



Plan de Energización Rural Sostenible
del Departamento del Chocó



**DISEÑO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA
LA ENERGIZACIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DE
LA SUBREGIÓN GEOGRÁFICA DEL BAUDÓ, DEPARTAMENTO DEL
CHOCÓ**

**PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE
DEL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ**



DISEÑO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA ENERGIZACIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DE LA SUBREGIÓN GEOGRÁFICA DEL BAUDÓ, DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ

AUTORES:

JEFERSON ASPRILLA PEREA
PEDRO JAIME PINEDA PARRA
JOHN ENRIQUE LUNA RENGIFO
LILIANA L. LEMOS

CONVENIO CV008 DE 2014

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE DEL DEPARTAMENTO DE CHOCÓ PERS-Chocó

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCÓ
UPME
IPSE
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

Quibdó, Diciembre 2015

Contenido

1. FICHA DEL PROYECTO	4
2. RESUMEN DEL PROYECTO	5
3. IDENTIFICACIÓN	7
3.1. Diagnóstico de la Situación Actual	7
3.1.1. Diagnóstico del Área Influenciada por el Proyecto	7
3.1.2. Diagnóstico de los Participantes	10
3.1.3. Diagnóstico del Servicio	11
3.2. Marco de Referencia	11
3.2.1. Contribución a la Política Pública	11
3.3. Problema Central, Causas y Efectos	13
4. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA	15
4.1. Nombre de la Alternativa	15
4.2. Objetivos	15
4.2.1. Objetivo General	15
4.2.2. Objetivos Específicos	15
4.3. Productos, Actividades y Personal Requerido	16
4.4. Identificación y Descripción de la Innovación Propuesta	17
4.4.1. Energías renovables para mejorar las actividades pedagógicas en centros educativos. 17	
4.4.2. Descripción de la Solución Energética	18
4.4.3. Análisis de alternativas energéticas usando HOMER Pro	20
4.5. Metodología y Distribución de Responsabilidades	22
4.6. Indicadores de Objetivo General, de Producto y de Gestión	23
4.7. Bienes y/o Servicios	24
4.8. Esquema de Sostenibilidad	25

1. FICHA DEL PROYECTO

Título del Proyecto: DISEÑO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA ENERGIZACIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DE LA SUBREGIÓN GEOGRÁFICA DEL BAUDÓ, DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ			
Lugar de Ejecución: Medio Baudó	Ciudad: Medio Baudó	Departamento: Chocó	
Entidad Financiadora: Entidad Formuladora: Universidad Tecnológica del Chocó Entidad Ejecutora: Otras Instituciones Participantes: Alcaldía de los municipios del Alto, Medio y Bajo Baudó.			
Duración del Proyecto (En Meses): 8			
Costo total del Proyecto: 198'900.000			
Monto solicitado: 181'100.000		Monto de la contrapartida: 17'800.000	
Población beneficiaria		20 Sedes educativas de los municipios de Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó en el departamento del Chocó.	
Persona responsable del proyecto: William Murillo López	Empresa/Institución: Universidad Tecnológica del Chocó	Cargo: Líder Grupo de Investigación en Energías Renovables.	
Nivel de formulación del proyecto:	Perfil		

2. RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto se enmarca en el compromiso liderado por el gobierno nacional de Colombia y el apoyo de los organismos de cooperación de cerrar la brecha de desigualdad e inequidad existente entre clases sociales en Colombia, donde cerca de 500.000 familias carecen del servicio de energía eléctrica en el sector rural por estar ubicadas en zonas apartadas y remotas. Esto representa cerca de 1.500.000 habitantes rurales sin acceso a energía, principalmente están ubicados en el oriente, sur y pacífico colombiano (Chocó, Nariño, Cauca y Valle del Cauca), lo cual las consolida también como las poblaciones más vulnerables del país. La situación de los centros educativos sin el servicio de energía eléctrica en el país, empeora la situación de cientos de alumnos y alumnas que no pueden participar de procesos incluyentes y equitativos en el sistema educativo que permita cerrar la enorme brecha tecnológica que existe entre los estratos socio económicos altos y bajos y asegure el cumplimiento del proyecto Metas Educativas 2021: la educación que queremos para la generación de los bicentenarios. Estos niños, niñas y jóvenes que asisten a instituciones educativas sin fluido eléctrico no pueden gozar de las ventajas de la nueva sociedad del conocimiento y cada vez se ven más limitados en su aprendizaje por la escasa transformación que sufren las prácticas pedagógicas que desarrollan sus docentes.

Para el departamento del Chocó se han venido desarrollando una serie de estrategias tendientes al aumento de la cobertura de energía eléctrica en los centros educativos rurales, así como a la mejora de la calidad educativa de las poblaciones rurales. De acuerdo a la información de línea base del proyecto “Luces para Aprender” liderado por la Organización de Estados Iberoamericanos – OEI, para el caso del departamento del Chocó en el año 2012 se contaban con más de 500 sedes educativas rurales sin servicio de energía eléctrica, de las cuales cerca de 130 se encontraban en la subregión del Baudó. Con el proyecto de Luces para Aprender, la cooperación española y el convenio suscrito entre la OEI y el Gobierno Nacional (MEN, MinTIC, IPSE, SED Chocó), se lograron intervenir hacia el año 2014 cerca de 112 centros educativos rurales con soluciones de energía solar fotovoltaica, suministro de computadores y conectividad a internet para diferentes municipios del Chocó, de los cuales 29 corresponden a la subregión del Baudó (Alto, Medio y Bajo).

Realizando una revisión de la cobertura de energía eléctrica en centros educativos del Departamento, se observa que en la subregión del Baudó se presenta una brecha considerable en el acceso a energía eléctrica en las sedes educativas de comunidades rurales. Aquellas sedes educativas que NO han sido beneficiadas por los proyectos de energización rural (cerca de 100 centros educativos), aún presentan las limitaciones de infraestructura, tecnología y desarrollo adecuado de los procesos pedagógicos de enseñanza-aprendizaje de las TIC en el aula de clase. De igual forma para la mayoría de las sedes educativas rurales del departamento

(incluyendo las beneficiadas por programas como Luces para Aprender), no se ha dado cobertura a la energización de la cadena de frío de los comedores escolares que atienden a las necesidades alimentarias de los niños y niñas en los centros educativos. En el 2015 se instalaron un par de proyectos en el Bajo Baudó y Litoral de San Juan realizados por la Convocatoria Pacífico Pura Energía de COLCIENCIAS, donde se abordó la energización de los centros educativos incluyendo el comedor escolar comunitario y su cadena de frío.

