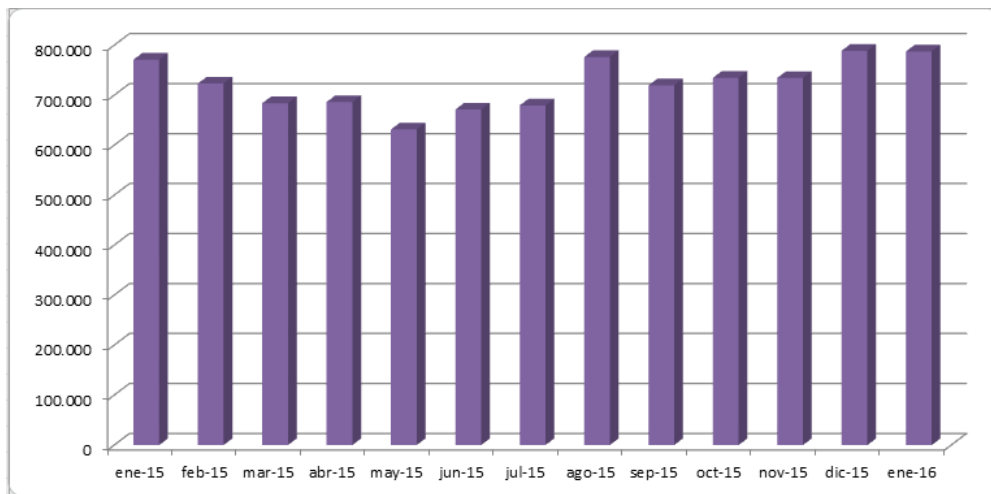
- **Esquema de Precios:**

“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 (Ene/2016), es de “\$ 787.685 M/L”¹⁰. La siguiente figura muestra la variación promedio de peso de carga (125 Kgs) de café pergamino seco durante el último año:

¹⁰ Federación Nacional de Cafeteros. Histórico Tabla de Precios Interno Base de Compra de Café Colombiano. Enero del 2016.

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



Fuente: Federación Nacional de Cafeteros. 2016.

3.1.2. Diagnóstico de los Participantes

Participante	Posición	Tipo de Contribución	Experiencia Previa
Centro Industrial y de Energías Alternativas SENA – Regional Guajira	Cooperante	Asistencia Técnica	La entidad es líder regional en el proceso de formación, investigación en el área de energías renovables.
Corporación Autónoma Regional de la Guajira (Corpoguajira)	Cooperante	Asistencia Técnica	La máxima autoridad ambiental departamental tiene experiencia en el proceso de ejecución de proyectos de generación energética, desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua para comunidades vulnerables.
Unidad de Planeación Minero Energetica (UPME)	Cooperante	Asistencia Técnica	Esta entidad tiene una amplia experiencia en el proceso de evaluación de proyectos de desarrollo energético en el territorio nacional.
Tetra – Tech	Cooperante	Asistencia Técnica	Empresa dedicada al asesoramiento y la gestión empresarial.
Gobernación de la Guajira	Posible Cooperante	Recursos de Cofinanciación	La Gobernación a través de la secretaría de desarrollo económico se encarga de administrar y destinar recursos del Sistema General de Regalías.
Alcaldía Municipal de Urumita	Posible 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 de Urumita	Beneficiario	Recurso Humano	Participar activamente durante la ejecución de la propuesta.

3.1.3. 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 la construcción y operación de una planta de secado en la estación los Marimondos, dada la importancia estratégica de esta ubicación y la energización aislada de 25 fincas cafeteras que se encuentran en la vereda la Esperanza, zona montañosa de la Serranía del Perijá. La importancia de dotar a estas fincas de energía eléctrica radica en el mejoramiento del proceso de beneficio del café y la conservación a mediano plazo de los alimentos que hacen parte de la dieta de las familias caficultoras. Igualmente con la construcción de un micro acueducto, se busca asegurar el abastecimiento de agua para el desarrollo de las tareas de cultivos en la zona.

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	50	150	300	500
Horas diarias de servicio	4	5	8	10
KW/usuario	0,28	0,3	0,32	0,34
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 serían del tipo 1, discriminados así:

- ✓ 8,6 kWp generado por una PCH para el centro de acopio y la planta de secado.
- ✓ 1,3 kWp por cada solución aislada de energización para las fincas beneficiadas.

3.1.4 Análisis del Mercado

- Estimación de la Demanda

El análisis de la demanda es un aspecto importante en 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 potencia.

La siguiente tabla muestra el potencial de consumo diario (cuadro de cargas) considerado para la operación posible de la planta de secado, incluyendo el consumo de una finca cafetera, dado que se encuentra en la zona donde sería construida la casa de máquinas de la microcentral hidroeléctrica.

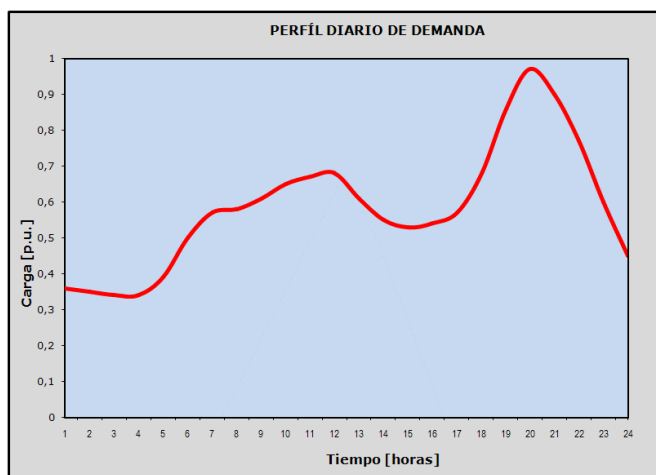
Tabla 4. Estimación Demanda de Consumo Promedio

Equipos	No. de Equipos Simultáneos	Potencia	Tiempo h/día	Consumo (Wh/día)
Planta de Secado				
Secadora Rotativa SG- 4	1	5980	24	143520
Lámparas	6	100	10	6000
Finca Cafetera				
Lámparas	4	100	6	2400
Nevera	1	180	18	3240
Despulpadora	1	560	6	3360
Licuadora	1	100	0,2	20
Celular	1	50	4	200
Otros	1	200	6	1200
Total Consumo Wh/día				159940

Fuente: Equipo Investigador PERS – Guajira.2015.

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 variación de los picos de consumo de ciertos elementos electrónicos. 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.

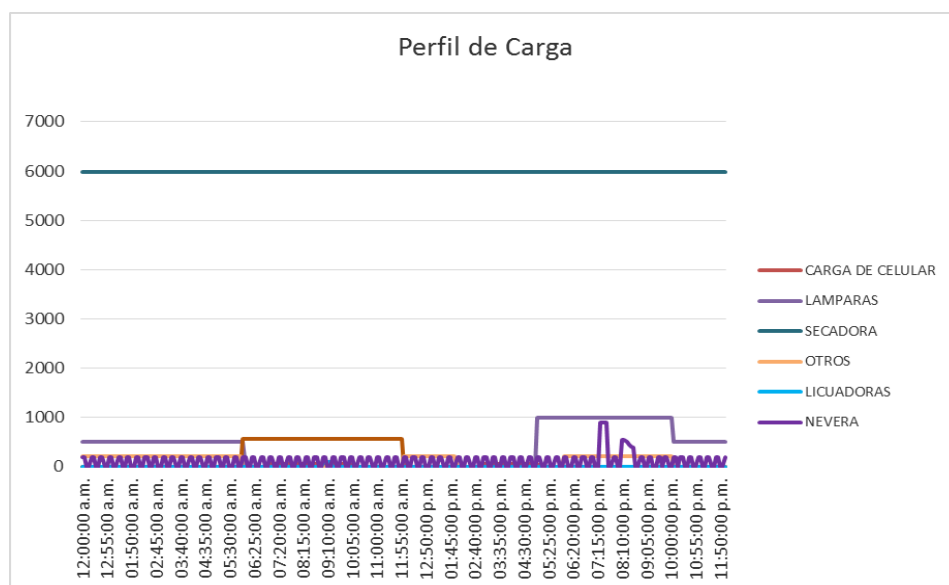
Lamentablemente esta técnica no toma en cuenta la cantidad de equipos simultáneos que se utilizan a determinada hora del día por los usuarios.

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 Nariño¹¹. La Figura 4, muestra el comportamiento posible de la demanda que tendrá

¹¹ 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.

el consumo de los equipos durante un día completo en el primer punto de consumo (Estación los Marimondos).

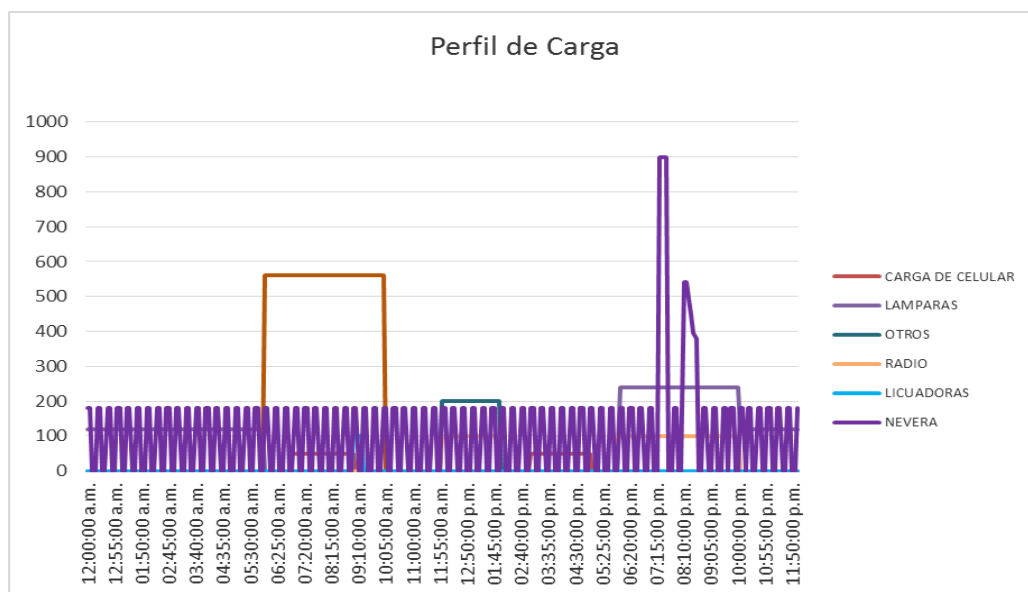
Figura 4. Perfil de Carga Estación Los Marimondos



El esquema muestra una curva de color verde que indica el consumo continuo de la secadora. Sin embargo hay que tener en cuenta que el funcionamiento este equipo se efectúa sólo durante el periodo de cosecha. Los picos de potencia que toman una forma rectangular en cada instante de tiempo son debido al régimen de funcionamiento de la nevera.

La Figura 5, muestra el perfil posible de demanda de consumo en una finca típica cafetera:

Figura 5. Perfil de Consumo Fincas Cafeteras



Fuente: UPME – PERS Guajira. 2015.

Según este modelo, se considera que la potencia de consumo requerida para poner en funcionamiento la planta de secado (incluyendo una finca cafetera) es de 161 kWh/d y para cada solución aislada a instalar por beneficiario sería de 8,04 kWh/d.

3.2 MARCO DE REFERENCIA

3.2.1. Contribución a la Política Pública

Esta propuesta se encuentra armonizada con los lineamientos condensados en el Plan de Regional de Competitividad, de manera explícita en el componente ambiental, la “diversificación productiva y exportadora con base en productos orgánicos y agricultura sostenible (banano, cacao y café especiales) y energía renovables (eólica y biocombustibles)”¹². Así mismo, el Plan de Desarrollo Departamental en el Capítulo X. Competitividad Regional, establece las directrices necesarias para el desarrollo agropecuario del territorio, con una meta a mediano plazo de incrementar en 500 hectáreas la cantidad de área sembrada de productos agrícolas y se destaca la caficultura como unas de los cultivos más representativos de la zona sur del departamento de la Guajira.

En el escenario local, el plan de desarrollo municipal de Urumita (2012 – 2015), “Con Equidad Social”, en el lineamiento de competitividad se establece el firme propósito de apoyar el proceso de fortalecimiento de la cadena productiva del café a través del fomento de la producción orgánica, la renovación de cafetales y la inyección de recursos que permita la mejora de la productividad de la actividad agrícola.

¹² CORPOGUAJIRA, 2009. Compendio tomado del Plan Regional Estratégico de Producción Más Limpia y Consumo Sostenible de La Guajira y del Plan Regional de Competitividad de La Guajira.

Figura 6. Contribución a la Política Pública

Plan del PND

(2014-2018) Por un Nuevo País

Programa del PND

Pilar: Equidad

Estrategia Regional: Caribe Prospero y sin Pobreza Extrema

Departamental:

Plan de desarrollo. La Guajira Primero (2012 -2015)

Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Guajira (2013 – 2018).

Programa del Plan desarrollo Departamental o Sectorial

Eje X. Competitividad Regional – Ciencia y Tecnología

Apuestas Sociales: Uso de las Energías Renovables.

Municipal:

Plan Municipal de Desarrollo “Con Equidad Social” Municipio de Urumita. (2012 – 2015).

- **Lineamiento Estratégico:** Urumita Equitativamente más Competitiva.
- **Objetivo Estratégico:** Gestar desarrollo empresarial como mecanismo de diversificación y fortalecimiento de la economía Municipal.
- **Estrategia:** Desarrollo Agroindustrial y Cadenas Productivas como Fuente de Empleo.

Fuente: Equipo Investigador PERS – Guajira 2015.

3.2.2. Antecedentes

En Colombia, existen numerosos trabajos e investigaciones relacionadas con la implementación de pequeñas central hidroeléctricas (PCH), 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 investigadores de la Universidad Nacional, liderado por el ingeniero Fabio Sierra, director del grupo de investigación “Mecanismos de desarrollo limpio y gestión energética, 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)	Consortio 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
Universidad Nacional Programa de Ingeniería Mecánica	Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: Alternativa real de generación eléctrica.	Fabio Emiro Sierra María Fernanda Sierra Carlos Alberto Guerrero	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
Universidad de la Guajira – Fundación Universitaria del Norte	Desarrollo del Programa de I+D en Energías Renovables en el departamento de la Guajira	Ricardo Vásquez Padilla	2013

Fuente: Compilación. Equipo Investigador PERS Guajira. 2015.

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/m^2 .

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.

- Inversor Corriente Directa-Corriente Alterna (CD/CA)

-Energía eólica

La energía eólica es la energía cinética de las moléculas de aire en movimiento. La energía cinética puede ser transformada en energía mecánica rotacional, al generar el movimiento de las palas de un rotor. La energía mecánica puede ser implementada para desarrollar trabajo mecánico (ej, molinos, bombas de agua), o puede ser

transformada en electricidad mediante un generador. En cada transformación, parte de la energía es disipada en forma de calor (energía calórica).

El recurso eólico se mide a partir de la velocidad del viento (m/s) a determinada altura, o de la densidad de potencia eólica (W/m^2) a determinada altura; la densidad de potencia (e) es proporcional a la densidad del aire y al cubo de la velocidad del viento.

La velocidad del viento se ve afectada por la altura y la rugosidad del terreno; la velocidad del viento aumenta con la altura, y un terreno liso favorece la velocidad del viento y disminuye la formación de turbulencias. Adicionalmente, la densidad de potencia eólica se ve afectada por la densidad del aire; a mayor densidad del aire, mayor densidad de potencia; la densidad del aire, a la vez, depende de la temperatura y presión atmosférica del lugar.

- **-Generadores eólicos o aerogeneradores**

Los aerogenerador transforman la energía cinética de las moléculas de aire en electricidad (movimiento de partículas portadoras de carga, electrones). Existen aerogeneradores de eje horizontal (los más comunes) y de eje vertical. Los componentes principales de un aerogenerador de eje horizontal son:

- **Rotor:** su función es transformar la energía cinética del viento en energía mecánica; está conformado por la palas y el buje que las une.
- **Palas:** similares a las alas de un avión, la mayoría de aerogeneradores tiene tres palas.
- **Góndola:** su función es transformar la energía mecánica del rotor en energía eléctrica; está conformado por diferentes dispositivos en el interior (como el generador y el multiplicador), y un anemómetro y una veleta en su exterior.



- **Multiplicador:** multiplica la velocidad de giro que llega del rotor
- Generador:** transforma la energía mecánica en eléctrica, normalmente generando corriente alterna.

- **Los sistemas Hidroeléctricos:**

Las plantas hidroeléctricas, como su nombre lo indica, generan electricidad a partir de la energía del agua, todo en un proceso de transformación de energía, en el que en un primer momento se tiene energía potencial en un embalse o toma, luego energía cinética en las tuberías de conducción, seguidamente de energía mecánica en la turbina, que acoplada a un generador finaliza con la transformación en energía eléctrica aprovechable; todo en un proceso de generación de energía que es limpio, lo cual es muy importante.

Las pequeñas plantas hidroeléctricas son las que se encuentran en un rango de potencia menor a los 1000 kW por unidad, y en estas están las mini-centrales (100 kW a 1000 kW), micro-centrales (10 kW a 100 kW) y las picocentrales (1 - 10 kW). Una de las características principales de este tipo de plantas, es que operan “a filo de agua”, o sea, sin ninguna regulación con embalses, por lo que son muy susceptibles a las variaciones de caudal. Además de que tienen como principal objetivo, la generación de energía para el autoconsumo, o sea en el mismo lugar de la producción, funcionando de manera aislada en este caso; sin dejar por fuera la posibilidad de funcionar conectadas a la red eléctrica comercial con el fin de obtener una ganancia económica.

Abonado a la ventaja de energía limpia, se pueden encontrar otras ventajas en las pequeñas plantas hidroeléctricas, tales como los bajos costos de generación y mantenimiento, la posibilidad de operación las 24 horas del día si se quisiera, impacto ambiental mínimo, además de las bajas pérdidas de energía en comparación con sistemas convencionales de generación.

En contraste, se tienen desventajas, tales como la dependencia de factores geográficos y meteorológicos, así como unos costos de inversión considerables si se requieren obras civiles mayores al interior de la bocatoma y el área de carga del agua.

– **Clasificación.**

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de embalse así: de agua fluyente, de embalse, de bombeo y mareomotrices. Según la altura de la fuente o cabeza hidráulica: en pequeñas cuando el salto es menor a 15 metros, medianas cuando el salto está entre 15 y 50 metros y grandes cuando es de más de 50 metros. Y según la cantidad de energía hidroeléctrica han sido clasificadas en grandes, medianas y pequeñas centrales.

Tabla 6. Clasificación de las Plantas Hidroeléctricas

Potencia	Tipo
0,1 – 0,99 MW	Pequeñas Centrales PCH
1 – 9,9 MW	Medianas
> 10 MW	Central

Fuente: Sierra, Fabio. Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: Alternativa real de generación eléctrica. Universidad Nacional. 2011.

Las pequeñas centrales –PCH a su vez se subdividen en pico, micro, mini y pequeña generación, y aunque los rangos pueden variar según el país y la organización ya que no se ha establecido un criterio único para la subdivisión, en Colombia los intervalos establecidos por la Comisión de Regulación de Energía y Gas-CREG son los siguientes:

Tabla 7. Tipología de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)

Potencia	Tipo
1 – 10 KW	Picocentral
10 - 100 Kw	Microcentral
100 – 1000 Kw	Minicentral
> 10 MW	Central

Fuente: Sierra, Fabio. Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas. Alternativa real de generación eléctrica. Universidad Nacional. 2011.

En la siguiente tabla se presentan los rangos utilizados por la Organización Latinoamericana de Energía OLADE.

Tabla 8. PCH según el rango de Caída de Agua.

Potencia	Tipo	Salto		
		Bajo	Medio	Alto
0,5 – 5 Kw	Picocentral	N.A.		
5 – 50 Kw	Microcentral	<15	15 – 50	> 50
50 – 500 Kw	Minicentral	<20	20 - 100	> 100
500 – 5000 Kw	Peq. Central	<25	25 - 130	> 130

Fuente: Sierra, Fabio. Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: Alternativa real de generación eléctrica. Universidad Nacional. 2011.