Sobre la base de las lecciones aprendidas por estos proyectos, la alternativa propuesta desde el PERS Chocó para esta subregión consiste en el diseño de una solución integral de energía renovable que contribuya a mejorar los procesos pedagógicos de enseñanza – aprendizaje en los centros educativos rurales del Baudó que no poseen suministro de energía eléctrica permanente y confiable. Se contempla la energización de las sedes educativas de la subregión priorizadas por la Secretaría de Educación Departamental del Chocó – SEDChoco y las entidades territoriales del Alto, Medio y Bajo Baudó.

En proyectos anteriores de energización de sedes educativas rurales, los sistemas de generación han usado la energía solar con sistemas fotovoltaicos, almacenamiento de carga eléctrica en baterías, control y acondicionamiento de la energía generada con reguladores de carga MPPT y un inversor de onda senoidal pura acompañados de las respectivas instrucciones de uso y mantenimiento. De igual forma el proyecto contempla las instalaciones eléctricas para la iluminación y conexión de los equipos del aula de cómputo, así como la energización de un refrigerador/congelador para el almacenamiento de alimentos, bebidas y fabricación de hielo en el comedor escolar.

La gran dispersión de las Sedes Educativas del proyecto y las diferencias en la localización geográfica de cada una de ellas, hace aconsejable prever diferentes modelos de instalaciones solares fotovoltaicas. La energía solar es diferente según la latitud y la altura sobre el nivel del mar en la cual estén situadas las Sedes Educativas. En el Informe de Oferta Energética del PERS Chocó se analiza la distribución y variación del recurso solar a lo largo del Departamento y se tiene establecido el valor promedio para cada uno de los municipios de la subregión del Baudó.

3. IDENTIFICACIÓN

3.1. Diagnóstico de la Situación Actual

3.1.1. Diagnóstico del Área Influenciada por el Proyecto

La subregión del Baudó en el departamento del Chocó, está conformada por tres municipios principalmente, los cuales corresponden al Alto, medio y Bajo Baudó, denominados de esta manera gracias a la influencia del río Baudó, el cual los atraviesa estos municipios de norte a sur-occidente para luego converger al océano pacífico; además de la ubicación geográfica en cercanías a la serranía del Baudó.

Dos elementos geográficos la caracterizan: el río Baudó y la serranía del Baudó. Esta se compone de una larga cadena de cerros de poca altura, que emerge en las inmediaciones de las bocas del río San Juan y sigue paralelamente la costa del Pacífico, hacia el norte, hasta unirse casi con la serranía del Darién. Su longitud aproximada es de unos 500 kilómetros. (Pardo Andrés, 1911- 1972)

La subregión geográfica del Baudó comprende los municipios de Bajo Baudó, Medio Baudó y Alto Baudó (Figura 1), los cuales están ubicados en la vertiente occidental de la cordillera occidental en el departamento del Chocó.

El municipio del Bajo Baudó se ubica en la costa pacífica sur, fundado en 1821 y convertido en municipio desde 1825. Su cabecera municipal es la localidad de Pizarro. Este ente territorial tiene una superficie de aproximadamente 4.840 km², presenta temperatura promedio de 27°C y una humedad relativa del 86 %. Su población es de 16.375 habitantes (2005).

El Medio Baudó posee una extensión de 1.386 Km² y el porcentaje del municipio sobre el área departamental es de 3%, la población se encuentra alrededor de 13.560 habitantes. En la cabecera municipal se localizan aproximadamente 621 personas y 12.939 se ubican en la zona rural.

Alto Baudó por su parte se encuentra situado en el valle del río Baudó, su cabecera municipal es la población de Pie de Pató, está localizada en la margen izquierda del río Baudó, a los 05°31'33" de latitud Norte y 76°59'42" de longitud Oeste. Su altura sobre el nivel del mar es de 50 m. Temperatura media de 28°C, precipitación media anual es de 6439 mm. y dista de Quibdó 80 Km. El área municipal es de 1.532 Km².

3.1.2. Diagnóstico de los Participantes

La formulación y gestión participativa del proyecto contará con las contribuciones de diferentes partes involucradas. Estas partes son:

- Instituciones educativas rurales de los municipios de Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó.
- Alcaldías de los municipios de Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó. Gobernación del Chocó (Secretaría Departamental de Educación)
- Universidad Tecnológica del Chocó

En la Tabla 1 se detallan los participantes en el proyecto.

Tabla 1. Listado de participantes en el proyecto.

Participante	Posición	Tipo de Contribución	Experiencia Previa
Instituciones educativas rurales de los municipios de Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó.	Beneficiarios	Recurso Humano	Reconocimiento del sistema educativo en sus comunidades.
Alcaldías de los municipios de Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó.	Cooperante	Gestión de recursos económicos y Recurso Humano	Planificación y ejecución de estrategias de desarrollo para los municipios.
Gobernación del Chocó (Secretaría Departamental de Educación)	Cooperante	Recurso Técnico y Humano	Planificación y gestión de recursos para el fortalecimiento del sector educación del departamento.
Universidad Tecnológica del Chocó.	Cooperante	Recurso Técnico y Humano	Formulación y ejecución de proyectos de inversión.

3.1.3. Diagnóstico del Servicio

La subregión del Baudó conformada por los municipios del Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó, posee altos niveles de necesidades básicas insatisfechas llegando a ser una de las subregiones del departamento del Chocó con mayor dificultades en servicios como Acueducto, alcantarillado, saneamiento básico, salud, educación, accesibilidad, energía eléctrica entre otras, lo anterior con lleva a que la región esté sumida en muchas necesidades de pobreza y vulnerabilidad.