Las pequeñas centrales hidroeléctricas-PCH empezaron su expansión a principios del siglo XX, caracterizándose por ser tecnologías sencillas, de fácil adaptación e instalación, reducido costo de operación y mantenimiento (Ortiz Flórez, 2001), moderado o nulo impacto ambiental y larga vida útil, haciéndolas soluciones viables para pequeñas poblaciones no interconectadas con condiciones de topografía, pluviometría e hidrológica convenientes, que pueden reemplazar los generadores de diésel o incluso suministrar, por primera vez, electricidad a comunidades aisladas, para reducir la necesidad de abastecimiento de combustibles fósiles e impulsar el desarrollo socioeconómico en el medio rural.

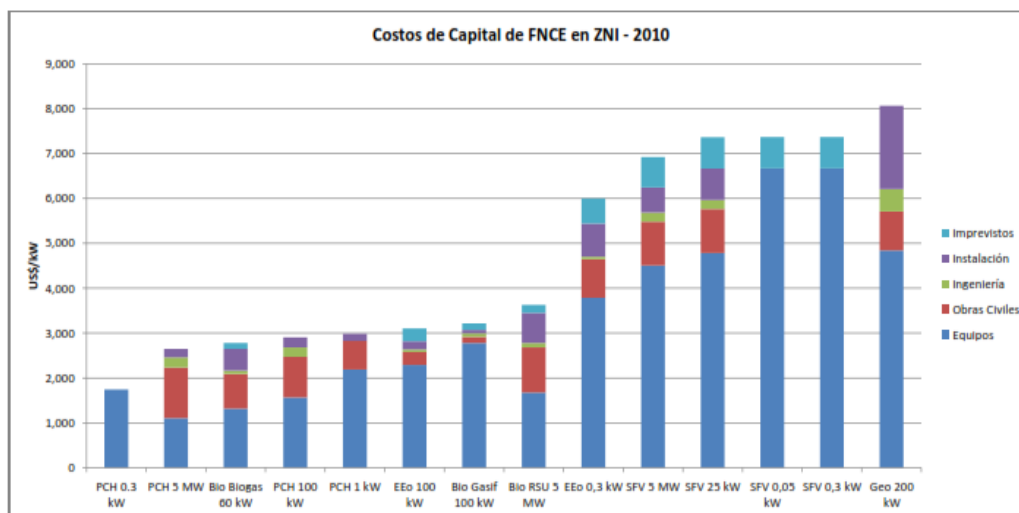
Adicional a que estas micro- hidroeléctricas, en conjunto con los pequeños generadores eólicos y fotovoltaicos pueden ser sistemas económicamente atractivos, en comparación con la extensión de redes para facilitar el acceso a la electricidad en pequeñas aldeas remotas. (Nouni, 2009).

– Ventajas Económicas del Sistema

Los costos específicos de las pequeñas centrales hidroeléctricas varían desde 700 hasta 1700 USD por 1 KW de capacidad instalada, las cargas en el transporte y las instalaciones pueden incrementar el valor entre 1700 – 4200 USD por Kw. Generalmente estos gastos se determinan por las condiciones del emplazamiento, la tecnología utilizada, las facilidades de transporte, etc. En estos gastos, de un 30% a un 50% corresponde a obras civiles, el equipo electromecánico de 20% a 35%, el sistema de transmisión 10% - 25% y la administración de un 5%.

Asi mismo, según un trabajo realizado por la Corporación para la Energía y el Medio Ambiente (CORPOEMA), los costos estimados para el 2015, para la implementación de proyectos de generación de energías renovables en ZNI del territorio nacional oscilan alrededor de 4200 \$US/ Kw. Finalmente, los costos de instalación de proyectos de hidroenergía son considerablemente más bajos que otras fuentes renovables de generación, tal como se demuestra en el siguiente gráfico:

Figura 7. Costos de Capital de Sistemas No Convencionales de Generación en ZNI



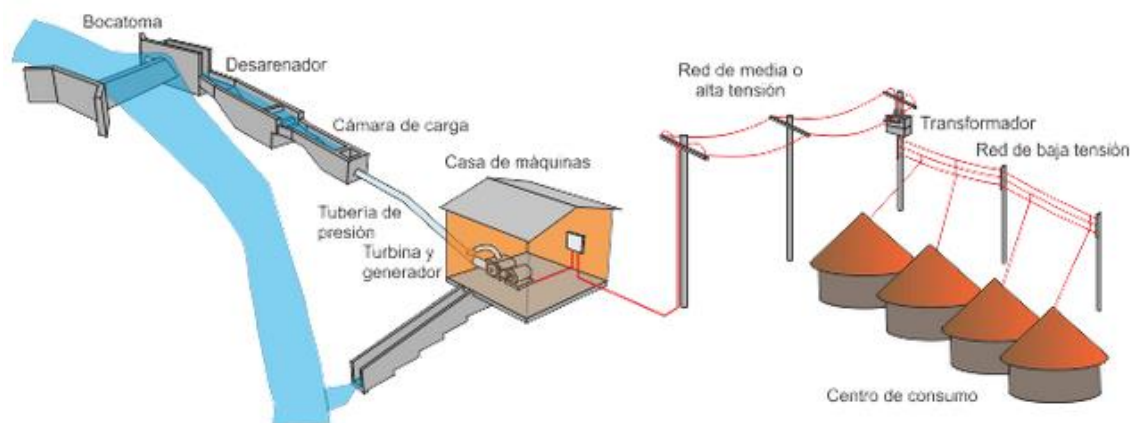
Fuente: Plan de desarrollo para Fuente No Convencionales de Energía en Colombia. UPME. 2010.

– Los Sistemas Microhidroelectricos

Los sistemas micro hidroeléctricos aprovechan los recursos hídricos sin deteriorar el medio ambiente. Sus obras civiles son de bajo impacto ambiental pues en la mayoría de casos no requieren de represas que inundan tierras fértiles o de reserva natural. Por el contrario promueven la conservación de las cuencas ya que crean conciencia en los usuarios de la importancia del agua y su conservación debido a la íntima relación que existe entre el caudal de agua y la cantidad de energía generada. La microhidroenergía hace uso de un recurso natural renovable de una forma sostenible.

El esquema básico de los aprovechamientos hidroeléctricos comprende una bocatoma sencilla, desarenador rectangular, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas, y equipo turbo-generator. Adicionalmente podrá ser necesario instalar una red de baja o media tensión para interconexión eléctrica con el centro de consumo.

Figura 8. Descripción General del Sistema (PCH)



Fuente: <http://www.aprotec.com.co>. 2015.

Las aguas se derivan de la quebrada a través de una bocatoma sencilla hacia un tanque desarenador y cámara de carga a partir de la cual se desprende la tubería de presión hacia la casa de máquinas que alberga el equipo turbo-generador.

En sí, este sistema se constituye en la mejor alternativa para la electrificación de poblaciones ubicadas en ZNI en donde por condiciones topográficas y naturales resulta posible la instalación de microcentrales hidroeléctricas. Este esquema requiere de obras civiles sencillas, de una inversión financiera baja y permite la participación de la comunidad durante la construcción, su puesta en marcha y operación.

-Estructuras hidráulicas (Obra civil)

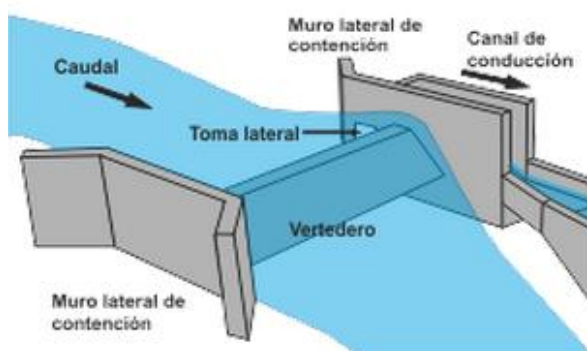
Dentro del proceso del planeamiento de la obra civil para las micro-centrales hidroeléctricas (MCH) se conocen los siguientes componentes básicos que conforman el conjunto:

- La bocatoma.
- El desarenador y la cámara de carga.
- Las obras de caída y tuberías forzadas.
- La casa de máquinas y fundamentos de equipamiento.
- El canal de descarga.

– **La bocatoma**

Es la estructura inicial y tal vez la más importante, mediante la cual se capta el recurso hídrico necesario para el funcionamiento de los equipos transformadores de la energía hidráulica, y cuyo emplazamiento, cálculo, diseño y construcción debe responder necesariamente a las exigencias mínimas establecidas. Esta se diseñará para las condiciones de máxima avenida probable del recurso hídrico y su proceso constructivo deberá desarrollarse de preferencia en períodos de estiaje o ausencia de lluvias.

Figura 9. Perfil de la Bocatoma



Fuente: <http://www.aprotec.com.co>. 2015.

– El desarenador y la cámara de carga (o tanque de presión)

Son dos estructuras que normalmente se construyen adyacentes a través de las cuales se pueden eliminar por decantación la mayor proporción de material fino y en suspensión que contiene el recurso hídrico y que llega a la primera, y al mismo tiempo lograr que la tubería forzada trabaje a sección llena evitando acciones de sobrepresión o “cavitación”¹³ a través de la segunda. Normalmente se construyen de concreto armados y formándose pequeñas burbujas, que estallan al ser arrastradas a zonas de mayor presión. La formación de estas burbujas y su subsiguiente estallido, es lo que se conoce como cavitación, y puede producir daños considerables. El semienterrado y sus características geométricas están influenciados por el caudal de diseño del sistema y por la velocidad de sedimentación de las partículas en arrastre principalmente.

¹³ Fenómeno que se presenta cuando la presión en un líquido, desciende por debajo del punto de vaporización.

- **Las obras de caída**

Están constituidas básicamente por estructuras de soporte y fijación o empotramiento de la tubería forzada al terreno, para las cuales el suponer un comportamiento estático de solicitaciones en el diseño es suficientemente aceptable; sin embargo, es en el proceso constructivo donde se debe tener especial cuidado en la utilización de materiales y mano de obra de la mejor calidad que aseguren la estabilidad y empotramiento adecuados de la tubería. Estas estructuras de fijación o bloques de anclaje tendrán diferentes diagramas de fuerzas si son saltantes hacia afuera o hacia adentro para el caso de cambios de dirección en el desarrollo de la tubería.

- **Tuberías forzadas**

Transportan el caudal de agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas. Las tuberías forzadas pueden instalarse sobre o bajo el terreno, según sea la naturaleza de éste, el material utilizado para la tubería, la temperatura ambiente y las exigencias medioambientales del entorno.

La tubería de presión para estas minicentrales puede ser construida de acero o de cloruro de polivinilo (PVC). En el caso que la tubería forzada sea de acero, lo mejor es tenderla en forma aérea, montada sobre apoyos de concreto así se le puede dar mantenimiento. En caso de usarse tubería PVC, esta debe de enterrarse.

- **La casa de máquinas (o casa de fuerza)**

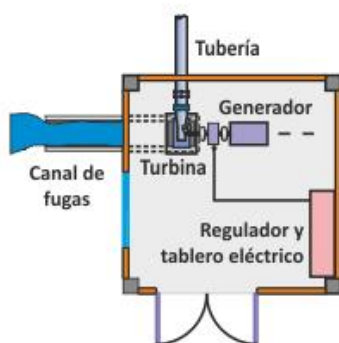
Se puede considerar como el corazón de la microcentral hidroeléctrica. En ella se alojará prácticamente todo el equipamiento electromecánico que conforma el proyecto y dependiendo de las características y dimensiones de los mismos se tendrán establecidas la estructuración y arquitectura de aquella. En muchos casos, también

alojará la subestación transformadora o deberá prever áreas para futuras ampliaciones o instalación de equipos que en algún momento trabajarán en paralelo.

Es frecuente el uso de microcentrales hidroeléctricas en el medio rural para el procesamiento agro-industrial. Para estos casos, la concepción de la casa de máquinas deberá prever los espacios necesarios para tales equipos en mérito a sus características físicas y de funcionamiento o accionamiento a través del sistema de transmisión desde la turbina. Complementos fundamentales de la casa de máquinas son la ubicación y concepción de los fundamentos o apoyos del equipamiento (turbina, generador, regulador, etc.), para los cuales el dimensionamiento debe ser el más exacto posible que facilite el proceso de montaje de aquellos.

Estos deberán ser diseñados para absorber durante su vida útil solicitudes de vibración y de impacto que pudieran originarse por el funcionamiento deficiente del equipamiento (golpe de ariete, por ejemplo). Es práctica frecuente y recomendable que la ubicación y emplazamiento para la casa de máquinas, se determine muy cercana al lugar de descarga de las aguas turbinadas, por tanto es importante estudiar seriamente la capacidad portante del suelo de cimentación en zonas muy cercanas a quebrada o cauces de ríos que sirvan para tal fin.

Figura 10. Perfil Casa de Maquinas



Fuente: <http://www.aprotec.com.co>. 2015.

- **El canal de descarga**

Se constituye en el último componente de la obra civil. Su característica más importante es la de servir de desfogue o conducción de las aguas turbinadas hacia el punto de descarga, que por lo general es el mismo cauce del recurso utilizado como fuente energética para el sistema

- **Equipo Eléctrico – Mecánico.**

Es aquel equipo que abarca desde el final de la tubería de presión hasta donde se conecta la carga. Tratándose cuatro de los principales componentes de este tipo de equipo, estos son la turbina, el generador, el sistema de control y las protecciones.

- **Turbinas hidráulicas**

La turbina hidráulica es el principal componente de una central hidroeléctrica y donde se produce la transformación de la energía contenida en el agua, energía de presión, principalmente, en trabajo en el eje que acciona el rotor del generador. La turbina es la encargada de transferir la fuerza del agua al equipo de generación. Puede construirse tipo pelton con cucharas o de flujo cruzado (Michell Banki). Estas últimas se construyen con alerón de control bipartido de tal forma que pueda operarse eficientemente en temporadas de baja, media y alta precipitación pudiéndose operar con una tercera parte, dos terceras partes o la totalidad de su caudal de diseño.

En un microcentral hidroeléctrica, el principal componente del equipo electromecánico, es la turbina, ya que es la encargada de transmitir al generador, la energía que posee el agua. Por ende, realizar un diseño correcto de este equipo, es uno de los pasos fundamentales para lograr una planta eficiente.

En la bibliografía se pueden encontrar varios métodos para seleccionar el tipo de turbina que mejor se adapta a las condiciones de un determinado proyecto. Estos métodos utilizan dos parámetros fundamentales, que son la caída y el caudal, ya que la potencia disponible en un determinado sitio, es directamente proporcional a estas variables. El primer método para cuantificar la adaptabilidad de un tipo de turbina a determinadas condiciones, se basa en velocidad específica de la turbina, la cual está dada por la siguiente relación donde:

$$N_s = 1,2 \times N \times \frac{P^{0,5}}{H^{1,25}}$$

Donde:

N_s = Velocidad específica de la turbina.

N = Velocidad en el eje de la turbina, en r.p.m.

P = Potencia disponible en el eje de la turbina, en kW.

Y se calcula como sigue:

$$P = 9,81 \times H \times Q$$

P = Potencia disponible, en Kw

H = Caída o Salto Bruto, en m.

Q = Caudal, en m^3/s

η = Eficiencia de la turbina.

Se ha establecido que las turbinas funcionan con las mejores eficiencias si su velocidad específica se encuentra dentro del ámbito de valores presentados en la siguiente tabla:

Tabla 9. Velocidad Específica de las Turbinas

Tipo de Turbina	Ns
Pelton de una Tobera	12 – 30
Pelton de dos Toberas	14 – 40
Turgo	20 - 70
Michell - Banki	20 – 200
Francis	80 – 400
Kaplan	140 – 1000

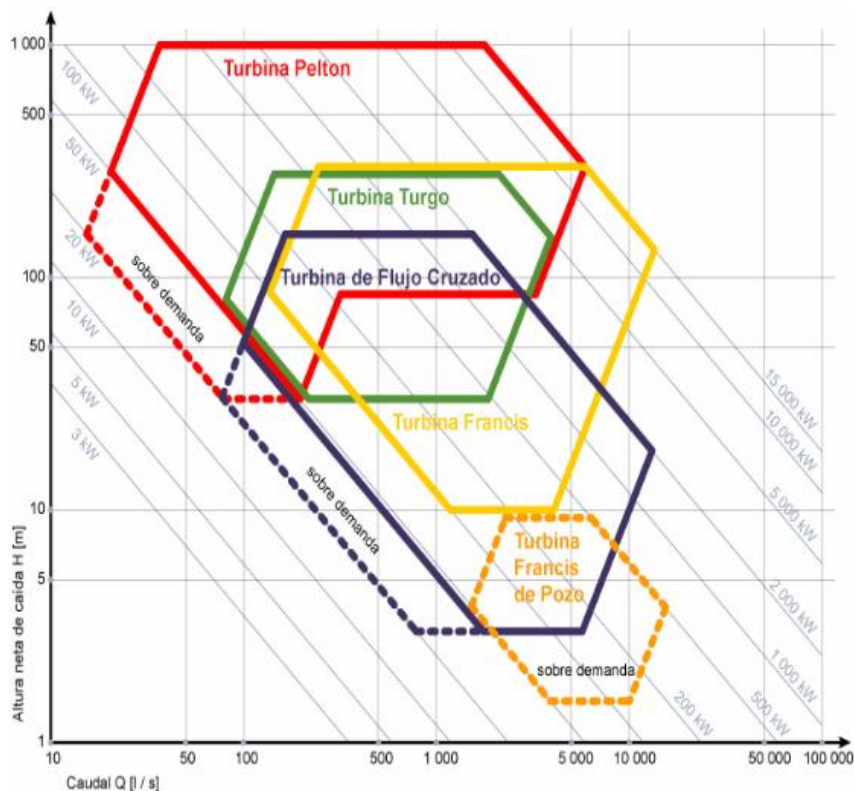
Fuente: Equipo Investigador – PERS 2015.

Por lo tanto, lo que se hace en el método es calcular la velocidad específica con los valores de caída y caudal que se tengan, suponiendo una eficiencia entre el 65 y 90% y una velocidad en el eje de la turbina en el rango de 400 a 1800 r.p.m., que vendrían a ser las posibles velocidades sincrónicas del generador (determinadas por el número de polos y la frecuencia). Luego se ubica en la tabla anterior el valor de velocidad obtenido y así queda determinado el tipo de turbina más recomendable a utilizar.

Es importante mencionar que la eficiencia de la turbina está determinada por el porcentaje de caudal máximo con que esté trabajando; así, suponiendo un caudal del 100%, se generaliza con valores conservadores que las turbinas de Flujo Cruzado tienen una eficiencia de 65%, la Pelton y la Turgo 80% y las turbinas de reacción, o sea la Kaplan y la Francis, un 90%.

Una segunda forma de seleccionar la turbina, vendría a ser la versión gráfica del sistema anterior. Este método se basa en la utilización de un nomograma que relaciona la potencia en el eje de la turbina, la velocidad del eje, la caída y la velocidad específica, y toma en cuenta las mismas suposiciones respecto a la eficiencia y velocidad del eje, explicadas anteriormente. En la Figura 11, se muestra un diagrama como ejemplo.

Figura 11. Método de Selección de las Turbinas Hidroeléctricas



Fuente: www.estruplan.com.arg.

– **Regulador de Carga:**

Todo sistema hidroeléctrico requiere de un sistema electrónico o electromecánico de control a fin de asegurar una buena calidad de energía. El regulador deberá mantener estables voltaje y frecuencia a pesar de las variaciones en la carga eléctrica conectada. Su función será disipar al aire a través de resistencias eléctricas la carga no consumida. Esto se hará fase por fase para asegurar el balance de las mismas y ofrecer compensación automática en caso de desbalances.

- **Tablero de Interconexión y Control:**

Instalado en la casa de máquina este tablero contiene los dispositivos de control y medición necesarios. Incluye sistemas de protección, barrajes, un totalizador, voltímetros, amperímetros, y frecuencímetros digitales así como un indicador de potencia disipada en resistencias.

- **Generador:**

La turbina se acoplará a un generador sincrónico monofásico o trifásico de doble rodamiento de acuerdo a la potencia máxima generada. Generalmente cuenta con tarjeta de regulación de voltaje AVR que mantiene un riguroso control sobre el voltaje y la frecuencia.

- **Sistema de Transmisión y Multiplicación:**

Dado que las velocidades de giro de turbina y generador son diferentes, se requiere necesario instalar un sistema de multiplicación. Se pueden utilizar correas dentadas o convencionales en V.

- **Redes Eléctricas e Interconexión**

La energía generada deberá transmitirse mediante una red de baja, media o alta tensión hasta el centro de consumo. Dependiendo de la distancia entre casa de máquinas y centro de consumo será necesario tender redes de transmisión al voltaje apropiado para generar las menores pérdidas. Para ello puede requerirse instalar transformadores de corriente a fin de elevar, conducir y luego reducir el voltaje para consumo.

– Diseño e Instalación

La hidrografía y la topografía son determinantes de las características básicas de los aprovechamientos. Pero son las necesidades de la comunidad las que dan la pauta de diseño con respecto al tamaño y características del sistema. Proyectos básicos de electrificación rural con extensión de redes se pueden realizar con poblaciones nucleadas donde la gente viva cercana una de otra. Alternativamente pueden instalarse centros de carga de baterías para la población dispersa.

Para garantizar el éxito, la instalación se hace con la activa participación de la comunidad y su compromiso de trabajo. De esta forma se puede garantizar la sostenibilidad del proyecto pues asegura el contacto de los residentes con todos los componentes y procesos de construcción y operación de la microcentral. Solo así se logrará una verdadera y eficaz transferencia tecnológica.

3.3. PROBLEMA CENTRAL, CAUSAS Y EFECTOS

- **Problema Central:**

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

- **Causas Directas:**

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

- **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.

4. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVAS

4.1. 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 de Urumita – Departamento de la Guajira.

4.1.1. Alternativas Posibles

Según el Plan de Desarrollo para las Fuentes no Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE) (CORPOEMA, UPME, 2010), en la subregión donde se encuentra la zona de producción cafetera, por sus condiciones geográficas y climatológicas posee un buen potencial en materia de recurso hídrico y solar, las alternativas consideradas se encuentran en función de los puntos a intervenir en la estación los Marimondos y las soluciones aisladas para las fincas cafeteras, así:

Punto No. 1. Estación Los Marimondos

- Microcentral Hidroeléctrica
- Sistema híbrido (Solar – Eólico – Microcentral Hidroeléctrica)

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

Tabla 10. Valores Promedios Máximo y Mínimo Mensual

Subregión	Centro Poblado	Ubicación	Radiación Solar Promedio Mensual (Kwh/m ² /dia)		Velocidad Promedio del Viento Mensual (m/s)		Caudal Promedio Mensual Fuente Hidrica (Lt/s)	
			Max	Min	Max	Min	Max	Min
Media Guajira	Estación Los Marimondos (Serranía del Perijá)	10°29' 31.62"N 72°56 '41.63"W	5.43	4.77	4.6	2,5	150	90
Fuente: RETScreen NASA. 2015 – Equipo PERS Guajira. 2015.								

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”¹⁴.

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

¹⁴ **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 Hidrogeno y Fuentes Sustentables de Energía – HYFUSEN. 2011.

componentes, incluyendo costos de reemplazo, mantenimiento y operación.

- Configuración General del Sistema

Alternativa (1). Microcentral Hidroeléctrica (PCH): se considera la instalación de una microcentral hidroeléctrica, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico y las condiciones topográficas presentes en la zona de incidencia del proyecto.

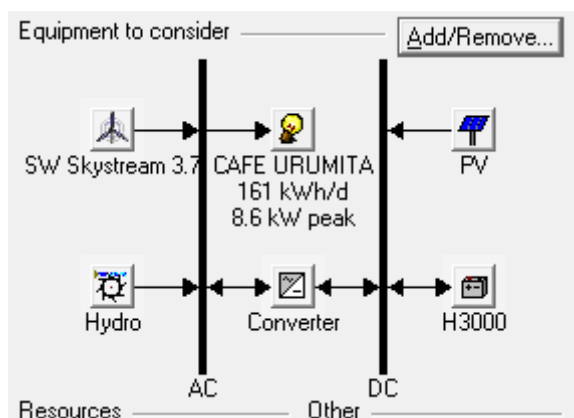
Alternativa (2). Sistema Híbrido: considera el uso combinado de dos o más tecnologías en función de los recursos disponibles en la zona.

El sistema a simular tiene los siguientes elementos:

- Paneles solares
- Generador Eólico
- Baterías
- Conversor DC/AC
- Hidrogenerador

En la siguiente figura se muestran los componentes a simular.

Figura 12. Componentes a Simular

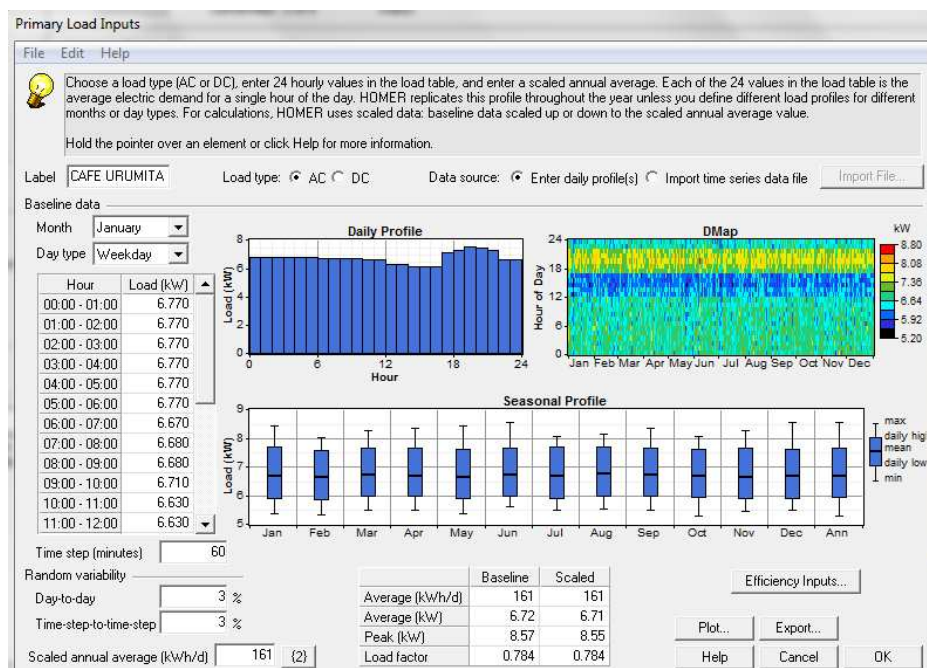


Fuente: Homer – Energy. 2016

- Demanda de la localidad

Tomando como referencia los datos asociados al perfil total de consumo, resultados de la estimación de demanda del consumo realizada en el aparte correspondiente, se ingresaron los datos de la curva de demanda en la aplicación Homer. (Figura 13).

Figura 13. Datos Ingresados Homer - 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 161 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 11. Costos Componentes (Precios en Dólares Americanos)

Componente	Tamaño (Kw)	Capital (\$)	Reemplazo (\$)	O & M
Paneles Fotovoltaicos	0.300	417	400	50
Aerogenerador Skystream	3.7	9236	8236	250
Hidroturbina Michel Bankin + Generador	15	22000	22000	1000
Baterías Hoppecke 24 OPzS 3000	-	1350	1350	30
Convertidor	18	30866	30866	60

Fuente: Equipo Investigador PERS Guajira. 2016.

-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 en la plataforma de (RETScreen de la NASA).

Figura 14. Datos Ingresados Recurso Solar

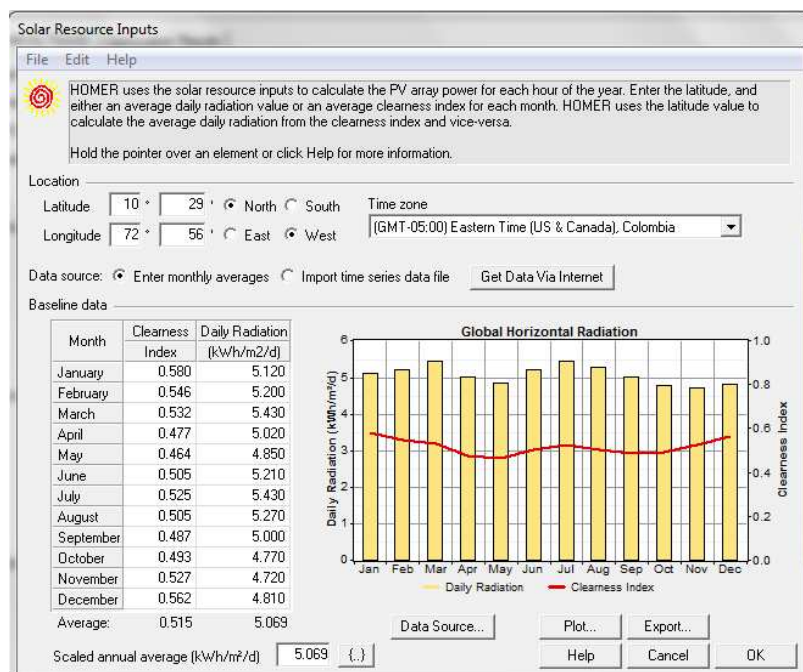
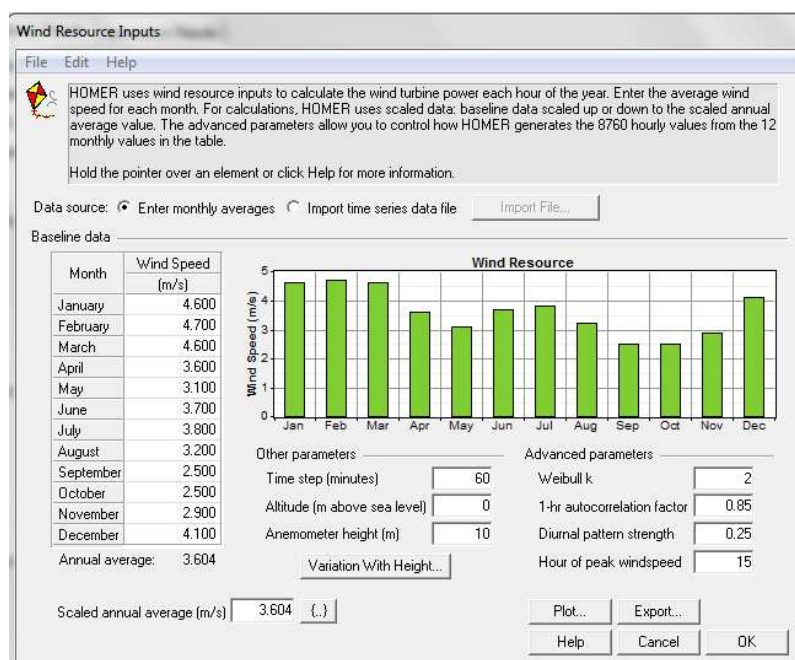


Figura 15. Datos Ingresados Recurso Eólico

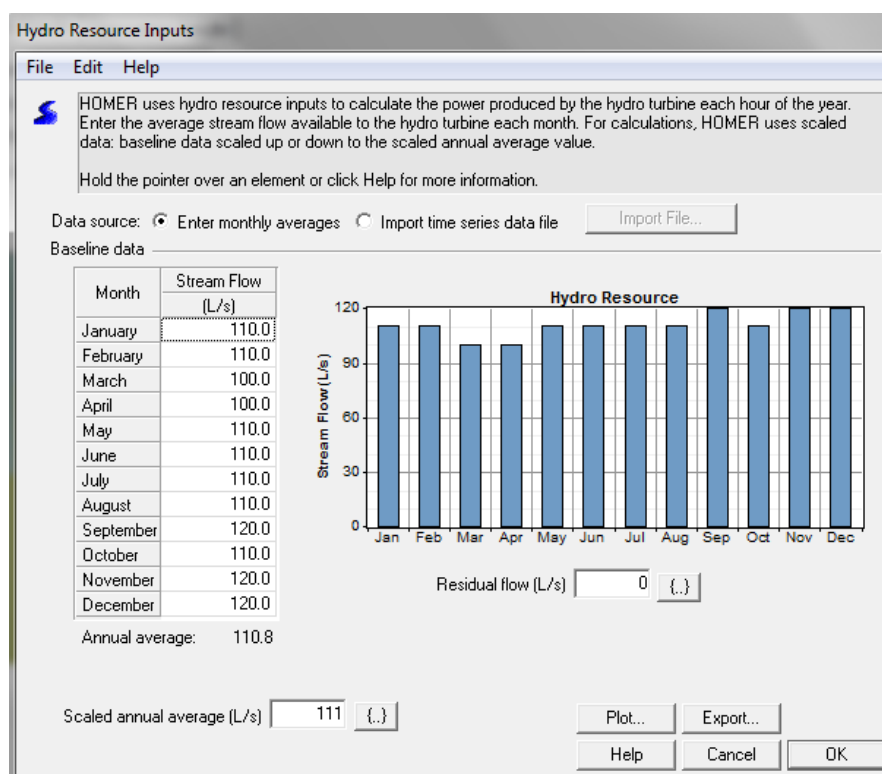


- Recurso Hídrico:

En el caso del recurso hídrico, en campo se realizó el aforo del caudal de la fuente hídrica seleccionada (Cascada Finca Brasilia), con un caudal promedio en el mes más desfavorable de 100 Lt/s. (Figura 16).

Igualmente, se determinó la altura de caída a 20 m, la altura de real desde el punto de captación hasta el lugar donde posiblemente quedará ubicada la casa de máquinas se estima en 30 metros.

Figura 16. Datos Ingresados HOMER – Recurso Hídrico

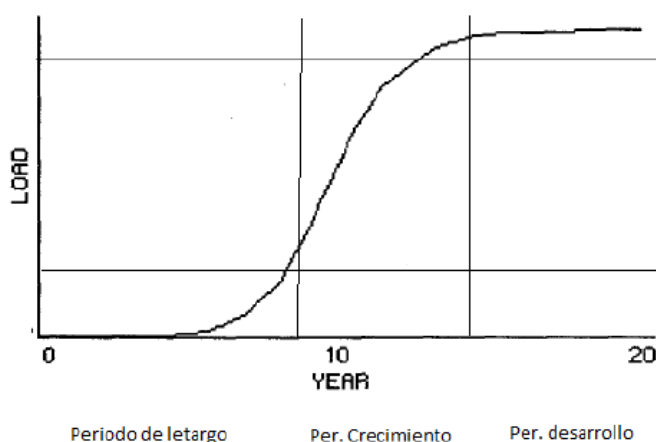


- Resultados

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 17).

Figura 17. Comportamiento de la Demanda en ZNI



Fuente: Equipo Investigador PERS Guajira. 2016.

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:

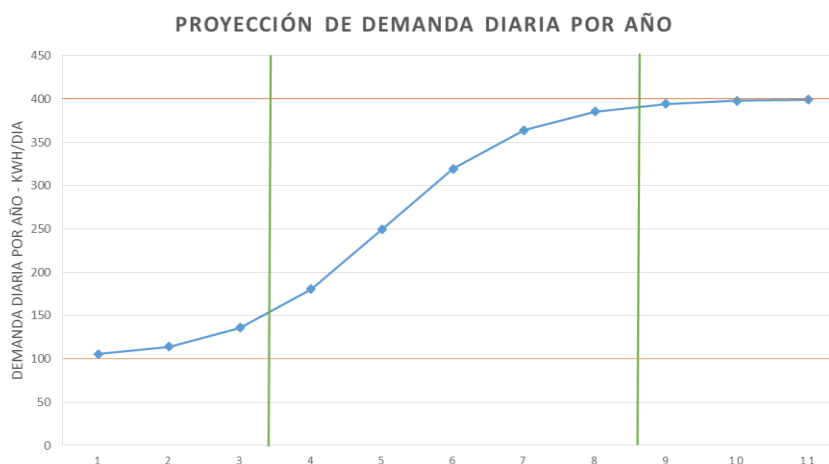
- La ampliación de la planta de secado y el centro de acopio.
- La interconexión de nuevas fincas al sistema

Dentro del esquema (Figura 18), se toma como año base la demanda diaria inicial estimada en la propuesta de 161 kWh/día, dado que el sistema satisface completamente los requerimientos de energía para la población objetivo y la operación normal de la planta de secado.

Entre el (4 - 7) 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 fincas conectadas a la red de distribución, donde se considera que la demanda de energía promedio diaria podría alcanzar los 322kWh/día.

Figura 18. Proyección de Demanda Diaria por Año



Fuente: Villota J. Modelo de Simulación HOMER– PERS Guajira. 2015.

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

Se escogen dos alternativas de generación que sean comunes para los escenarios de crecimiento (161 y 322 kWh/día)

- Escenario 1. Demanda diaria (161 kWh/día), bajo este esquema se tiene que la demanda corresponde a los elementos básicos de consumo a utilizar en el trapiche y el centro comunitario en el año base. (Figura 19)

Figura 19. Escenario No. 1. Resultados HOMER

Sensitivity Results

Optimization Results

Sensitivity variables

CAFE URUMITA (kWh/d)

161

Hydro Head (m)

20

Double click on a system below for simulation results.

		PV (kW)	S3.7	Hydro (kW)	H3000	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
				14.7			CC	\$ 22,000	919	\$ 28,090	0.072	1.00	
			1	14.7			CC	\$ 31,236	1,169	\$ 38,981	0.100	1.00	
		0.1		14.7		18	CC	\$ 53,005	1,423	\$ 62,427	0.160	1.00	
		0.1	1	14.7		18	CC	\$ 62,241	1,673	\$ 73,319	0.188	1.00	
				14.7	24	18	CC	\$ 85,266	2,126	\$ 99,349	0.255	1.00	20.0
		0.1		14.7	24	18	CC	\$ 85,405	2,143	\$ 99,596	0.256	1.00	20.0
			1	14.7	24	18	CC	\$ 94,502	2,376	\$ 110,240	0.283	1.00	20.0
		0.1	1	14.7	24	18	CC	\$ 94,641	2,393	\$ 110,488	0.284	1.00	20.0

De acuerdo a los resultados de HOMER, para los perfiles de demanda actuales del sistema que satisface inmediatamente las necesidades bajo el criterio de CPN (Costo Presente Neto) es solamente la PCH sin necesidad de ningún elemento de respaldo como las baterías (cuadro azul) al igual que las otras alternativas que se encuentran en las filas siguientes. Sin embargo bajo criterios de continuidad y calidad en el servicio, se recomienda entonces escoger como segunda alternativa la soportada con otros elementos como el aerogenerador y las baterías (cuadro amarillo).

- **Alternativa 1.** La primera alternativa que se compone de los siguientes elementos:

Tabla 12. Componentes Alternativa No.1.

Elemento	Capacidad
Hydro	14.7 kW
Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
Inverter	18 kW
Rectifier	18 kW

Fuente: Homer – Energy. 2016.