Para el caso específico del Municipio de Alto Baudó no existen usuarios de energía eléctrica conectados al SIN se tiene un bajo índice de cobertura de energía eléctrica ICEE de la cabecera municipal (34%) y de las zonas rurales (19,64%) de acuerdo al SIEL. En el en el Medio Baudó se presenta también un bajo índice de cobertura de energía eléctrica ICEE en las zonas rurales no interconectadas (57,62%), de acuerdo al Informe de Cobertura SIEL del 2014. Para el Municipio de Bajo Baudó no existen usuarios de energía eléctrica conectados al SIN, el índice de cobertura de energía eléctrica ICEE de la cabecera municipal es del 92.5% y de las zonas rurales es del 91%. Lo que deja en evidencia la enorme necesidad de acceder al recurso energético como complemento indispensable para contribuir con el progreso del sistema educativo en toda la región.

3.2. Marco de Referencia

3.2.1. Contribución a la Política Pública

El proyecto se enmarca dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 “Todos por un Nuevo País” en uno de los tres pilares fundamentales; COLOMBIA LA MÁS EDUCADA, donde se plantea que el fortalecimiento de la calidad educativa se concibe como la herramienta más poderosa para promover la equidad y la paz en el país. El proyecto al posibilitar el suministro de energía para la utilización de computadoras y otros dispositivos electrónicos de apoyo del proceso de enseñanza-aprendizaje aportaría al interés de cerrar las brechas de calidad del sistema educativo entre las comunidades de la subregión geográfica del Baudó (Departamento del Chocó) y los principales centros urbanos de Colombia.

El proyecto también aporta al plan nacional a través de su Estrategia Transversal número seis (6): *Crecimiento Verde*, la cual tiene como visión avanzar hacia un crecimiento sostenible (desarrollo) y bajo en carbono. En este sentido, el proyecto atendería por un lado el requerimiento energético a través del uso de fuentes renovables y por el otro contribuye al fortalecimiento de la prestación del servicio educativo en dicha subregión del departamento.

En la región, el proyecto aporta al Plan Departamental de Desarrollo del Chocó 2012 – 2015 “Un Nuevo Chocó para Vivir” en su Capítulo V: TERCER DESAFIO: LA INSERCIÓN DIGNA Y EFICAZ DEL CHOCÓ EN EL PAÍS Y EL MUNDO CON UN NUEVO PARADIGMA DE DESARROLLO REGIONAL INCLUYENTE, en su literal 5.4.2. *Los programas de la línea educado y próspero*, especialmente los programas: *Educación Rural, Educación con Pertinencia e Innovación, y Mejoramiento de la Infraestructura Educativa*.

3.3. Problema Central, Causas y Efectos

La aplicación del marco lógico como método de identificación de problemas, causas y efectos, generó los siguientes resultados:

Problema central: Deficiente suministro de energía a instituciones educativas rurales de la subregión geográfica del Baudó (municipios de Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó) en el departamento del Chocó (Figura 2).

Causa directa A: Limitada cobertura de redes del sistema nacional de interconexión eléctrica en zonas rurales del Chocó.

Causas Indirectas A:

A1 Insuficiente interés del gobierno central

A2 Deficiente gestión de los gobiernos locales

Causa directa B: Escasas soluciones de energía alternativa en el departamento del Chocó.

Causas Indirectas B:

B1 Baja articulación de la CT+I con los problemas reales del entorno

Efecto directo AA: Limitada utilización de computadoras y otros dispositivos electrónicos de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Efectos Indirectos AA:

AA1 Bajo nivel académico de las instituciones educativas de la zona.