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

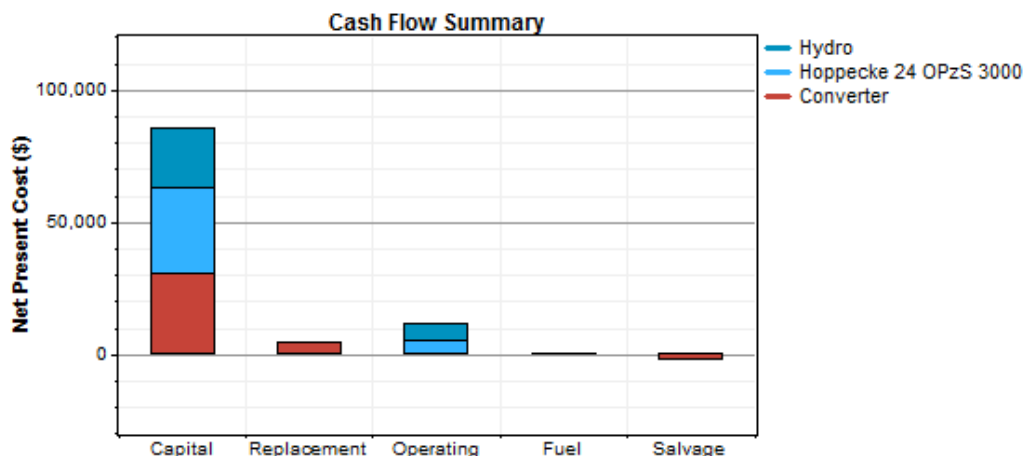
Tabla 13. Costos Alternativa No. 1

Costo	Valor
Costo Presente Neto	\$ 99.349
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.255/kWh
Costo anual de operación	\$ 2,126/yr

Fuente: Homer – Energy. 2016.

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 conversores. Los costos de operación y mantenimiento se aplican a la PCH y las baterías.

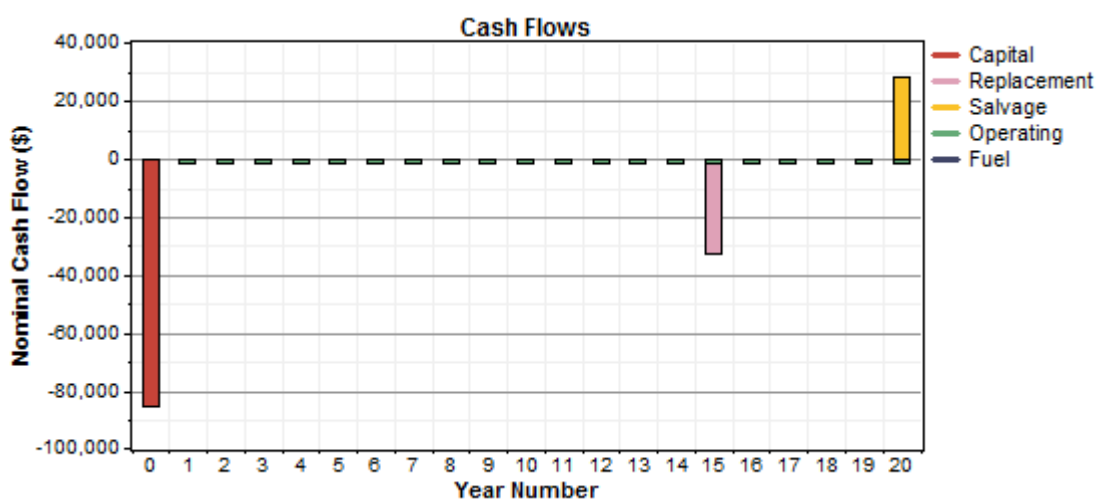
Figura 20. Resumen Flujo de Capital Alternativa No. 1.



Fuente: Homer – Energy. 2016.

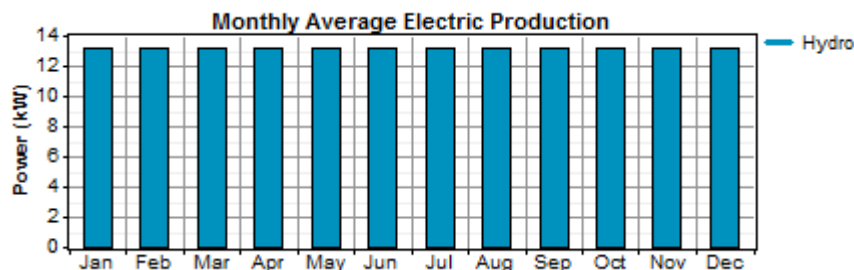
Dado estos parámetros, el costo de inversión inicial tiene un valor de \$ 85.266. En la figura No. 21, se muestra un reemplazo de los convertidores en el Año 15. En el último año de proyección se produce ahorros asociados al valor de salvamento de la PCH y los convertidores.

Figura 21. Flujo Neto de Inversión



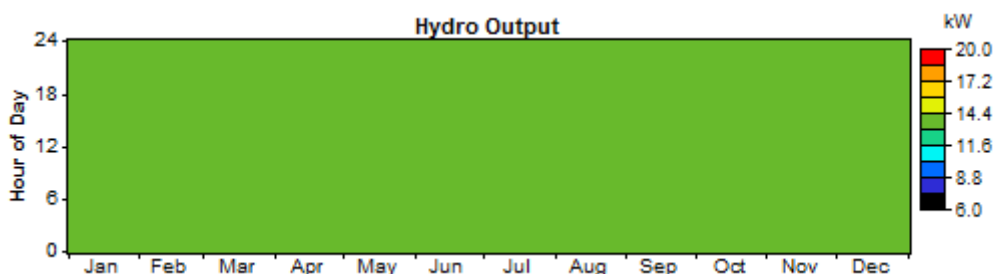
En las figuras (22 y 23), se muestra según la simulación que la PCH, es la encargada de asumir con todos los requerimientos de energía de la localidad

Figura 22. Promedio de Producción Eléctrica Mensual - PCH



Fuente: Homer – Energy. 2016.

Figura 23. Potencia de Salida Anual Diaria - PCH.



Sin embargo, el sistema incorpora dentro de los gastos unos componentes de apoyo como son baterías para garantizar el servicio antes posibles paradas por mantenimiento de la PCH. HOMER, considero 24 baterías para el sistema a 48 V y una capacidad de 161 kWh/día, dando al sistema una autonomía de 15 horas.

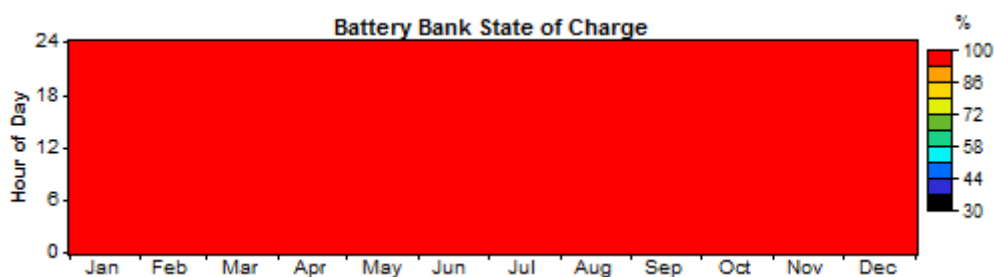
En la tabla 14, se muestra la información relacionada con los costos y capacidad de las baterías.

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	144	kWh
Usable nominal capacity	101	kWh
Autonomy	15.0	hr
Lifetime throughput	244,704	kWh
Battery wear cost	0.143	\$/kWh
Average energy cost	0.000	\$/kWh

Fuente: Homer – Energy. 2015.

La simulación, muestra el banco de baterías siempre cargado, suceso que otorga fiabilidad al sistema para su utilización en cualquier momento (Figura 24).

Figura 24. Estado de Cargas de las Baterías



Alternativa No. 2.

La segunda alternativa a considerar para el primer escenario se compone de los siguientes elementos:

Tabla 15. Componentes Alternativa No.2.

Elemento	Capacidad
Wind turbine	1 SW Skystream 3.7
Hydro	14.7 kW
Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
Inverter	18 kW
Rectifier	18 kW

Fuente: Homer – Energy. 2015.

En la siguiente tabla, se muestran los costos principales para esta alternativa.

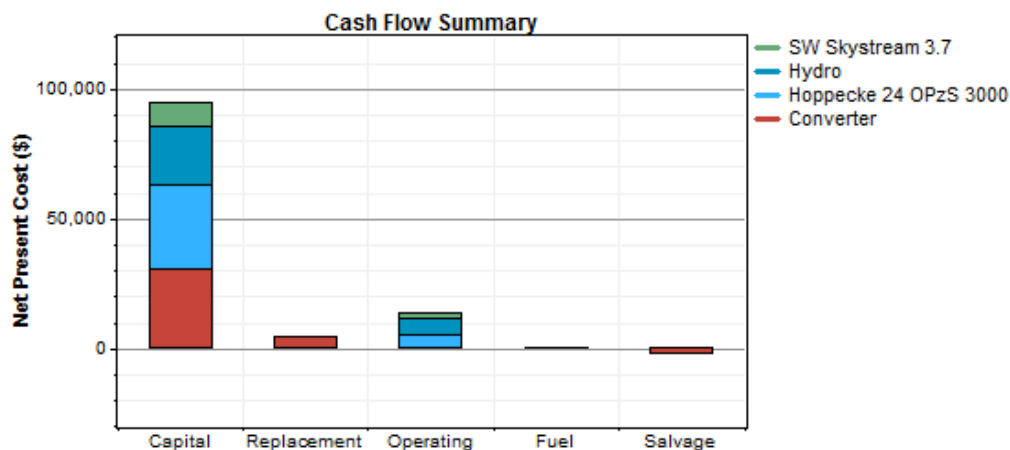
Tabla 16. Principales Costos Alternativa No. 2

Costo	Valor
Costo Presente Neto	\$ 110.240
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.283/kWh
Costo anual de operación	\$ 2376/yr

Fuente: Homer – Energy. 2016.

Así mismo, 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 a la PCH y las baterías.

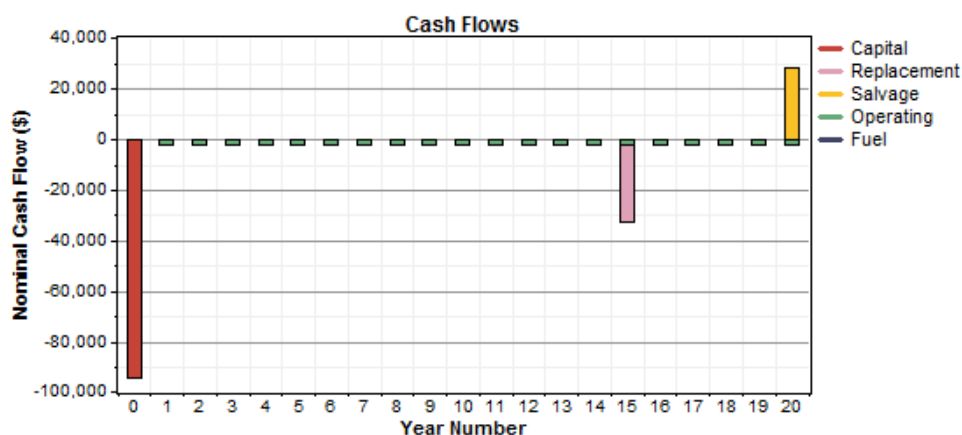
Figura 25. Resumen Flujo de Capital Alternativa No. 2.



Fuente: Homer – Energy. 2016.

Dado estos parámetros, el costo de inversión inicial tiene un valor de \$ 94.502. En la figura 26, se muestra un reemplazo de los convertidores en el Año 15. En el último año de proyección se produce ahorros asociados al valor de salvamento de la PCH y los convertidores.

Figura 26. Flujo Neto de Inversión Alternativa No. 2.



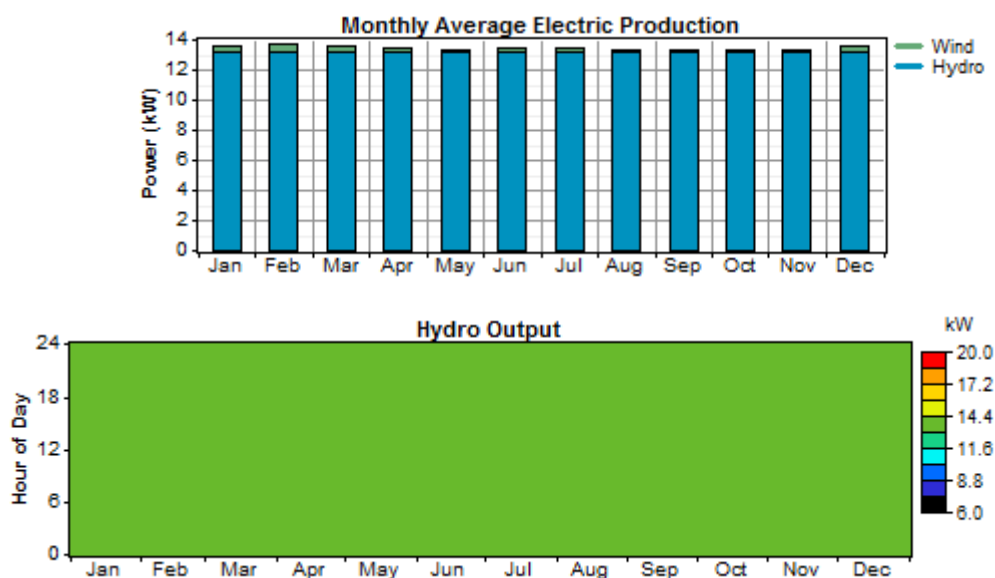
En la tabla 17 y las figuras (27 y 28), se muestra que la PCH es la encargada de asumir la mayoría de los requerimientos de energía de la localidad con el 98%, mientras que la turbina eólica aporta el 2% restante.

Tabla 17. Generación Eléctrica / Componente

Componente	Producción (kWh/año)	Fracción
Wind turbine	2,059	2%
Hydro turbine	116,005	98%
Total	118,064	100%

Fuente: Homer – Energy. 2016.

Figura 27. Potencia Promedio Generada por Componente

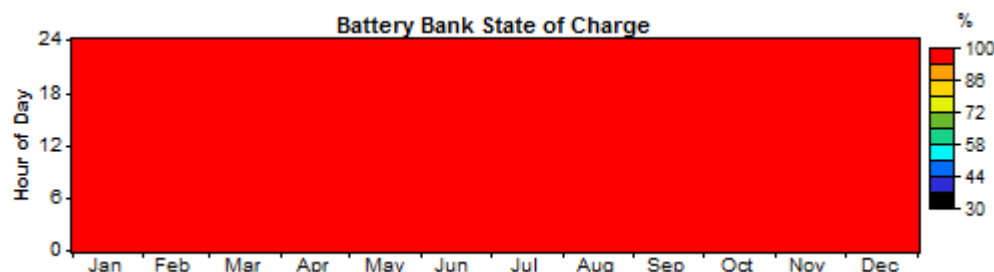


Fuente: Homer – Energy. 2016.

Al igual, que en la primera alternativa, HOMER considero 24 baterías para el sistema a 48V y una capacidad de 161 kWh, dando al sistema una autonomía de 15 horas el caso de que falle la planta de hidroenergía. De tal modo que el sistema de soporte estará contemplado por la turbina eólica y las baterías.

Como se muestra en la Figura 29, el estado de carga siempre es óptimo durante el año:

Figura 29. Estado de Carga de las Baterías



Fuente: Homer – Energy. 2016.

Para esta alternativa, se consultó los excesos de energía que se producen, dando como resultado que estos equivalen al 50,2%, para un consumo de 161 kWh/día, de tal forma que el sistema se considera sobredimensionado para este tipo de demanda.

- **Escenario 2: Demanda Diaria de 322 kWh/día**

Dado que el propósito del plan de energización rural sostenible (PERS), es brindar sostenibilidad de las alternativas seleccionadas a partir del fortalecimiento de actividades productivas, se propone el escenario dos, en que la demanda de energía diaria anual se duplique por alguno de los motivos antes mencionados, sin embargo el tiempo para que se alcance esto depende directamente de variables exógenas ajenas a la modelación y sería muy difícil estimar este comportamiento.

Basándonos en lo anterior, Homer simuló el proyecto escalonando el perfil de demanda a 322 kWh/día al año, es decir el doble de consumo a partir del décimo año.

Los resultados en configuración y capacidad de los elementos son los mismos que en el escenario 1. Sin embargo en la simulación (resaltado en azul) se muestra que la mejor alternativa posible sería la adición de 2 paneles solares y 3 aerogeneradores a la PCH con el objeto de satisfacer la demanda.

Figura 30. Resultados de Optimización Alternativas Homer – Escenario 2.

Sensitivity Results Optimization Results													
Sensitivity variables													
CAFE URUMITA (kWh/d) 322 Hydro Head (m) 20													
Double click on a system below for simulation results. Categorized Overall													
	PV (kW)	S3.7	Hydro (kW)	H3000	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)	
	0.9	3	14.7	24	18	CC	\$ 114,225	3,024	\$ 134,251	0.172	1.00	20.0	
		6	14.7	24	18	CC	\$ 140,682	3,626	\$ 164,699	0.212	1.00	20.0	

Al analizar la producción de energía de cada elemento, se evidencia que la PCH seguiría aportando la mayor parte de la potencia al sistema con un 94% de participación. Existe entonces la posibilidad de seguir sufriendo las necesidades de consumo de la población, si se prioriza sólo su uso hacia la planta de secado y el centro de acopio. (Tabla 18)

Tabla 18. Generación Eléctrica / Componente

Componente	Producción (kWh/año)	Fracción
PV array	1,176	1%
Wind turbines	6,177	5%
Hydro turbine	116,005	94%
Total	123,358	100%

Fuente: Homer – Energy. 2016.

En la tabla 19, se muestra la configuración de cada alternativa en los dos escenarios y se muestra que cambia la cantidad de los elementos en función de satisfacer la demanda de 322 kWh/día.

Tabla 19. Configuración de las Alternativas según Escenarios

Concepto		Elemento	Capacidad
Escenario 1	Alternativa 1	Hydro	14.7 kW
		Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
		Inverter	18 kW
		Rectifier	18 kW
	Alternativa 2	Wind turbine	1 SW Skystream 3.7
		Hydro	14.7 kW
		Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
		Inverter	18 kW
		Rectifier	18 kW
	Escenario 2	Alternativa 1	PV
Hydro			14.7 kW
Battery			24 Hoppecke 24 OPzS 3000
Wind turbine			3 SW Skystream 3.7
Inverter			18 kW
Rectifier			18 kW
Alternativa 2		Wind turbine	6 SW Skystream 3.7
		Hydro	14.7 kW
		Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
		Inverter	18 kW
		Rectifier	18 kW

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

Tabla 20. Tabla de comparación de costos entre alternativas y escenarios

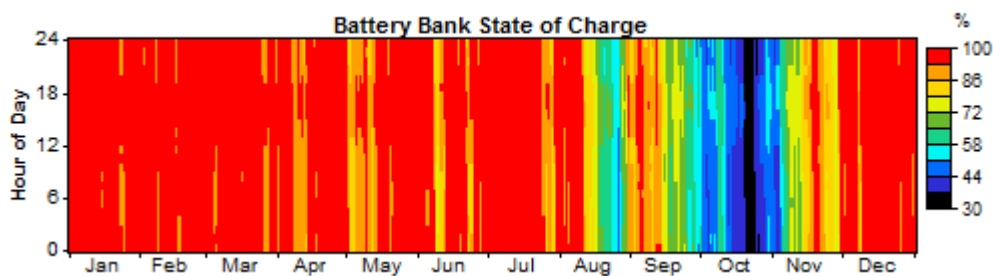
	Escenario 1		Escenario 2	
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo Presente Neto	\$ 99.349	\$ 110.240	\$ 134.251	\$ 164.699
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.255/kWh	\$ 0.283/kWh	\$ 0.172 /kWh	\$ 0.212/kWh
Costo anual de operación	\$ 2,126/yr	\$ 2376/yr	\$ 3024/yr	\$ 3626/yr

Las inversiones iniciales son casi iguales para la alternativa 1 (figura), sin embargo el Costo Presente Neto (CPN) de cada alternativa se ve afectado para el escenario dos para suplir los requerimiento de la demanda (322 kWh/día), dado que habrá un mayor desgaste de elementos y reemplazos más recurrentes.

Con respecto a la comparación de los dos escenarios, se observa lo siguiente:

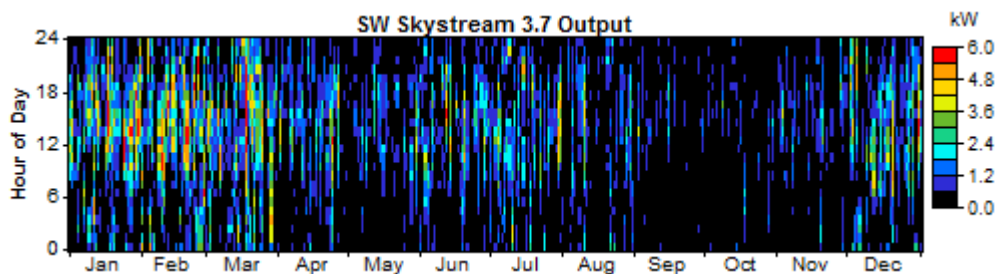
- Se reduce el porcentaje de excesos de energía pasando de 49.3% al 3%, para la alternativa 1, en los dos escenarios.
- Los costos de energía se reducen al aumentar la demanda.
- Las baterías ante el incremento de demanda son despachadas para suplir la energía requerida tal como se muestra en la Figura 31. Sin embargo dado el alto consumo se descarga fácilmente en el segundo escenario. Las baterías entran en ciclos de carga y descarga para el horario de la tarde en algunos meses de año.

Figura 31. . Ciclo de carga y descarga horario para las baterías ante una demanda de 322 kWh/día



La turbina eólica participa en un 5% de los requerimientos de energía, cargando las baterías en la noche y aportando potencia requerida. En la Siguiete figura se muestra el aporte de potencia de la turbina eólica.

Figura 32. Aporte de Potencia de la Turbina Eólica



- Conclusiones Finales

De la simulación de Homer se obtienen dos sistemas de generación que cumplen con los requerimientos para la demanda inicial y pronosticada a lo largo del tiempo. A continuación se resume las alternativas resultantes:

Tabla 21. Resumen Configuración Alternativas Resultantes

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	Hydro	14.7 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW
Alternativa 2	PV	0.9 kW
	Wind turbine	3 SW Skystream 3.7
	Hydro	14.7 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW

En este sentido, se escoge la Alternativa No. 1, la cual presenta un menor costo presente neto. Además se reducen en forma significativa los costos de inversión al no considerar la adquisición del banco de baterías, dado que la planta de secado solo funciona a plena capacidad solo durante tres meses al año (estación de cosecha), pudiendo suplir en caso de ser necesario la demanda futura de la comunidad.

Punto No. 2. Fincas Cafeteras

- Sistema 1 (Solar – Equipo Electrónico Diésel)
- Sistema 2 (Solar – Eólico – Equipo Electrónico Diésel)

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

Tabla 22. Valores Promedios Máximo y Mínimo Mensual

Subregión	Centro Poblado	Ubicación Referencia	Radiación Solar Promedio Mensual (Kwh/m ² /día)		Velocidad Promedio del Viento Mensual (m/s)	
			Max	Min	Max	Min
Baja Guajira	Vereda La Esperanza	10°27'43.6"N 72°58'21.48"W	5.40	4.70	4.6	2.5

- Configuración General del Sistema

Alternativa 1. (Solar + Equipo Electrónico): considera el uso combinado de dos o más tecnologías en función de los recursos disponibles en la zona.

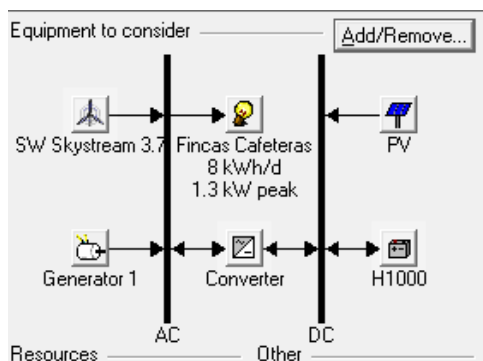
Alternativa 2. (Solar – Eólico – Equipo Electrónico).

El sistema a simular tiene los siguientes elementos:

- Paneles solares
- Generador Eólico
- Baterías
- Conversor DC/AC
- Equipo Electrónico Diésel

En la siguiente figura se muestran los componentes a simular.

Figura 33. Componentes a Simular

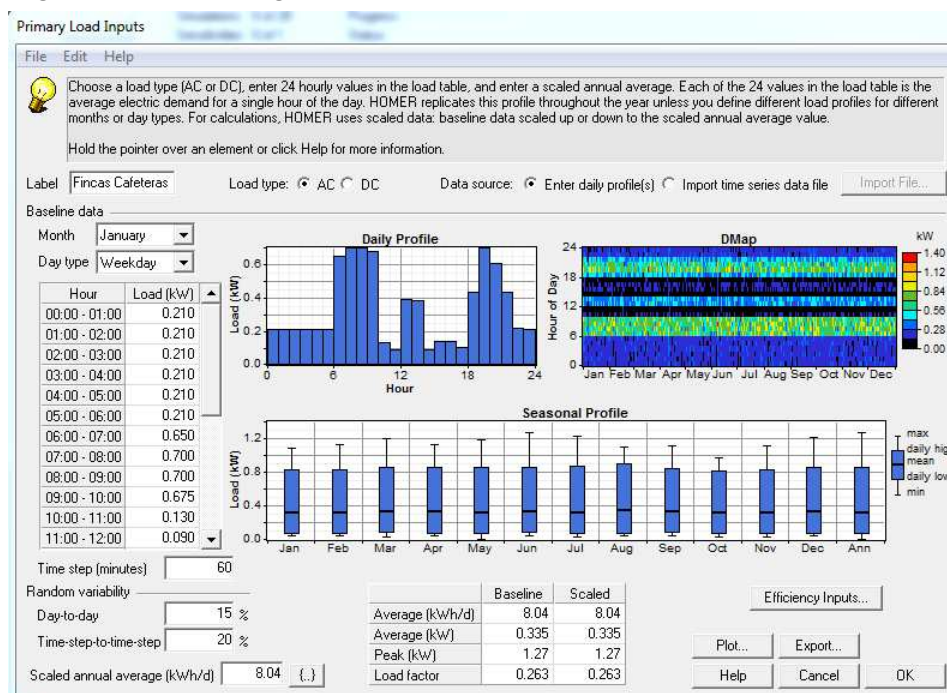


Fuente: Homer – Energy. 2016

- Demanda de consumo:

Tomando como referencia los datos asociados al perfil total de consumo, resultados de la estimación de demanda del consumo realizada en el aparte correspondiente, se ingresaron los datos de la curva de demanda en la aplicación Homer. (Figura 34).

Figura 34. Datos Ingresados Homer - 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 considerado es 8.04 kWh/d por cada familia cafetera.

Tabla 23. Costos Componentes (Precios en Dólares Americanos)

Componente	Tamaño (Kw)	Capital (\$)	Reemplazo (\$)	O & M
Paneles Fotovoltaicos	0.300	417	400	50
Aerogenerador Skystream	3.7	9236	8236	250
Equipo Electrónico Diesel	3.0	769	750	2
Baterías Hoppecke 10 OPzS 1000	-	450	450	50
Convertidor	2.5	1420	1420	100

Fuente: Equipo Investigador PERS Guajira. 2016.

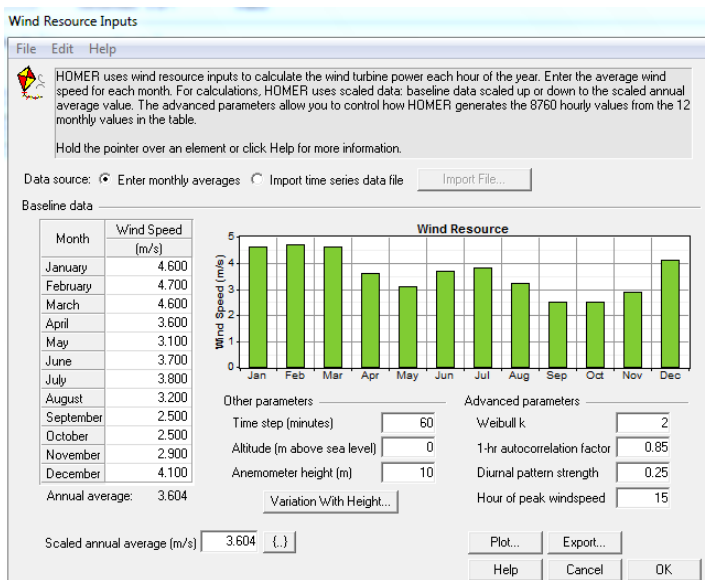
-Valores de los recursos naturales para el sistema de energización

Se ingresan a la aplicación los datos asociados a los recursos de radiación solar, de viento disponibles en la plataforma de (RETScreen de la NASA):

Figura 35. Recurso Solar



Figura 36. Recurso Eólico



Resultados

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

Figura 37. Resultados HOMER

Sensitivity Results Optimization Results														
Double click on a system below for simulation results.														
	PV (kW)	S3.7	Label (kW)	H1000	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)		
   	3		3	12	2.5	\$ 12,149	1,389	\$ 29,906	0.797	0.95	47	49		
   	2	1	3	12	2.5	\$ 19,859	1,605	\$ 40,381	1.076	0.97	32	33		
   	6	1	3		2.5	\$ 20,539	13,048	\$ 187,338	4.994	0.00	2,224	4,782		
   	7		3		2.5	\$ 12,829	13,749	\$ 188,583	5.027	0.00	2,409	5,179		

De acuerdo a los resultados de HOMER, para los perfiles de demanda actuales el sistema híbrido que satisface inmediatamente las necesidades bajo el criterio de CPN (Costo Presente Neto) se relaciona con la combinación de los componentes de energía solar, uso del equipo electrógeno y baterías (primera fila). Sin embargo, bajo criterios de continuidad en el servicio se recomienda no descartar la segunda alternativa sin realizar el análisis correspondiente.

- **Alternativa 1.** La primera alternativa que se compone de los siguientes elementos:

Tabla 24. Componentes Alternativa No.1.

Elemento	Capacidad
PV	3 kW
Battery	12 Hoppecke 10 OPzS 1000
Inverter	2.5 kW
Rectifier	2.5 kW
Generador	3 kW

Fuente: Homer – Energy. 2016.

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

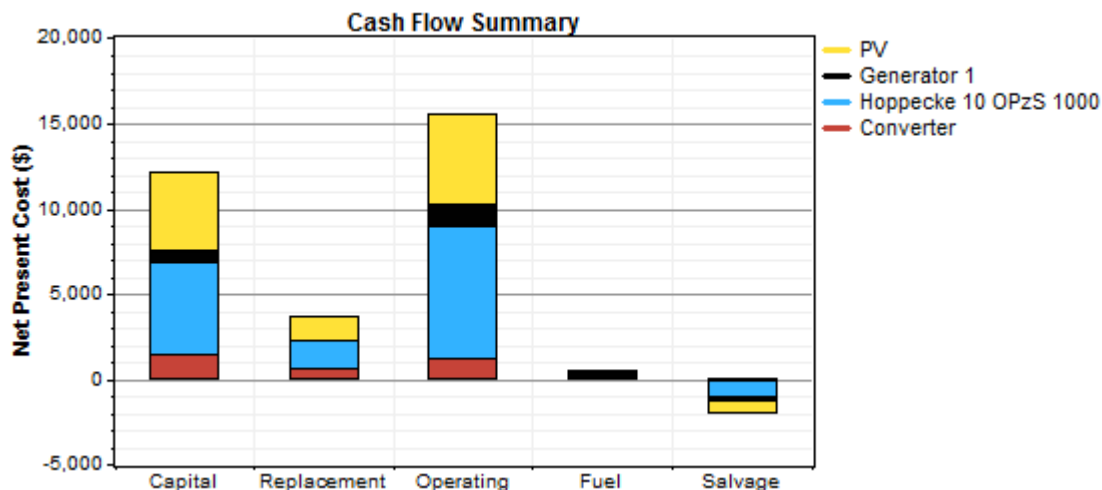
Tabla 25. Costos Alternativa No. 1

Costo	Valor
Costo Presente Neto	\$ 29.906
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.797/kWh
Costo anual de operación	\$ 1389/y

Fuente: Homer – Energy. 2016.

Igualmente, en la siguiente figura se puede ver la distribución de los costos por elemento, a los reemplazos de los elementos las fotoceldas, convertidores y las baterías a lo largo del proyecto. Los costos de mantenimiento y operación del sistema aplican en todos los elementos a excepción del equipo electrógeno.

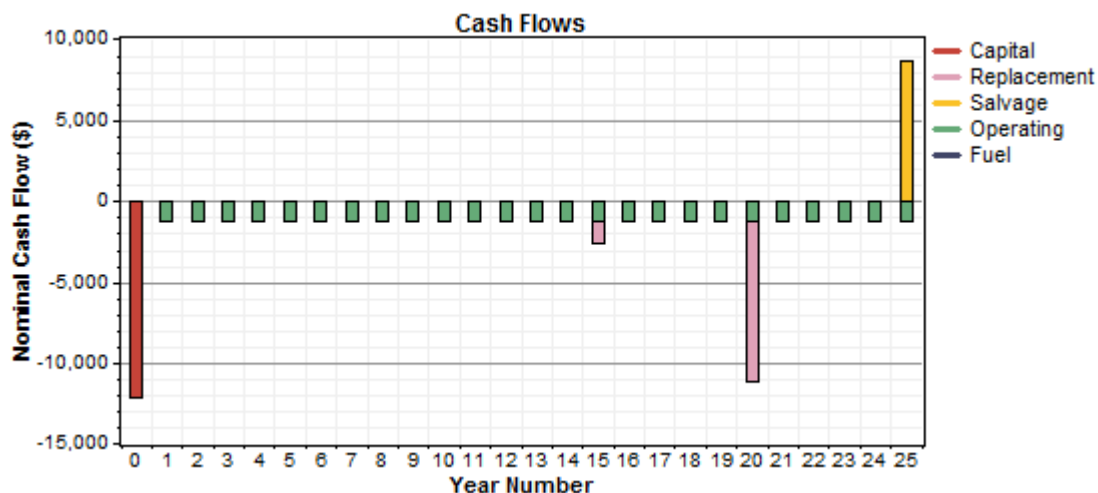
Figura 38. Resumen Flujo de Capital Alternativa No. 1.



Fuente: Homer – Energy. 2016.

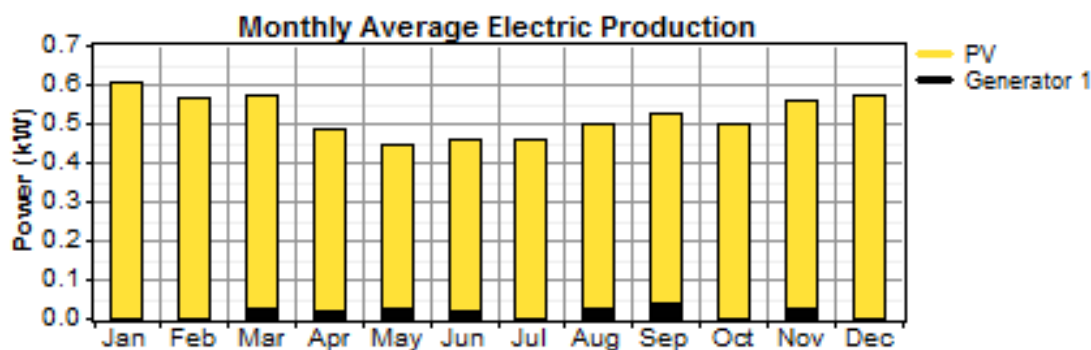
Dado estos parámetros, el costo de inversión inicial tienen un valor de US \$ 12.149. En la figura No 39., se muestra un reemplazo de los elementos (con excepción del equipo electrógeno) en el Año 15 y 20. En el último año de proyección se produce ahorros asociados al valor de los sistemas instalados.

Figura 39. Flujo Neto de Inversión



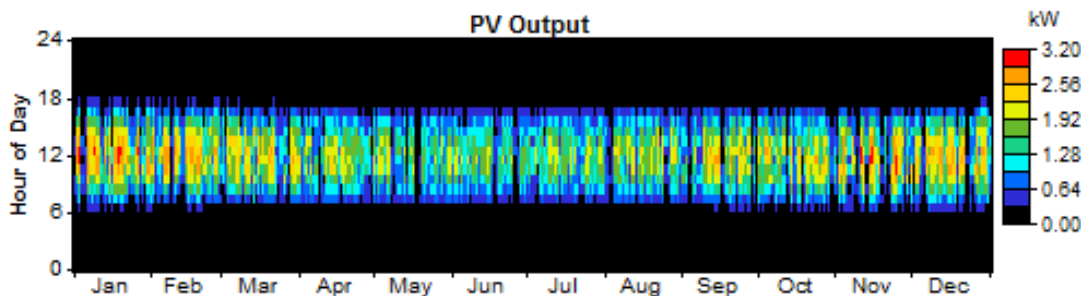
En las figuras (40 y 41), se muestra según la simulación que el sistema de paneles fotovoltaicos, es el encargado de asumir la mayor parte de los requerimientos de energía (97%), en las fincas con excepción de los meses menos favorables de radiación solar:

Figura 40. Promedio de Producción Eléctrica Mensual – Sistema Fotovoltaico



Fuente: Homer – Energy. 2016.

Figura 41. 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 12 baterías para el sistema a 12 V y una capacidad de 8.04 kWh/día, dando al sistema una autonomía de un 2.01 días con carga completa.

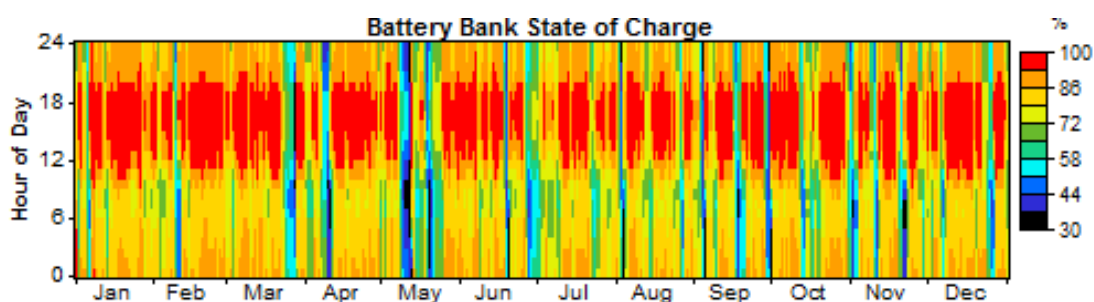
En la siguiente tabla se muestra la información relacionada con los costos y capacidad de las baterías:

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	24.0	kWh
Usable nominal capacity	16.8	kWh
Autonomy	50.1	hr
Lifetime throughput	41,256	kWh
Battery wear cost	0.141	\$/kWh
Average energy cost	0.008	\$/kWh

Fuente: Homer – Energy. 2016.

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 42), con excepción de algunos meses, donde varía la disponibilidad del recurso energético.

Figura 42. Estado de Cargas de las Baterías



Alternativa No. 2.

La segunda alternativa a considerar se compone de los siguientes elementos:

Tabla 27. Componentes Alternativa No.2.

Elemento	Capacidad
Wind turbine	1 SW Skystream 3.7 (1.8kW)
PV	2 kW
Battery	12 Hoppecke 10 OPzS 1000
Inverter	2.5 kW
Rectifier	2.5 kW
Generador	3 kW

Fuente: Homer – Energy. 2016.

En la siguiente tabla, se muestran los costos principales para esta alternativa.