AA2 Emigración de la población hacia otras ciudades

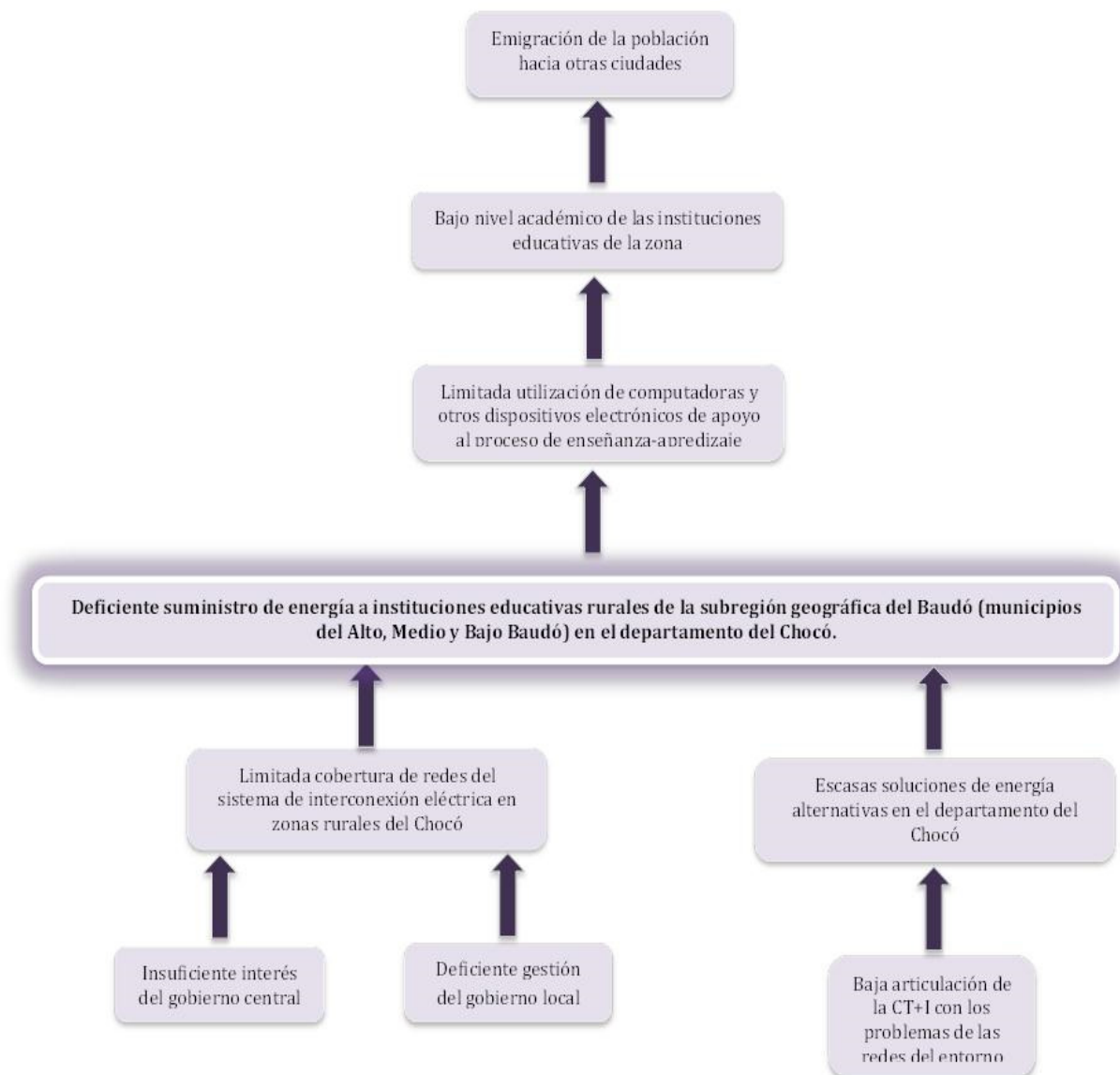


Figura 2. Árbol de problemas, causas y efectos

4. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA

4.1. Nombre de la Alternativa

Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para la energización de instituciones educativas rurales de la subregión geográfica del Baudó, Departamento del Chocó.

4.2. Objetivos

4.2.1. Objetivo General

- Diseñar sistemas de energía eléctrica a base de fuentes renovables para la energización de instituciones educativas rurales de la subregión geográfica del Baudó en el departamento del Chocó.

4.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar el potencial de generación de energía fotovoltaica a través de la caracterización del recurso solar en el área de influencia del proyecto.
- Identificar las instituciones educativas rurales beneficiarias del proyecto y calcular la demanda de energía eléctrica en cada una de ellas.
- Dimensionar y diseñar sistemas de energía solar fotovoltaica para las instituciones educativas rurales seleccionadas como beneficiarias del proyecto.

4.3. Productos, Actividades y Personal Requerido

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se plantea realizar el proyecto en dos (2) fases, cada una de las cuales tiene sus respectivos productos y/o resultados por actividades de proyecto y por cada centro educativo, como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Detalle de actividades, productos y personal requerido

FASE	DESCRIPCION DE LA FASE	No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DEL RESULTADO - PRODUCTO	PROFESIONAL REQUERIDO
Fase 1	Realizar una caracterización geográfica, demográfica, etnográfica, climatológica y económica detallada de la subregión del Baudó (Alto, Medio y Bajo Baudó)	A1.1	Gestión de la reunión inicial de socialización del proyecto – Equipo PERS	R1.A1. Gestionada la reunión de socialización inicial del proyecto.	Profesional social; Profesional en Ingeniería
		A1.2	Socialización del proyecto ante las autoridades comunitarias, entidades territoriales y organismos del sector educativo.	R1.A2. Socializado el proyecto ante las autoridades comunitarias y locales	
		A1.3	Recopilación de información primaria sobre: geografía, demográfica, etnográfica, climatológica, economía, uso de suelos, licencias ambientales (encuestas, entrevistas, georreferenciación)	R1.A3. Recopilada la información primaria social, ambiental, económica y técnica	
		A1.4	Identificación y selección de los centros educativos rurales potenciales para recibir el beneficio de energización	R1.A4. Identificados y seleccionados los centros educativos rurales del proyecto.	
		A1.5	Identificación de las capacidades organizativas y de administración al interior de las comunidades de la subregión (técnicas y conocimiento); así como de la estructura de	R1.A5. Identificadas las capacidades organizativas y administrativas de las comunidades objeto de estudio.	

FASE	DESCRIPCION DE LA FASE	No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DEL RESULTADO - PRODUCTO	PROFESIONAL REQUERIDO
			gobierno del territorio étnico		
		A1.6	Elaborar documento de caracterización	R1.A6. Elaborado el documento de caracterización	
Fase 2	Diseño de los sistemas de energía solar fotovoltaico para la energización de cada uno de los centros educativos seleccionados en la subregión del Baudó	A2.1	Dimensionado y diseño de los sistemas de energía solar FV con todas sus componentes y equipos	R2.A1. Realizado el dimensionado y diseño del sistema de energía solar FV con todas sus componentes y equipos	Profesional en Energía Renovable

4.4. Identificación y Descripción de la Innovación Propuesta

4.4.1. Energías renovables para mejorar las actividades pedagógicas en centros educativos

En el departamento del Chocó las tecnologías que hacen uso de recursos renovables como el solar han tenido una amplia difusión por varios programas de cooperación internacional y del gobierno colombiano realizados en la región, principalmente para la energización de centros educativos rurales y algunas aplicaciones para la refrigeración de alimentos, almacenamiento de medicamentos y vacunas mediante la conservación de la cadena de frío, alumbrado público y de viviendas remotas, así como para la energización de sistemas de comunicaciones. Sin embargo y a pesar de los esfuerzos realizados, la brecha de energización para cubrir las necesidades energéticas de centros educativos rurales sigue siendo bastante amplia en términos de iluminación de las aulas de clase, el suministro de energía a las aulas de informática para equipos de cómputo y conectividad, así como para la conexión de refrigeradores que permitan la conservación adecuada de los alimentos destinado al restaurante escolar, por lo que se requieren de esfuerzos adicionales para acompañar a las comunidades rurales en el proceso de empoderamiento y articulación de la energía con esquemas productivos locales.

Esfuerzos anteriores realizados por la OEI – IPSE en la zona del Baudó permitieron beneficiar a 29 sedes educativas de la subregión en términos de iluminación y energía requerida para la conexión de computadores y equipos de comunicaciones. Tanto el suministro de los equipos de cómputo como la conectividad a internet son dependencia del Ministerio de las TIC (Programa Computadores para Educar y Dirección de Conectividad), por lo que en este proyecto se propone un esquema similar en el cual se dejarán listas las instalaciones eléctricas con el correspondiente cumplimiento del RETIE, para que puedan ser suministrados y conectados los computadores y equipos de conectividad por parte de las autoridades correspondientes de MINTIC. La Secretaría de Educación Departamental del Chocó (SEDCHOCO) ha venido apoyando estos procesos de fortalecimiento de infraestructura de sedes educativas y adecuación de sistemas de energía con paneles solares en sedes educativas rurales. De acuerdo a información suministrada por SEDCHOCO, aún quedan por energizar cerca de 100 sedes educativas en la subregión del Baudó, por lo que existe un alto potencial de impacto y de mejora de las condiciones básicas necesarias para desarrollar un adecuado proceso pedagógico de enseñanza-aprendizaje con los niños y niñas del Baudó.