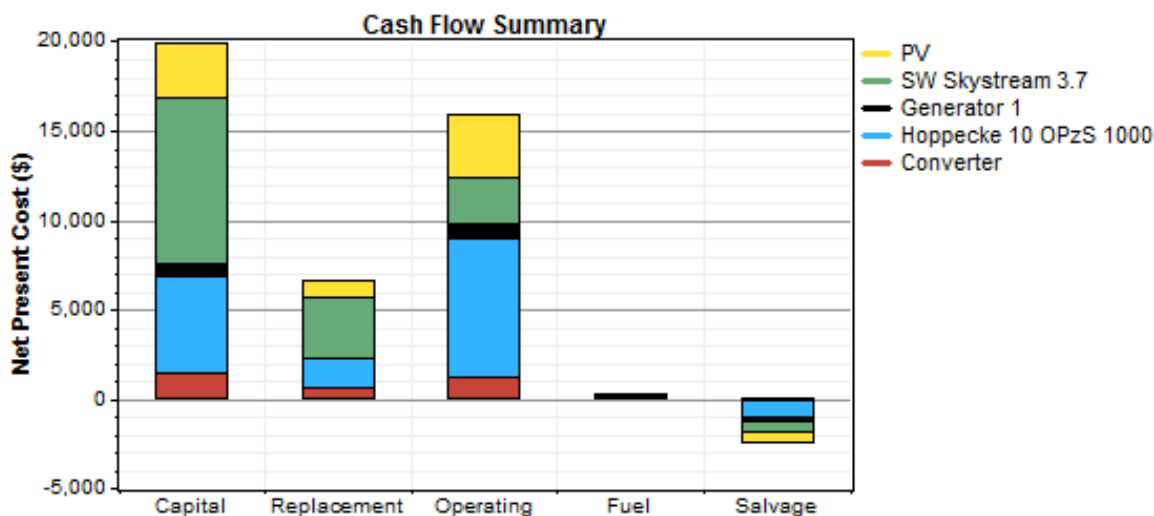
Tabla 28. Costos Alternativa No. 2

Costo	Valor
Costo Presente Neto	\$ 40.381
Costo Nivelado de la Energía	\$ 1.076/kWh
Costo anual de operación	\$ 1.605/yr

Fuente: Homer – Energy. 2016.

Así mismo, en la siguiente figura se puede ver la distribución de los costos por elemento, el reemplazo y los costos de operación se asocian en todos los componentes.

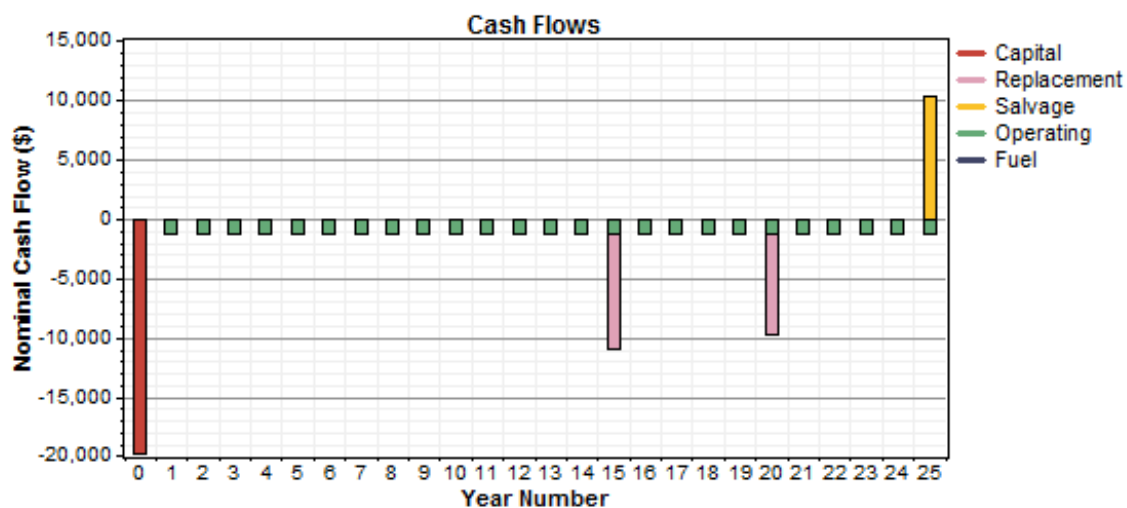
Figura 43. Resumen Flujo de Capital Alternativa No. 2.



Fuente: Homer – Energy. 2016.

Dado estos parámetros, el costo de inversión inicial tiene un valor de US \$ 19.859. En la figura No. 44, se muestra un reemplazo de los convertidores en el Año 15. En el último año de proyección se produce ahorros asociados al valor de salvamento de la PCH y los convertidores.

Figura 44. Flujo Neto de Inversión Alternativa No. 2.



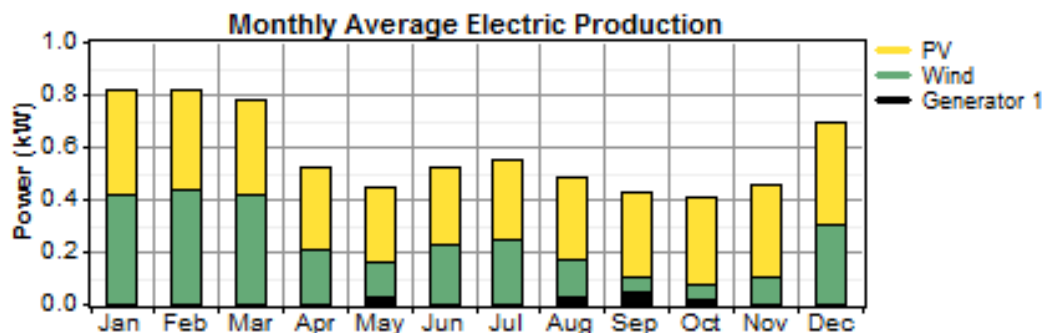
En los siguientes esquemas, se muestra que los módulos fotovoltaicos son los encargados de asumir el 58% de los requerimientos de energía, mientras que el aerogenerador aporta un 40% y el 2% restante es asumido por el generador diésel.

Tabla 29. Generación Eléctrica / Componente

Componente	Producción (kWh/año)	Fracción
PV array	2,954	58%
Wind turbine	2,015	40%
Generator 1	96	2%
Total	5,065	100%

Fuente: Homer – Energy. 2016.

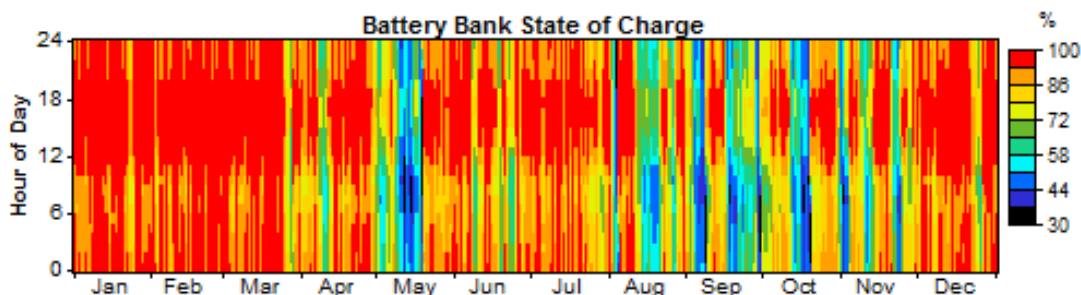
Figura 45. Potencia Promedio Generada por Componente



Al igual, que en la primera alternativa, HOMER considero 12 baterías para el sistema a 12 V y una capacidad de 8.04 kWh/día, dando la misma autonomía con carga total de 24 horas suceso que permite el mantenimiento periódico de los equipos en caso de fallas en el sistema.

Como se muestra en la Figura No. 46 , el estado de carga óptima de las baterías se obtiene entre las 12 – 16 horas del día con ligeras fluctuaciones durante el año debido a la discontinuidad del recurso disponible en la zona:

Figura 46. Estado de Carga de las Baterías



Fuente: Homer – Energy. 2016.

En la simulación igualmente se consultó los excesos de energía que se producen, dando como resultado que estos equivalen al 21.7% (Alternativa 1) y 32.4% (Alternativa 2), es decir se puede generar hasta de 1.639 Kwh adicionales a la largo de un año calendario.

- Selección de las Alternativas

La siguiente grafica muestra los resultados de optimización de las alternativas analizadas para el caso de las soluciones aisladas que se piensan implementar en las fincas cafeteras:

Figura 47. Resultados de Optimización Alternativas Homer

Double click on a system below for simulation results.

	PV (kW)	S3.7	Label (kW)	H1000	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)
	3		3	12	2.5	\$ 12,149	1,389	\$ 29,906	0.797	0.95	47	49
	2	1	3	12	2.5	\$ 19,859	1,605	\$ 40,381	1.076	0.97	32	33
	6	1	3		2.5	\$ 20,539	13,048	\$ 187,338	4.994	0.00	2,224	4,782
	7		3		2.5	\$ 12,829	13,749	\$ 188,583	5.027	0.00	2,409	5,179

En la Tabla 30., se muestra la configuración de cada alternativa, bajo el mismo escenario, cualquiera de las dos alternativas puede servir para el suministrar la demanda de consumo de 8.04 kWh/día.

Tabla 30. Configuración de las Alternativas

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	PV	3 kW
	Battery	12 Hoppecke 10 OPzS 1000
	Inverter	2.5 kW
	Rectifier	2.5 kW
	Generador	3 kW
Alternativa 2	Wind turbine	1 SW Skystream 3.7 (1.8kW)
	PV	2 kW
	Battery	12 Hoppecke 10 OPzS 1000
	Generador	3 kW
	Inverter	2.5 kW
	Rectifier	2.5 kW

En la Tabla 31, se muestra la comparación de los costos para cada una de las alternativas:

Tabla 31. Comparación de costos entre alternativas y escenarios

	Fincas Cafeteras	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo Presente Neto	\$ 29.906	\$ 40.381
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.797/kWh	\$ 1.076/kWh
Costo anual de operación	\$ 1.389/y	\$ 1.605/yr

- **Conclusiones de la simulación No. 2.**

Al comparar las dos alternativas, se puede observar que la alternativa 1, presenta un menor Costo Presente Neto. Por tanto, se selecciona esta iniciativa que satisface los requerimientos para el beneficio del café en las fincas que vayan ser favorecidas.

4.2. RESUMEN DE LA ALTERNATIVAS

Como alternativa posible de solución al problema de limitada oferta energética que se presenta en la zona cafetera del municipio de Urumita, se centrará en la instalación de dos tipos de tecnologías de generación:

- ✓ Una Microcentral de 15 kW para el funcionamiento de una planta de secado y el centro de acopio
- ✓ 25 Soluciones Aisladas de energía solar en igual número de fincas cafeteras.

La primera configuración, es usualmente utilizada en zonas en donde existe de forma permanente una cuenca hídrica que permita el aprovechamiento de las condiciones de caída que existen en terrenos quebrados o montañosos, en donde las condiciones difícil del terreno no permite la fácil instalación de redes eléctricas dentro del Sistema de Interconexión Nacional (SIN).

El montaje del sistema de generación hidroeléctrica de 15 KW 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.

En el desarrollo del proyecto se desarrollaran tareas necesarias para el funcionamiento de la microcentral hidroeléctrica: las obras civiles (bocatoma, desarenador, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas), la instalación de una red de media tensión a 13.2 KV , un transformador trifásico de 30 KW con las debidas protecciones que garantiza el control por sobrecargas que no afecten su operación.

En la segunda, el montaje de soluciones aisladas en las parcelas permitirá la optimización del proceso del beneficio de café que se realiza de forma manual en el periodo de cosechas, la utilización de algunos equipos esenciales para la conservación de alimentos y la construcción de una red de abastecimiento que garantice el riego de 25 hectáreas de cultivo.

4.2.1. Descripción Técnica de la Alternativas Propuestas

Punto 1. Microcentral Hidroeléctrica

La Estación Los Marimondos se encuentra en estribaciones de la Serranía del Perijá, aproximadamente a hora y media del casco urbano del municipio de Urumita, se encuentra a escasos 50 metros de distancia encima de una cañada del Rio Marquesote. El punto de captación del agua se ubicará en la cima de una cascada formado por un brazo del rio aguas abajo a aproximadamente 750 metros de distancia.

El caudal de la cascada en verano es de 100 Lt/s y en invierno supera fácilmente los 150 Lt/s de media. La bocatoma se espera construirla en la cabeza de la cascada a una distancia entre los 90 - 110 metros donde estará ubicada posiblemente la casa de máquinas (Ver Mapa 3.).

La distancia de la zona de captación de agua a la casa de máquinas supera fácilmente los 30 metros, no se cuentan con datos asociados a las dimensiones de la bocatoma y la casa de maquinas, su valoración se realizó tomando como referencia los costos indicativos suministrados por empresas nacionales que gozan de cierto nivel de experiencia en el montaje de microcentrales hidroeléctricas.

La tubería de presión que llevará el agua a la casa de máquinas, será de PVC de 21", con un tramo aproximado de 100 metros.

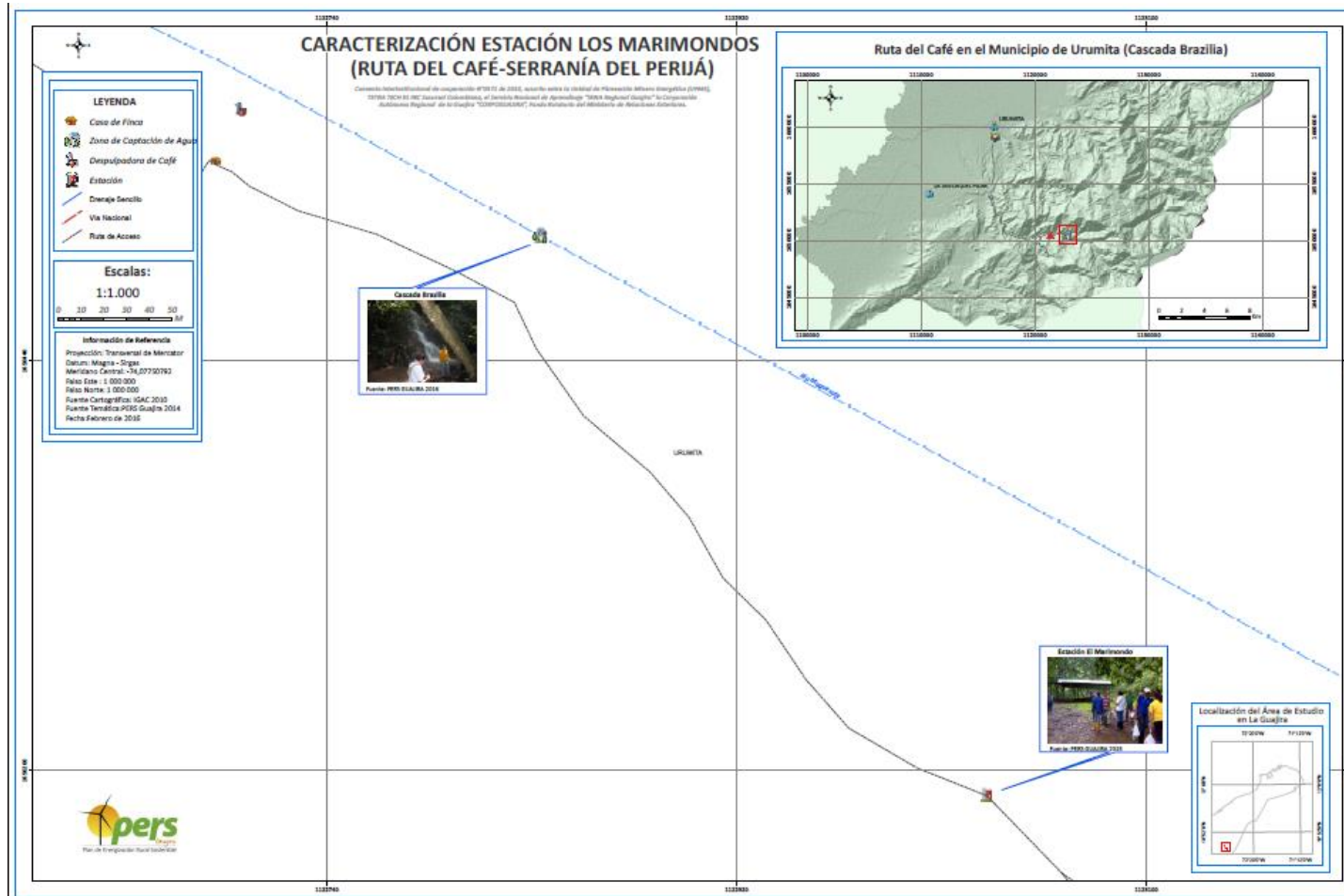
El caudal de diseño de la central será entre 100 – 120 Lt/s y el desnivel bruto de 30 m. Con estos parámetros se dispone de potencia nominal suficiente para alimentar un grupo turbina-generador de 15 kW de capacidad, con una eficiencia combinada del 70%. Esta potencia se considera adecuada para cubrir la demanda posible actual y la demanda futura de la comunidad.

El grupo de generación constará de una turbina tipo Michel Bankin de un inyector, que transmitirá su potencia a un generador sincrónico trifásico de 15 kW, 60 Hz, FP = 0,8, 240/480 V, 1800 rpm.

La red eléctrica incluye una longitud total de 900 metros de línea primaria trifásica (13,2 KV) en postes de pino curado o de fibra de 14 m, más la distribución a los dos centros de consumo con línea de baja tensión. Este sistema permitirá el funcionamiento de la planta de secado, su iluminación y la disponibilidad de energía eléctrica para la finca denominada Brasilia, donde se construirá la casa de máquinas.

Igualmente, la propuesta contempla las obras civiles necesarias para el montaje de la planta de secado y el centro de acopio.

Mapa 3. Perfil de Ruta – Estación Los Marimondos



Fotografía 10. Cascada -



Fuente: Equipo de Investigación PERS Guajira. 2016.

-Punto 2. Soluciones Aisladas de Energía Solar:

Este componente dispone de 25 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 ubicados en forma dispersa en una zona donde el recurso hídrico es deficiente y por tanto la productividad de los cultivos es afectada.

En cada casa o finca cafetera se instalará 12 paneles policristalino de 250 W, 12 baterías de 2V de 1000 Ah, un controlador y un inversor de 2.500 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. Igualmente se entregará por usuario un equipo de refrigeración solar con capacidad de 166 litros para asegurar la conservación adecuada de los productos perecederos que forman la base de la alimentación de las familias caficulturas de la zona.

Además se construirá una red de suministro de agua con cinco depósitos permanentes de agua (10.000 Litros) en diferentes puntos del trazado, la idea es extender alrededor de

6.000 metros de tubería flexible que permita bajar el agua por gravedad desde los nacimientos localizados en puntos más altos de la montaña.

Finalmente se realizará la instalación de los sistemas de riego por goteo, suceso que permitirá la irrigación de una hectárea de cultivo de café por cada finca intervenida.

4.2.2. Matriz de Costos de Transporte

Para el montaje de las soluciones energéticas se requiere trasladar un volumen importantes de materiales y equipos tanto para las obras civiles como la puesta en marcha de los equipos electromecánicos e hidromecánicos. Bajo este criterio, se pretende acceder a todos estos elementos desde la ciudad de Santa Marta haciendo tránsito por la ciudad de Valledupar, ubicado a 258 Kms de distancia por carretera asfaltada. Este distrito dada su disponibilidad de puerto y zona franca presenta ventajas sobre puertos más alejados como Puerto Briza en Dibulla o la misma Barranquilla. Al mismo tiempo, la ciudad de Valledupar dispone de una infraestructura importante de proveedores de materiales y de empresas transportadoras que garantizan el descargue de estos elementos en el municipio de Urumita.

Desde su cabecera municipal, resulta fácil la contratación de camionetas para el traslado de los materiales hasta la Estación los Marimondos, ubicada a 18 kms por vía terciaria. El siguiente mapa muestra la ruta de transporte de materiales.

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 Urumita.

Tabla 32. Resumen Matriz de Costos de Transporte

Ítem	Descripción	Ciudad de Origen	Destino	Distancia (Km)	Tipo de Transporte	Tipo de Vehículo	Descripción Trayecto	Peso (Kgs)	Valor Estimado
1	Equipo Electromecánico + Hidroeléctrico	Santa Marta	Zona Rural Municipio de Urumita	323	Terrestre	Camión o Tratomula + Camioneta	258 Kms de Vía asfaltada hasta	750 Kgs	4.500.000
2	Materiales Obras Civiles						Valledupar + 46,7 Km Vía Pavimentada hasta	N.E.	2.800.000
3	Sistema de Riego						Urumita + 18 Kms Vía Veredal en Placa Huella	N.E.	1.500.000
4	Línea de Transmisión Eléctrica + Módulos de Energización Solar							N.E.	10.500.000
Total Transporte Materiales y Equipos									\$ 19.300.000

El valor total del servicio de transporte necesario para el traslado de los materiales y equipos a la zona donde se ejecutará el proyecto, excluyendo los otros elementos, es concurrente con las recomendaciones realizadas por los estudios realizados por la Corporación para la Energía y el Medio Ambiente, del “1.75%”¹⁵ para la región 6 (Costa Atlántica) del valor total de las obras civiles y equipos para una PCH.

¹⁵ CORPOEMA. “Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación de energía eléctrica en ZNI”. Bogotá. 2012.

4.2.3 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”¹⁶:

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.
- $1 - P_d$:** 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.

¹⁶ Documento CREG 002 del 2014. Metodología para Remunerar las Actividades de Generación, Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica en ZNI.

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

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”¹⁷.

Según la estimación de la demanda realizada, el consumo promedio en la estación los Marimondos en plena operación sería de 161 kWh/d, es decir un consumo de 4.830 kWh/mes. Dado que cada empresa u operador del servicio por disposición de la CREG puede en teoría establecer los costos máximos de generación (\$ kWh), de manera arbitraria se tomara como costo de referencia, para ZNI región 6 (Costa Atlántica), el valor de “\$750 kWh”¹⁸.

Es decir que el valor posible a facturar promedio mensual sería de \$ 3.622.500 M/L, asumiendo que cada familia, aporte al sostenimiento del sistema de generación se tendría un costo de \$ 36.965 mensuales, además hay que tener en cuenta que este consumo sólo se realiza sólo durante tres meses al año, dado la temporada de cosecha.

Sin embargo hay que tener en cuenta, que 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.

¹⁷ Resolución CREG 004 del 2014.

¹⁸ Los costos máximos de prestación de servicio no tienen vigencia actual (derogados por la Resolución 091 del 2007); sin embargo, no se han establecido nuevos costos máximos por parte de la CREG.

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 (50% para el estrato 1, 40% para el 2, y 15% para el 3)”¹⁹; como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 33. Rango de Subsidios Servicios de Energía Eléctrica en ZNI

Rango de Usuarios		Porcentaje de Usuarios por Localidad			Factor (%)
		Estrato de Subsidio			
Desde	Hasta	1	2	3	
0	150	100	0	0	50
151	300	95	5	0	49
301	500	85	15	0	48
501	800	77	18	5	46
801	1000	70	20	10	44
1.001	2000	63	23	14	42
Más de 2001		55	26	19	40

Fuente: Ministerio de Minas y Energía. Resolución 180961 de 2004.

Para este caso, el factor de subsidio es del 49% 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:

¹⁹ ESTEVE, Natalia. (2011). “Energización de las Zonas No Interconectadas a partir las Energías Renovables Solar y Eólica”. Tesis de Grado. Maestría en Gestión Ambiental. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá, P. 32.

Tabla 34. Posible Tarifa (2016) – Comunidad Cafetera

Centro de Consumo	Consumo Estimado Mensual	\$ kWh	Valor Mensual	Número de Familias	Valor Mensual Sin Subsidio	Valor Mensual con Subsidio
Planta	4.830 kWh/mes	750	\$ 3.622.500	98	\$ 36.965	\$ 18.113
Fincas	241.2 kWh/mes		\$ 180.900	1	\$ 180.900	\$ 90.450

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.

4.3. OBJETIVOS

4.3.1 General

Mejorar la oferta energética para el desarrollo de las actividades productivas asociadas al cultivo de café en la zona rural del municipio de Urumita.

4.3.2 Específicos

- Implementar dos sistemas de generación con tecnología limpia en la zona.
- Realizar el montaje de una red de suministro de agua para el riego continuo de 25 hectáreas de café.
- Fortalecer a la comunidad en los procesos de tecnificación y formación agroecológica relacionada con el beneficio del café

4.4. PRODUCTOS, ACTIVIDADES Y PERSONAL REQUERIDO

Tabla 35. Productos, Actividades y Personal Requerido

Componentes	Productos	Código Actividad	Actividad	Personal Requerido
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	98 Familias Beneficiadas	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 - 1-3	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA	
		A- 1-3-1	Construcción de Obras Civiles	
	(1) Microcentral Hidroeléctrica de 15 kW Operando	A - 1-3-2	Instalación del Sistema de Tuberías	
		A 1-3-3	Montaje del Equipo Electromecánico	
		A- 1-3-4	Adecuación de Líneas de Transmisión Eléctrica	
	25 Módulos de Energización Instalados	A -1-4	SOLUCIONES AISLADAS DE ENERGIZACIÓN	
		A-1-4-1	Instalación de los Módulos Individuales de Energización Solar	
B. Montaje de sistemas de suministro de agua para el riego de los cultivos en la zona.	(1) Microacueducto Instalado	B- 2-1	IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SUMINISTRO DE AGUA	Ingenieros y Técnicos Empresa Ejecutora
		B -2-1-1	Construcción de la Red de Suministro	
	25 Sistemas de Riego por Goteo en operación.	B – 2-1-2	Instalación de los sistemas de Riego por Goteo	
C. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción agroecológica	Planta de Secado y un Centro de Acopio en Funcionamiento	C – 3-1	Montaje de una planta de secado y un centro de acopio	Ingenieros y Técnicos Empresa Ejecutora
	30 Personas Capacitadas	C -3-2	Realizar talleres de formación comunitaria.	1 Ingeniero Mecánico, 1 Profesional en Ciencias Económicas o Administrativas

4.5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCION 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, el ahoyado, la instalación de las redes de tuberías necesaria para la captación de agua y la extensión de los sistemas de riego. 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.

4.6. 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.

4.7. 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 36. 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 del municipio de Urumita		
Indicador	Meta	Unidad de Medida
Número de Centros Poblados Intervenido	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. 2012.

4.7.1. Indicadores de Objetivo Específico, Producto y de Gestión

Tabla 37. Indicadores de Objetivo Específico, Producto y de Gestión

Componentes	Producto	Indicador	Unidad	Meta	Año
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	30 Familias Beneficiadas	Familias Beneficiadas	Número	Al terminar la fase de ejecución de la propuesta, se ha puesto en funcionamiento una microcentral hidroeléctrica de 15 kW y 25 Soluciones Aisladas de Energía solar en el territorio.	2017
	(1) Microcentral Hidroeléctrica de 15 Kw Instalada	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Número		
	25 Módulos de Energización Instalados	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Número		
B. Montaje de sistemas de suministro de agua para el riego de los cultivos en la zona.	(1) Microacueducto Instalado.	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Número	Al terminar el mes de junio del 2017, han sido instalados los sistemas de suministro de agua para el riego de los cultivos.	
	25 Sistemas de Riego por Goteo en operación.				
C. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción agroecológica	(1) Planta de Secado y un Centro de Acopio en Funcionamiento	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Número	Al terminar la ejecución de la propuesta. 30 personas de la comunidad han sido capacitadas en el mejoramiento de sus capacidades técnicas y de producción agroecológica.	
	30 Personas Capacitadas	Personas Capacitadas	Cantidad		

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2012.

4.8. FUENTES DE VERIFICACIÓN Y SUPUESTOS

Tabla 38. Fuentes de Verificación y Supuestos

Componentes	Producto	Indicador	Fuente de Verificación	Supuestos
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	30 Familias Beneficiadas	Familias Beneficiadas	Actas de Concertación y Socialización	Resistencia de los posibles beneficiarios a participar en el proyecto.
	(1) Microcentral Hidroeléctrica de 15 Kw Instalada	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Informes de interventoría e Intervención	
	25 Módulos de Energización Instalados			
B. Montaje de sistemas de suministro de agua para el riego de los cultivos en la zona.	(1) Microacueducto Instalado	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Actas de Visita, informes de seguimiento e instrumentos de control.	Bajo compromiso por parte de la comunidad
	25 Sistemas de Riego por Goteo en operación.			
C. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción agroecológica	Planta de Secado y un Centro de Acopio en Funcionamiento	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Actas de Visita, Informes de seguimiento y control.	
	30 Personas Capacitadas	Personas Capacitadas		

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2012.

4.9. BIENES O SERVICIOS

En relación con los bienes o servicios a considerar dado la problemática existente, este se relaciona directamente con la actividad productiva en el Alto San Jorge relacionada con la producción panelera de cada familia. La siguiente tabla muestra el bien que se piensa mejorar con base al suministro de energía eléctrica en la zona.

Tabla 39. 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 Secado Anualmente	2012	2015	2025

Tabla 40. Análisis Oferta y Demanda de Bienes o Servicios

Año	Oferta	Demanda	Déficit
2012	196	1764	1568
2013	206	1720	1514
2014	196	1630	1434
2015	200	1600	1400
2016	240	1560	1320
2017	300	1520	1220
2018	330	1560	1230
2019	380	1580	1200
2020	400	1680	1280
2021	460	1640	1180
2022	520	1660	1140
2023	590	1660	1070
2024	650	1700	1050
2025	720	1720	1000

4.10. 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 (alrededor del 20%). 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.

4.11 HORIZONTE DEL PROYECTO

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

4.12. IMPACTOS ESPERADOS

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

Tabla 41. 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) instructores técnicos participen como observador en el desarrollo del proyecto.
	Actividades de Divulgación y Transferencia Tecnológica		Numero de Aprendizices Sensibilizados	250	Ninguna
	Mejoramiento en la oferta de servicio tecnológicos		Número de Programas de formación técnica y tecnológica ofertados	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 secadas al año	Pasar de 200 a 400 toneladas de café secado anualmente 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 – 98 pequeños caficultores que directamente se benefician con el desarrollo de la actividad.	Ninguno
	Acceso a nuevos mercados		Ampliación de Cobertura de Mercado	Al menos tres nuevas redes de comercialización de café verde en los próximos años.	Ninguno

4.13. 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.

4.13.1. 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, si no 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 requiere la realización de obras civiles, tales como bocatoma, desarenadores, casa de máquinas, el canal de descarga y la construcción de la planta de secado, la calidad del aire podría verse afectada por la emisión de gases provenientes de los vehículos y maquinarias empleadas; así como la emisión de material particulado generado por el movimiento de tierra para la adecuación del terreno. Estos impactos no son considerados significativos debido a que las emisiones serán mínimas y esporádicas.

También se presentaran 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 mayormente afectados por la naturaleza de la obras que se llevaran a cabo, como la construcción de la bocatoma y las estructuras para represar el agua que se desviara por canales adyacentes a la Cascada de la Finca Brasilia al cuarto de máquinas, el impacto principal se daría en la disminución del caudal y las alteraciones en el flujo natural de la fuente hídrica.

Estas obras pueden causar daños y afectaciones a la calidad del agua del afluente dado que se debe introducir maquinarias y equipos en la zona. Para este caso, en particular, el ejecutor de la obra deberá tomar las medidas necesarias para la

mitigación y prevención de los impactos negativos y tramitar los permisos ambientales correspondientes para este tipo de obra ante la Corporación Autónoma Regional de la Guajira.

- **Calidad del Suelo**

La instalación de cada uno de los componentes impactarán de manera significativa en este recurso, debido al descapote de la capa vegetal en las labores de adecuación del terreno, suceso que implica la pérdida de la consistencia y las características naturales del suelo, exponiéndolo a la erosión por escorrentías superficiales.

Es importante destacar como aspecto positivo, la instalación de un sistema de suministro de agua que permitirá el riego de 25 hectáreas en la zona; mejorando la irrigación del terreno, disminuyendo la desertificación, la pérdida de propiedades productivas del suelo, humectándolo y favoreciendo el desarrollo de los cultivos.

No obstante, el uso de maquinaria pesada en las labores de construcción de las obras civiles y el montaje de la línea de transmisión generará compactación del suelo en algunos tramos, este impacto es considerado negativo, por lo que se deberán implementar medidas preventivas y de mitigación para contrarrestarlo.

- **Ecosistema, Especies animales y Vegetales**

Las características naturales del ecosistema se verán afectadas por la ocupación del cauce de la cascada que perturbarán los sistemas acuáticos y la relación simbiótica que existe con los ecosistemas terrestres. La Corporación Autónoma Regional de la Guajira determinará cuáles son las acciones de mitigación y compensación sobre los actos generados en las diferentes obras. El operador del proyecto deberá realizar estudios para determinar las especies arbóreas protegidas y en vía de extinción sobre las que se deberá tener prioridad.

Las especies acuáticas se verán impactadas de manera negativa debido a la alteración del hábitat y la intervención de la fuente hídrica en las actividades de construcción de la bocatoma, modificando su ecosistema y medio de supervivencia.

Finalmente, las especies terrestres se verán impactadas de manera leve debido a la alteración del hábitat y generación del ruido, suceso que ocasionara el desplazamiento temporal de algunos organismos, para evitar el daño de estos ecosistemas se prohibirá la caza de animales silvestres y se cercaran las zonas para evitar el contacto con las obras de construcción.

- **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 y la construcción de una planta de secado. Además la implementación de las alternativas energéticas permitirá a mediano mejorar la calidad de vida de las familias caficulturas.

- **Generación de Empleo**

Se generaran empleos temporales principalmente en la etapa inicial debido a la construcción de obras civiles. Igualmente con el desarrollo de las alternativas se generan efectos positivos asociados al incremento de los ingresos familiares percibidos por la actividad.

- **Acceso a Servicios**

El acceso al suministro de agua impactara de manera positiva en la comunidad, dada la disponibilidad inicial de riego de los cultivos, igualmente se suma la disponibilidad de energía eléctrica en el territorio.



- **Salud Humana**

Durante la fase de construcción de las obras civiles, es posible que exista contaminación por ruido, emisiones, salud y la seguridad de las comunidades vecinas. Se espera que los impactos de ruido sean mínimos y permisibles por la legislación colombiana.

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 42. Matriz de Impactos Zona Cafetera Municipio de Urumita

Impacto	Tipo de impacto	Nivel de impacto	Calificación del Impacto	Observaciones o Medidas de Mitigación
Emisión de material particulado	Negativo	Local	Baja	Prevención – Minimizar tránsito en suelos sensibles a la erosión. Mitigación – Se humectarán, periódicamente, las vías de tránsito de maquinarias y vehículos medianos y pesados, en los lugares que no existan las placas huellas, principalmente en temporada de verano y periodos largos sin precipitación en la zona. Compensación – La empresa deberá plantear en conjunto con CORPOGUAJIRA 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	Prevención – 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 manutenciones programadas. – Utilizar el equipamiento dentro de las especificaciones de uso.

Ruidos y vibraciones	Negativo	Local	Media	Prevención - Capacitar al personal en el control de ruido en la construcción y en los métodos de trabajo que faciliten el correcto uso tanto de herramientas como de equipos de trabajo. - Realizar un mantenimiento periódico de las maquinarias y equipos utilizados, con el propósito de prevenir problemas de ruido producto del mal funcionamiento de los mismos.
Captación de agua	Negativo	Local	Baja	Ninguna
Contaminación del agua superficial	Negativo	Local	Baja	Prevención - Prohibir descargar cualquier tipo de contaminantes y efectuar lavado de equipos y maquinaria en cursos de agua. - Almacenar sustancias peligrosas alejadas de cursos de agua, estableciendo un perímetro de seguridad.
Contaminación de suelos	Negativo	Local	Media	Prevención - Los lugares de almacenamiento de sustancias peligrosas y combustibles líquidos, contarán con sistemas que aseguren su contención ante un eventual derrame. - Demarcar y señalizar las vías transitables. - Prohibición de descargar cualquier tipo de contaminantes y efectuar lavado de equipos y maquinaria en suelo descubierto. - Almacenar todos los productos a base de aceites, lubricantes, combustibles, productos químicos en áreas seguras y sobre membranas impermeables provistas de bermas. - El reabastecimiento de combustibles a las maquinarias debe realizarse sobre membranas impermeables. - Cerrar los circuitos de agua, evitando vertimientos y reutilizando el agua de proceso. Mitigación - Retirar el suelo contaminado del sitio. - Minimizar el uso y descarga de productos químicos.

Erosión	Negativo	Local	Media	Prevención - 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 Fauna	Negativo	Local	Baja	Prevención - Estudiar existencia de especies raras o en peligro extinción. - Restringir el acceso de animales a las áreas de construcción, mediante la instalación de cercas. - Inventario de fauna de la zona.
Afectación de la Flora	Negativo	Local	Baja	Prevención - Escoger la alternativa adecuada de trazado de la red de distribución eléctrica y de agua que conlleve a evitar la tala de árboles masiva o lo menos posible. - Evitar en lo posible la tala de árboles de especies protegidas, previamente identificada en el inventario forestal pertinente. Compensación: En conjunto con CORPOGUAJIRA, plantear las medidas de compensación pertinentes al caso acorde al inventario forestal pertinente.
Empleo y mano de Obra	Positivo	Local	Alta	Observación: Se aumentara el empleo durante la etapa de construcción y las ganancias por el desarrollo de la actividad productiva.
Molestias a la comunidad	Negativo	Local	Baja	Prevención - 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	Alta	Observación: Se mejoraran notablemente los servicios prestados a los turistas y visitantes de la Comunidad o vereda.

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	Observación: 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.
Paisaje	Negativo	Local	Baja	Mitigación - El diseño y arquitectura a utilizar para la construcción se realizara con materiales que minimicen el impacto visual y de manera armónica al entorno. Compensación - 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 ocupación de Cauce:**

Este permiso se relaciona con la conservación de predios, cauces y taludes marginales de los ríos, quebradas y demás. También se aplica en los casos que exista la construcción obras dentro de un cuerpo de agua o que conlleven a la desviación de cauces y/o cuerpos de agua. El operador debe cumplir con los requerimientos y disposiciones establecidas en el Decreto 1541 de 1978, por el cual se fijan los

procedimientos para otorgar concesiones, exploración de aguas subterráneas y otras disposiciones.

✓ **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.

✓ **Permisos de Concesión de agua superficial:**

La concesión de aguas superficiales, consiste en obtener el derecho para el aprovechamiento de las aguas superficiales para los siguientes fines: a) Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación, b) Riego y silvicultura, c) Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación, d) Uso industrial, e) Generación térmica o nuclear de electricidad, f) Explotación minera y tratamiento de minerales, g) Explotación petrolera, h) Inyección para generación geotérmica i) Generación hidroeléctrica, j) Generación cinética directa, k) Flotación de maderas, l) Transporte de minerales y sustancias tóxicas, m) Acuicultura y pesca, n) Recreación y deportes, o usos medicinales, y p) otros usos similares. Para esto se debe tener como apoyo el siguiente marco normativo: Ley 2811 de 1974, Decreto 1541 de 1978, artículo 54 al 65, Ley 99 de 1993, Ley 633 de 2000, Resolución 1280 de 2010 - Min ambiente, Decreto 1575 de 2007 y Resolución 112-1020 de 2013, CORNARE²⁰.

²⁰ Corporación Autónoma Regional de Cuencas del Rio Negro y Nare

4.14. 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 de la Guajira, relacionadas con la “valoración y calificación del riesgo en la subregión de la Media Guajira”²¹, la siguiente tabla muestra los posibles riesgos generados por la implementación del proyecto:

²¹ Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo. Gobernación de la Guajira. Plan Departamental de Gestión de Riesgo. Calificación del Riesgo por Subregiones. Pág. 60.