4.4.2. Descripción de la Solución Energética

La solución propuesta en este proyecto para la subregión del Baudó contempla la adecuación de centros educativos rurales, con suministro de energía eléctrica por parte de un sistema de energía renovable dimensionado para suministrar la energía diaria necesaria para la iluminación de las aulas de clase (luminarias LED), la energización del aula de informática (iluminación, equipos de cómputo y comunicaciones) y de la cadena de frío demandada por el refrigerador/congelador e iluminación del comedor escolar para cada uno de los centros educativos objeto de estudio (un refrigerador de 390 litros de capacidad). De acuerdo a la información suministrada por Secretaría de Educación Departamental, quien anteriormente ha acompañado el proceso de energización de centros educativos rurales, se tienen diferentes tamaños de instituciones educativas, con diferentes cantidades de estudiantes según las regiones, por lo que en la fase inicial de caracterización diagnóstica social, ambiental, técnica y económica de las poblaciones de la subregión, se realizarán las respectivas clasificaciones de las sedes educativas en al menos tres prototipos diferentes según el número de estudiantes y tamaño de la institución (Tablas 3,4 y 5).

Tabla 3. PROTOTIPO 1: Sedes educativas entre 10 y 35 estudiantes

Receptor	Número de	Potencia Max	Potencia total	Horas	Energía en AC
	Receptores	P (W)	P (W)	h /día	(kWh/día)
Iluminarias Internas	8	12	96	6	0,576
Iluminarias Externas	2	15	30	6	0,180
Televisor LED	1	80	80	3	0,240
Equipos de computo	5	75	375	6	2,250
DVD	1	50	50	3	0,150
Equipos de Comunicaciones	1	100	100	6	0,600
Refrigerador/congelador	1	--	--	--	0,800
Demanda de Energía Diaria					4,80

Tabla 4. PROTOTIPO 2: Sedes educativas entre 36 y 60 estudiantes

Receptor	Número de	Potencia Max	Potencia total	Horas	Energía en AC
	Receptores	P (W)	P (W)	h /día	(kWh/día)
Iluminarias Internas	10	12	120	6	0,720
Iluminarias Externas	3	15	45	6	0,270
Televisor LED	1	80	80	3	0,240
Equipos de computo	10	75	750	6	4,500
DVD	1	50	50	3	0,150
Equipos de Comunicaciones	1	100	100	6	0,600
Refrigerador/congelador	2	--	--	--	1,600
Demanda de Energía Diaria					8,08

Tabla 5. PROTOTIPO 3: Sedes educativas entre 61 y 120 estudiantes

Receptor	Número de Receptores	Potencia Max	Potencia total	Horas	Energía en AC
		P (W)	P (W)	h /día	(kWh/día)
Iluminarias Internas	16	12	192	6	1,152
Iluminarias Externas	4	15	60	6	0,360
Televisor LED	1	80	80	3	0,240
Equipos de computo	16	75	1200	6	7,200
DVD	1	50	50	3	0,150
Equipos de Comunicaciones	2	120	240	6	1,440
Refrigerador/congelador	2	--	--	--	1,600
Demanda de Energía Diaria					12,14

4.4.3. Análisis de alternativas energéticas usando HOMER Pro

Para el análisis de las distintas alternativas y la búsqueda de la configuración más óptima, se pueden utilizar herramientas como el RETScreen International y/o el HOMER Pro. Con el ánimo de iniciar un análisis sobre el dimensionado técnico-económico de sistemas energéticos renovables distribuidos en configuraciones off-grid -híbridas, la herramienta **HOMER Pro** determina puntos de optimización técnico- económicos de los diferentes sistemas posibles, lo cual facilita la toma de decisiones en proyectos de inversión.

Los resultados en HOMER para este proyecto se encuentran en el “**Anexo Técnico: Análisis de alternativas energéticas renovables para la energización de instituciones educativas rurales de la subregión geográfica del Baudó, Chocó**”. Allí se presenta en detalle el proceso del Análisis de Alternativas Energéticas con HOMERPro. El análisis de optimización con HOMER presenta como alternativa más óptima una configuración autónoma aislada de red que funciona con energía solar fotovoltaica (ESFV) para los fines de suministro de energía eléctrica limpia y permanente a los centros educativos rurales de la subregión del Baudó. El modelo puede ser replicado a los centros educativos rurales de los Municipio de Alto, Medio y Bajo Baudó, así como a otros municipios del Departamento del Chocó. El sistema solar fotovoltaico aislado está compuesto por paneles solares de alto rendimiento para la conversión de la energía de la radiación solar en energía eléctrica, cuya carga es almacenada en un banco de baterías de plomo acido selladas (tipo GEL o AGM) y que es controlada por un regulador de carga con tecnología MPPT (Maximun Power Point Tracking).

Dado que actualmente en el mercado existen variedad de refrigeradores/congeladores que funcionan con DC, se propone que estos equipos del comedor escolar se conecten a la red DC. También se dispondrá de un inversor de onda senoidal pura, a 60Hz, 120 Vrms, con el fin de suministrar energía a las cargas en AC descritas anteriormente.

El almacenamiento de la carga eléctrica se realizará mediante un banco de baterías con las siguientes consideraciones: baterías de plomo ácido selladas, AGM o GEL libres de mantenimiento, de ciclo profundo, y configuradas en serie y/o paralelo hasta completar el voltaje y la potencia requerida de diseño. El sistema de almacenamiento se diseñará para un mínimo de dos (2) días de autonomía y una profundidad de descarga repetida admisible sin daño del 60%.

El sistema de acondicionamiento de energía lo conformará un regulador de carga, que se encargará de evitar sobrecargas o descargas profundas de las baterías, así como proporcionar información sobre el estado de carga de las mismas. La corriente eléctrica generada en los paneles solares FV es de corriente continua. Sin embargo, las cargas previstas disponibles normalmente en el mercado, son de corriente alterna. La transformación de la corriente continua en alterna se hará por medio de un inversor de onda senoidal pura DC/AC.