Tabla 43. Análisis de Riesgo según actividades del Proyecto

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Efectos	Impacto	Medida de Mitigación
Disminución del caudal del río en épocas de intenso verano	Poco Probable	Como consecuencia de la disminución del caudal captado por la microcentral disminuiría el abastecimiento de agua generando baja productividad en los suelos.	Alto	- Implementar un sistema alternativo de almacenamiento y/o suministro de agua.
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 (redes, 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 provengan de las fuertes tormentas que puedan presentarse en la zona.
Daños en los componentes del sistema por avalancha y/o crecidas del río.	Ocasional	Las inundaciones y/o avalanchas que se puedan presentar por la crecida de la fuente hídrica, generarían daños en los que se interrumpiría la producción de energía eléctrica, afectando las actividades socioeconómicas que beneficia el proyecto.	Medio	- En caso de ser necesario en algunos puntos se puede optar por la construcción de gaviones o muros de contención que puedan servir de protección del sistema en caso de avalanchas o deslizamientos.
Obstrucción del sistema por rocas de gran tamaño producto de las crecidas del río y arrastre de estas al sistema.	Ocasional	Resultado de las crecidas de los ríos que puedan arrastrar sólidos de gran tamaño como rocas y troncos que pueden obstaculizar el sistema evitando el flujo normal del agua.	Alto	- Construcción de rejillas para la retención de sólidos de gran tamaño al sistema. - Muros de contención para evitar afectaciones y/o obstrucciones por deslizamientos y movimientos en masa de agua y tierra.

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 inundaciones y en menor proporción los movimientos en masas tales como avalanchas por crecidas del Río Marquesote. 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 44. Análisis de Riesgo relacionado con el Entorno

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Efectos	Impacto	Medida de Mitigación
Ruptura de tuberías y canales por inundación del terreno por fuga del agua aumentando la infiltración del terreno.	Probable	Infiltración de agua en el terreno e inundación de este, favorece al deslizamiento de tierras.	Moderado	- Realizar un monitoreo continuo para identificar fallas en la estructura del sistema y eventuales fugas. - Reemplazo inmediato y reparación del componente afectado que esté generando la fuga.
Líneas de conducción de redes eléctricas que estarían expuestas a la comunidad y representan un riesgo hacia esta.	Probable	Caída de redes eléctricas que puedan afectar a la comunidad o transeúntes y recibir descargas eléctricas y además de esto pueden afectar la fauna presente por la zona.	Alto	- Establecer una forma de contacto directo de la empresa constructora y la comunidad para identificar, evaluar y reparar daños en caso de presentarse.
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	- 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.
Obstrucción de las rejillas del desarenador con rocas y sedimentos de gran tamaño.	Probable	Este riesgo se debe tener en cuenta debido a que en casos de ocurrencia su efecto sería la afectación y daños del sistema de captación y generación de energía y además de esto corte en el suministro de energía en la zona.	Moderado	- Realizar los mantenimientos correctivos y limpieza de las rejillas de manera periódica, estableciendo un programa de control y monitoreo de cada uno de los componentes del sistema. - Construir muros de contención para evitar afectaciones y/o obstrucciones por deslizamientos y movimientos en masa de agua y tierra.

Por otro lado, la ruptura de tuberías, canales y fugas de agua que aumentan la infiltración del terreno tendría un impacto significativo y resulta probable su ocurrencia, afectando la estabilidad del terreno alrededor de la casa de máquinas. Por esta razón se deben establecer planes de revisión periódicos donde se conozca el estado de las tuberías e infraestructura de los canales de conducción y realizar de manera inmediata el mantenimiento para evitar un impacto mayor.

Las líneas de transmisión eléctrica de media y baja tensión que estarían representando otro riesgo importante que podrían afectar a la población cercana al lugar de instalación del sistema, es probable su ocurrencia y su impacto es alto. Resulta indispensable que la asociación u organización comunitaria que se encargará de la administración del servicio cuente con un personal encargado de identificar las fallas y realizar las gestiones para el acompañamiento institucional para el mantenimiento de los sistemas de generación eléctrica instalados.

Así mismo, se debe restringir el acceso de personal no autorizado a los equipos electrónicos ubicado en casa de máquinas. Para evitar este tipo de situaciones, el operador debe sensibilizar a toda la población aledaña. Así mismo, se colocaran carteles de identificación de peligros para que las personas eviten acceder a estos componentes.

Finalmente, resulta probable que la zona de captación de agua se vea afectado por la obstrucción de las rejillas del desarenador con rocas y sedimentos de gran tamaño, impactando de modo negativo el proceso de generación de energía eléctrica, evento que puede ser subsanado con la revisión periódica del estado de la bocatoma, el canal de carga, los desarenadores y demás componentes que permiten conducir el agua hacia la casa de máquinas.

4.15. 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”²² 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 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.

²² Metodología desarrollado 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).

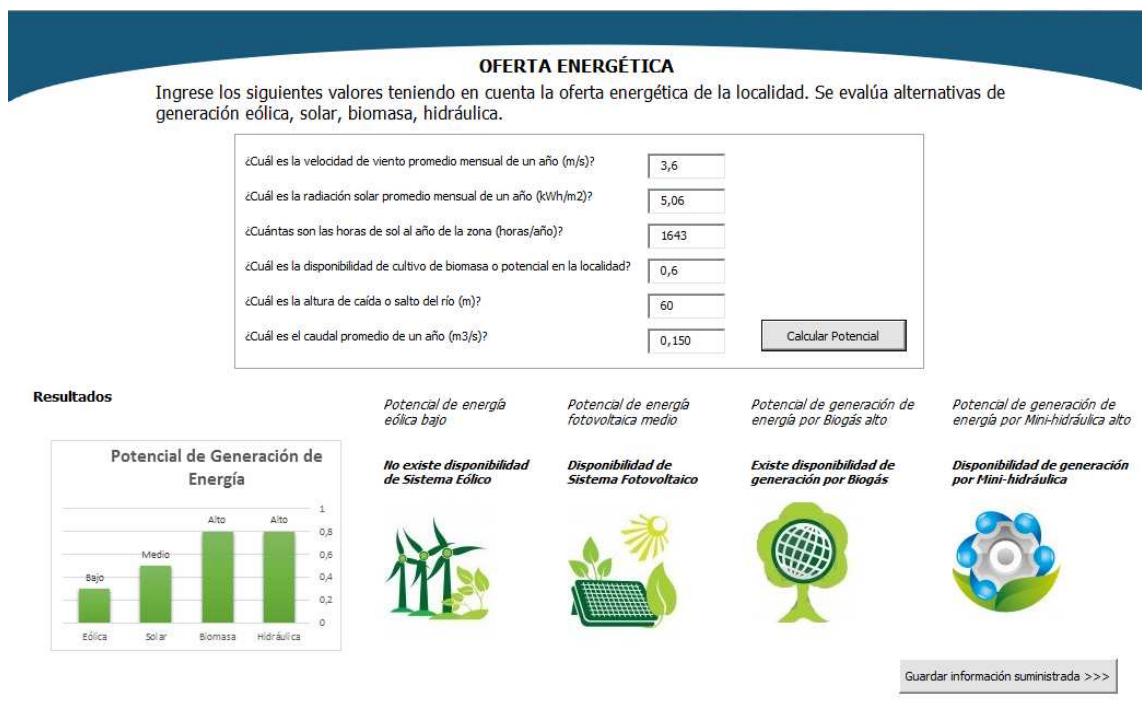
Módulo 1. Oferta Energética

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.45, para éste caso el usuario debe ingresar el valor de los diferentes criterios con el que cuenta la localidad en promedio anual con respecto a los recursos físicos disponibles como se muestra en la Figura 48.

Tabla 45. Disponibilidad de Recursos Naturales

Alternativa energética	Criterio evaluación	Unidad	Promedio mensual de un año
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	Radiación solar	kWh/m2	5.06
	Tiempo de Exposición de horas de sol al año	h/a	1643
SISTEMAS EÓLICOS	Velocidad de viento	m/s	3.6
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	Caudal o flujo de agua	m3/s	0.150
	Pendiente o altura de caída	m	60
	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	%	60%

Figura 48. Resultado Modulo 1. Oferta Energética



Como se muestra en la Figura No. 48, 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, la instalación de una PCH y el uso de biodigestores.

Según información recogida por el equipo investigador del PERS Guajira, la cascarilla del café en algunos casos se usa como abono en las fincas. En el futuro se podría desarrollar gasificadores en las fincas.

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 ya que de esto depende que se forme el círculo virtuoso en que la comunidad se convierta en gestora de la consolidación y mantenimiento de la solución, permitiendo lograr los objetivos de crecimiento y desarrollo.

Tabla 46. Componentes del Criterio Social

Criterio	Variable		Unidad	Valor
Capacidad de apropiación de la tecnología por parte de la comunidad	Número total de pobladores mayores de 23 años que han alcanzado cada uno de los siguientes niveles educativos	Ninguno	U	20
		Primaria	U	370
		Secundaria	U	90
		Técnico	U	8
		Universitario	U	2
Presencia sector público	Definir si hay presencia o no	Alcaldías o entes territoriales	NA	Si
		Empresas oficiales o mixtas de servicios públicos domiciliarios	NA	No
		Fuerzas militares	NA	Si
		Policía.	NA	No
Presencia Institucional	Definir si existe o no	Hospitales o puestos de salud	NA	No
		Centros educativos	NA	Si
		Instituciones financieras	NA	No
		Iglesias	NA	No
Participación social de las comunidades	Definir si existe o no	Organizaciones sociales o comunitarias	NA	Si
		Consejos municipales	NA	No
		Participación electoral en la localidad.	NA	Buena

Figura 49. 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	20
Primaria	370
Secundaria	90
Técnico	8
Universitario	2

Siguiente >>

Siguiente>>> Criterio Físico



Figura 50. 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? Si

¿Existe presencia empresas públicas, privadas o mixtas de servicios públicos domiciliarios en la localidad? No

¿Existe presencia de Fuerzas militares en la localidad? Si

¿Existe presencia de policía en la localidad? No

Presencia Institucional

¿Existen hospitales o puestos de salud en la localidad? No

¿Existen centros educativos en la localidad? Si

¿Existen instituciones financieras en la localidad? Si

¿Existen iglesias en la localidad? Si

Siguiente >>

Siguiente>>> Criterio Físico

Figura 51. 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? Si

¿Existe en la localidad Consejos municipales? Si

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

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 47. 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	Bueno
	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	18
	Distancia entre la población y el sitio de distribución o localidad principal más cercana (km).	km	18

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 48. 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 49. Conjunto de alternativas factibles para el proyecto

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	Hydro	14.7 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW
Alternativa 2	Wind Turbine	1 Skystream 3.7
	Hydro	14.7 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW

Tabla 50. Costo relacionado por cada Alternativa

	Alternativa 1	Alternativa 2
Capital inicial	\$ 85.266	\$ 94.502
Costo Presente Neto	\$ 99.349	\$ 110.240
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.255/kWh	\$ 0.283/kWh
Costo anual de operación	\$ 2,126/yr	\$ 2376/yr

En la Figura 52, se muestran las alternativas seleccionadas y el nivel considerado de participación de cada uno de los componentes

Figura 52. 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

Alternativa 2



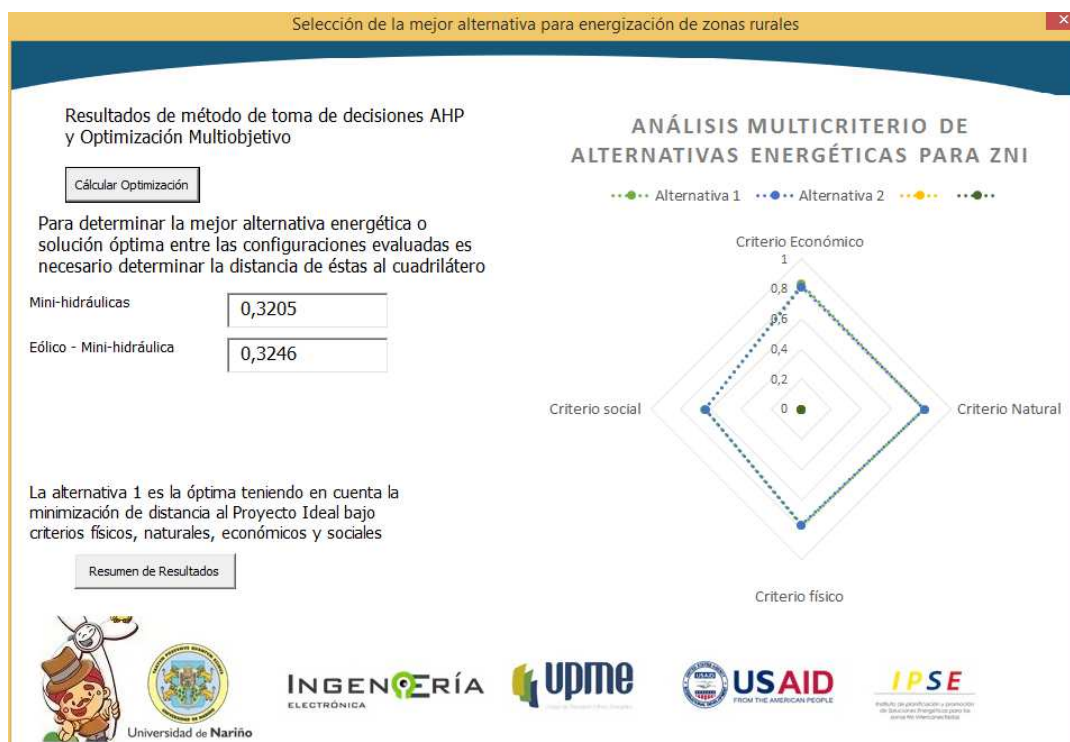
Resultados de la Simulación

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 53, se muestran los resultados de la evaluación.

Tabla 51. Alternativa Óptima

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	Hydro	14.7 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW

Figura 53. Resultados Evaluación de la sostenibilidad para las alternativas



En términos generales, el modelo considera que el uso de una PCH (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.

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

Según la Figura No. 54 , se puede ver que el nivel educativo apropiación de la tecnología en la población es bajo, con tan solo 2 personas con niveles universitarios y 8 técnicos que representa tan solo el 2% de la población con nivel de escolaridad alto.

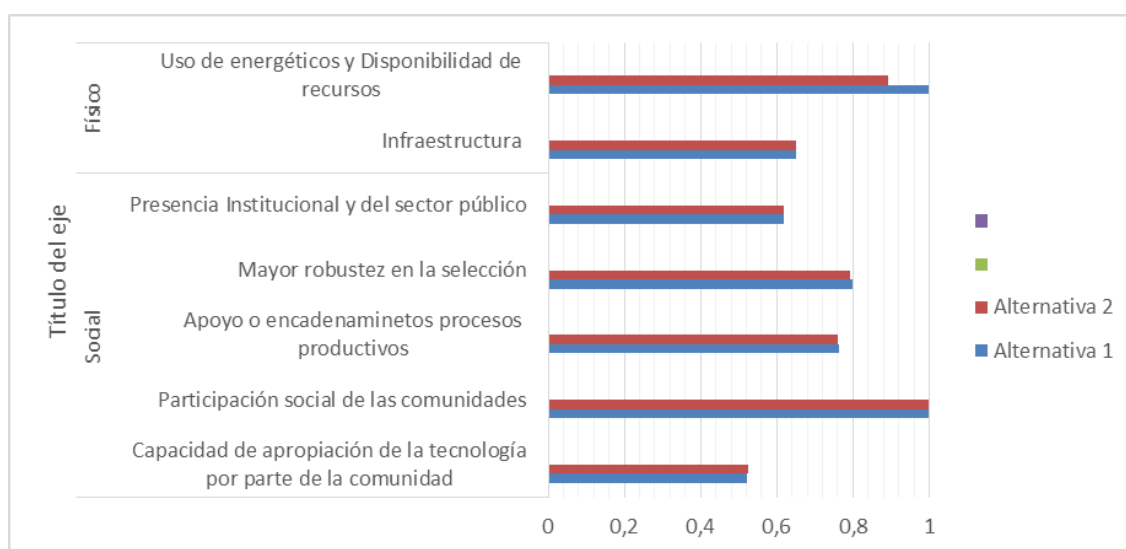
El objetivo del proyecto debe estar enfocado aprovechar las capacidades de estos profesionales, se propone entonces asignarles las obligaciones de dirección y veeduría de los procesos como son mantenimiento, facturación del servicio, control interno y tesorería para los pagos de las obligaciones.

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 alta participación electoral, esto significa que la comunidad se involucra en dar a conocer su opinión y está interesada en el proceso democrático.

Figura 54 .Resultados que dependen de la localidad



Como se mira en la figura, ambas alternativas aportan en el uso de los recursos naturales disponibles dentro de la localidad, sin embargo debido a las limitaciones en ciertos tramos de la vía terciaria, ambas alternativas tienen una calificación aceptable debido a que la PCH no es una tecnología modular por lo tanto el transporte de este elemento incrementa los costos de instalación.

Un elemento diferenciador dentro de la primera alternativa, con respecto a la segunda, se relaciona con la robustez. Un sistema de generación es robusto cuando no depende de mantenimiento regular para funcionar, dado que la alternativa 2, tiene asociado una turbina eólica lo cual complica los procesos de mantenimiento y debido a que la apropiación de la tecnología puede ser bajo, la alternativa 2, requeriría un

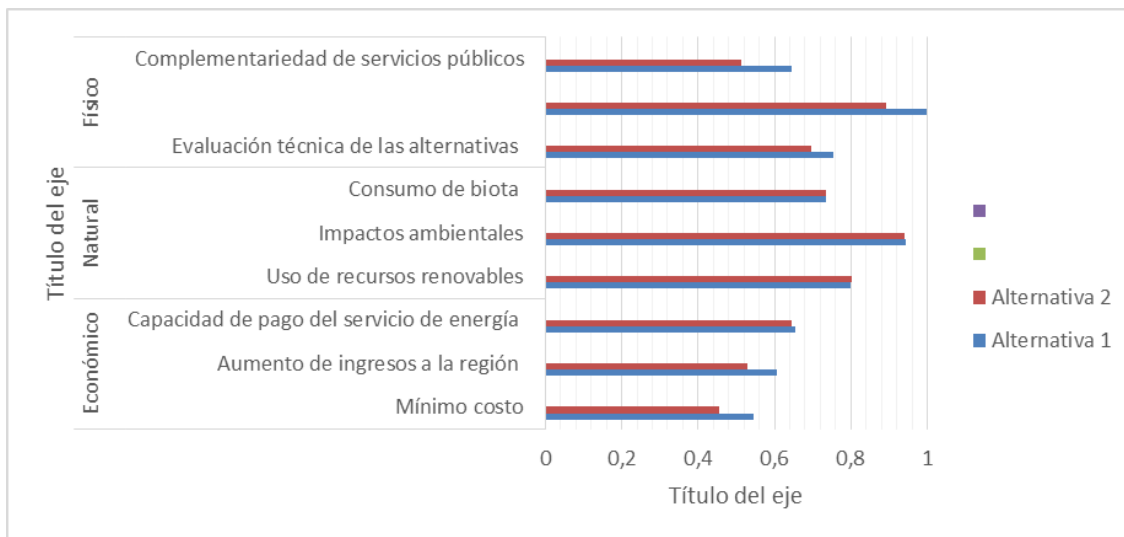
personal especializado en el manejo del aerogenerador y el desarrollo de las tareas de revisión periódica.

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

Como se muestra en la figura 55, 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 (\$ 85.256) así como el costo nivelado de la energía (\$0.255/kWh). Ambas alternativas tienen calificaciones altas en términos de uso de los recursos e impactos ambientales, esto se debe a que ambas utilizan una PCH.

La evaluación se realiza en términos del costo de oportunidad de uso del recurso hídrico, evaluando los beneficios de usarlo para generación de electricidad y sus aportes subsecuentes contra los posibles daños que causa al ecosistema, por ejemplo reducción de oxígeno en el agua, reducción de cauda y nivel de agua disponible para la flora y fauna.

Figura 55. Calificación de los criterios que dependen de la alternativa





4.16 CRONOGRAMA

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

4.17. PRESUPUESTO

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