El sistema de comunicaciones y conexión a Internet constituye uno de los elementos más importantes de la instalación. El sistema de comunicaciones para acceso a internet es objeto de un estudio y especificación diferente y, por tanto, no se incluye dentro del alcance del presente proyecto. Solamente se considera en este proyecto establecer las interfaces adecuadas con el sistema de comunicaciones para lograr el monitoreo del sistema por control remoto (telemetría). El alumbrado básico de las Sedes Educativas se realizará por medio de puntos de iluminación interna, con lámparas ahorradoras de energía o LED de bajo consumo (12 W), colocados preferentemente en el techo del aula. Exteriormente, se instalarán puntos de luz con lámparas ahorradoras de energía de bajo consumo (15 W). Una luminaria se pondrá en la puerta de entrada de la Sede Educativa y la otra preferiblemente cercana al “armario de conexiones” y/o del restaurante escolar.

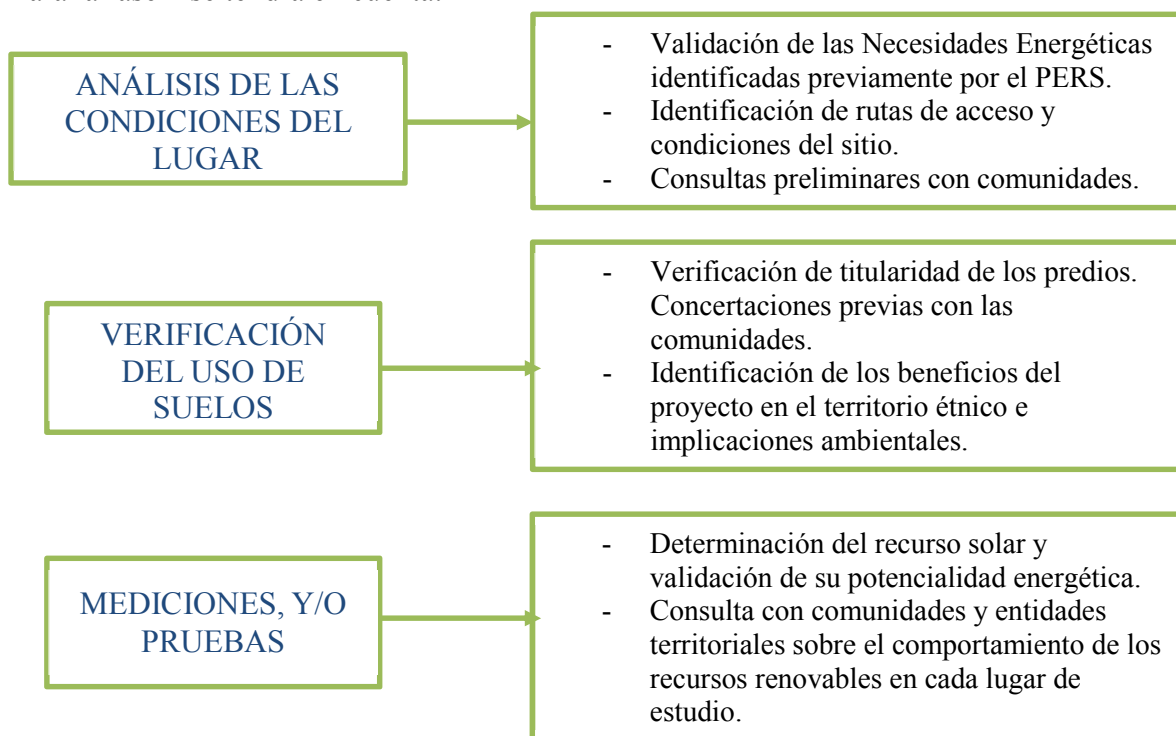
Para la implementación del proyecto se requiere contar previamente con la infraestructura adecuada y adaptada para los centros educativos, por lo que parte de las actividades de la fase inicial del proyecto contempla la visita a estos centros educativos con el fin de verificar la adecuación de los espacios, revisión de los permisos del uso del suelo y titularidad de los predios, así como verificación de aspectos técnicos de disponibilidad de la infraestructura física donde se albergarán todos los equipos y adecuaciones de tipo eléctrico (instalaciones eléctricas).

4.5. Metodología y Distribución de Responsabilidades

El proyecto parte desde el inicio con una correcta caracterización de las distintas componentes que deben ser gestionadas desde la oferta y la demanda de energía para promover la sostenibilidad del sistema de energía renovable y de manera transversal al proceso de suministro e instalación de la solución energética se realiza un acompañamiento a la apropiación social del proyecto con las comunidades intervenidas, así como se define un plan de sostenibilidad para la etapa de operación y explotación del proyecto.

Con el fin de articular el esquema de ejecución operativa presentado en la tabla 2 con la metodología de desarrollo del proyecto, se abordarán por cada una de las fases los siguientes procedimientos.

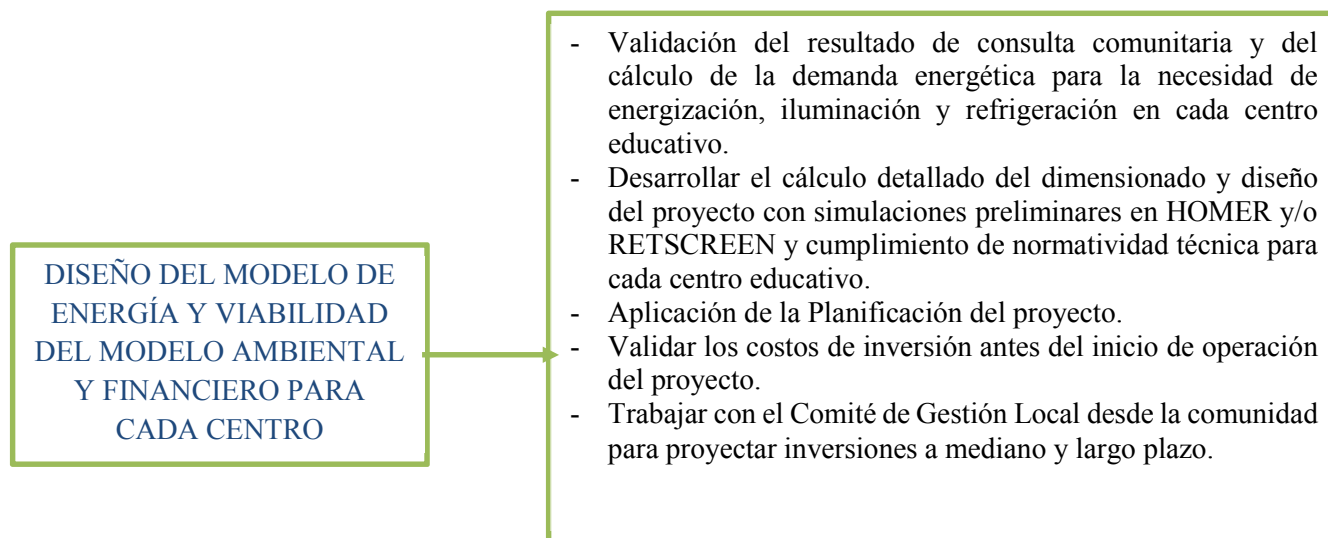
Para la fase 1 se tendrá en cuenta:



Fuente: Pedro Pineda, PERS 2015

Como se describió en la tabla de actividades, resultados y personal requerido, para cada una de las fases es necesario contar con un equipo de profesionales con experiencia en el diseño e implementación de proyectos de energía renovable en ZNI y/o análisis de la gestión ambiental & energética de proyectos de energía limpia.

En la Fase 2, se tendrán en cuenta los siguientes procedimientos:



4.6. Indicadores de Objetivo General, de Producto y de Gestión

En las tablas 6 y 7 se relacionan los indicadores de verificación del cumplimiento del objetivo general (IVO), de los productos (IVP) y de gestión del proyecto (IVG).

Tabla 1. Indicadores de objetivo del proyecto.

TIPO	DESCRIPCION	No.	INDICADOR
	OBJETIVO GENERAL		
IVO	Diseñar sistemas de energía solar fotovoltaica para la energización de instituciones educativas rurales de la subregión geográfica del Baudó en el departamento del Chocó, como mecanismo para la utilización de herramientas de enseñanza – aprendizaje (computadoras y acceso a las TIC), que contribuyan a la calidad de la educación de los municipios de Alto, Medio y Bajo Baudó.	IVO1	Dimensionado y diseño de los sistemas de energía solar FV verificados y ajustados en todas sus componentes.

TIPO	DESCRIPCION	No.	INDICADOR
	PRODUCTOS		
IVP	Documento de caracterización de línea base del proyecto	IVP1	Un documento de línea base en las componentes social, económica y energética-ambiental.
	Diseños de los sistemas de energía solar FV con todos sus componentes.	IVP2	Diseños de los sistemas de energía solar FV con todos sus componentes.

Tabla 2. Indicadores de Verificación de Gestión

TIPO	DESCRIPCION	No.	INDICADOR
	GESTIÓN		
IVG	FASE 1	IVG1	Representantes de las comunidades y de las entidades territoriales socializados con las actividades del proyecto. Validados el uso de suelos, la oferta del recurso solar y la demanda de energía para cada uno de los centros educativos.
	FASE 2	IVG2	Sistemas solares fotovoltaicos Diseñados

4.7. Bienes y/o Servicios

Son evidentes los beneficios del proyecto, en primer lugar se pueden mencionar los no cuantificables como la cualificación en el proceso de enseñanza dada la oportunidad de tener acceso a las tecnologías mediante el uso de los equipos de computación para las consultas vía bibliotecas virtuales y el internet; de otra parte, el proyecto contempla, el apoyo a los comedores escolares y la iluminación de espacios escolares con la energía que suministrara el sistema. Otros beneficios cuantificables como el ahorro de energía, la conservación de

equipos y la capacitación para el manejo de las nuevas tecnologías como se podrán determinar durante el desarrollo de la fase uno del proyecto.

4.8. Esquema de Sostenibilidad

De acuerdo al World Energy Council (WEC), la sostenibilidad energética o también llamada sustentabilidad energética es entendida como el equilibrio entre tres dimensiones principales: la seguridad energética, la equidad social y la mitigación del impacto ambiental. En los proyectos de energización rural con fuentes alternas de energía, el equilibrio de estas tres dimensiones representa un reto en torno al balance de las complejas interconexiones requeridas entre el sector público y privado, así como la articulación de las entidades territoriales, entes regulatorios, recursos renovables disponibles, normatividades vigentes y el comportamiento colectivo y dinámico de las comunidades.

Con base en las experiencias previas de proyectos de energización rural realizados en el Departamento del Chocó por parte de organismos de cooperación internacional como el BID, USAID, OEI y de entidades del gobierno como COLCIENCIAS, se han registrado un conjunto de lecciones aprendidas que son insumo importante para la formulación de nuevos proyectos y la definición del Plan de Sostenibilidad de los mismos.

Realizando una revisión del banco de proyectos implementados en el departamento por parte del equipo de Oferta Energética del PERS, se ha identificado que algunas de estas experiencias de energización rural han fallado en la componente de apropiación social por parte de las comunidades intervenidas, así como en la falta de gestión de la oferta y demanda de la energía por parte de los usuarios o población objetivo, una vez se implementan los proyectos.

En el año 2015, el programa de Ideas para el Cambio de COLCIENCIAS implementó la convocatoria Pacífico Pura Energía, la cual benefició a cuatro comunidades del Departamento del Chocó con proyectos de energía renovable en escuelas rurales, centros de salud, iluminación y centros de refrigeración, entre otros en los municipios de Bajo Baudó y Litoral de San Juan. En esta convocatoria se presentó por parte de la alianza INSITU - COLCIENCIAS, una estrategia de sostenibilidad que incluye a las comunidades intervenidas como actores directos y prioritarios en el esquema de sostenibilidad. En la Figura 4, se presenta el esquema de sostenibilidad del trilema mencionado anteriormente, donde la apropiación social es transversal a todo el proceso de implementación de los proyectos:



Figura 3. Esquema de Sostenibilidad Energética

Fuente: PINEDA, Pedro. INSITU – COLCIENCIAS. 2015

Cuando se introduce el término de sostenibilidad, generalmente se piensa en una serie de acciones que ocurren en una línea de tiempo a mediano y largo plazo. Sin embargo, es importante perfilar este conjunto de acciones desde el momento inicial de la implementación del proyecto, con el fin de articular los elementos que corresponden a la apropiación social y a la definición del esquema de sostenibilidad del proyecto y sus usos finales (Plan de Sostenibilidad “Pacífico Pura Energía”. PINEDA P, 2015). En la figura 5 se ilustran algunas acciones requeridas en cada una de las etapas de implementación del proyecto y constituyen la base del plan de sostenibilidad del proyecto:

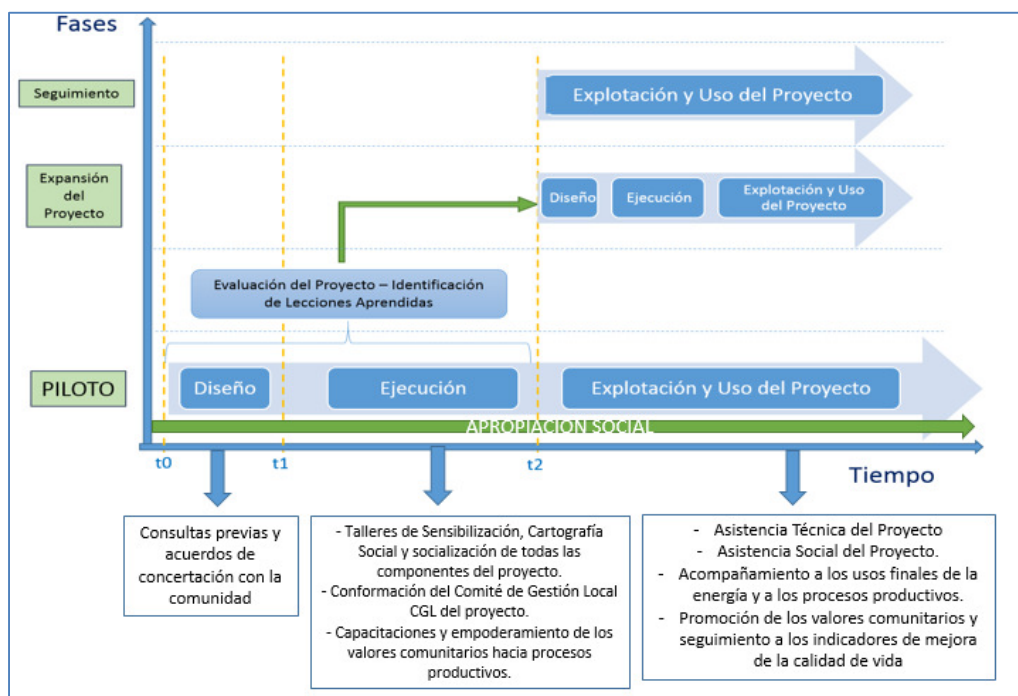


Figura 4. Acciones para la promoción de la sostenibilidad del proyecto

Fuente: PINEDA, Pedro. Plan de Sostenibilidad “Pacífico Pura Energía”. INSITU – COLCIENCIAS. 2015

Como se observa en el esquema anterior, es necesario tener en cuenta un conjunto de acciones básicas tanto en el diseño, como en la ejecución y explotación de los proyectos de energización rural, con el fin de promover su sostenibilidad. El proyecto de *“Implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica para la energización de instituciones educativas rurales de la subregión geográfica del Baudó, Departamento del Chocó”*, tendrá en cuenta estas dimensiones y hará énfasis en la importancia de realizar un acompañamiento a la asistencia técnica y social tanto del proyecto de energía, como de la población objetivo intervenida.

Los elementos que constituyen la asistencia técnica y social en la etapa de explotación del proyecto serán construidos sobre la base de acciones que respondan al fortalecimiento y mejora de los esquemas de salud efectiva para las poblaciones dispersas y que contribuyan al empoderamiento comunitario, local y regional. De igual forma se identificará un mapa de actores potenciales para su articulación con los usos finales de la energía y con los subproyectos asociados al mejoramiento de los educativos de los municipios de Alto, Medio y Bajo Baudó del departamento del Chocó.

Tabla 3. Cronograma

FASE	OBJETIVO DE LA FASE O COMPONENTE	No.	ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
Fase 1	Realizar una caracterización geográfica, demográfica, etnográfica, climatológica y económica detallada de la subregión del Baudó (Alto, Medio y Bajo Baudó)	A1.1	Gestión de la reunión inicial de socialización del proyecto – Equipo PERS								
		A1.2	Socialización del proyecto ante las autoridades comunitarias, entidades territoriales y organismos del sector educativo								
		A1.3	Recopilación de información primaria sobre: geografía, demográfica, etnográfica, climatológica, economía, uso de suelos, licencias ambientales (encuestas, entrevistas, georreferenciación)								
		A1.4	Identificación y selección de los centros educativos rurales potenciales para recibir el beneficio de energización								

FASE	OBJETIVO DE LA FASE O COMPONENTE	No.	ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
		A1.5	Identificación de las capacidades organizativas y de administración al interior de las comunidades de la subregión (técnicas y conocimiento); así como de la estructura de gobierno del territorio étnico								
		A1.6	Elaborar documento de caracterización								
Fase 2	Diseño de los sistemas de energía solar fotovoltaico para la energización de cada uno de los centros educativos seleccionados en la subregión del Baudó	A2.1	Dimensionado y diseño de los sistemas de energía solar FV con todas sus componentes y equipos								

Tabla 4. Presupuesto General

Rubros presupuestales	Contrapartida Universidad Tecnológica del Chocó (en especie)	Contrapartida Gobernación del Chocó (en especie)	Contrapartida de la comunidad (en especie)	Total contrapartidas (en especie)	Solicitud de efectivo	TOTAL
Recurso Humano	12'000.000	4'000.000	0	16'000.000	90'200.000	106'200.000
Materiales y Suministros	0	0	0	0	7'000.000	7'000.000
Equipos	0	0	0	0	15'000.000	15'000.000
Gastos de Campo	0	0	1'800.000	1'800.000	59'400.000	61'200.000
Gastos de Gestión (5%)	0	0	0	0	9'500.000	9'500.000
TOTAL	12'000.000	4'000.000	1'800.000	17'800.000	181'100.000	198'900.000

Tabla 5. Recurso Humano

Perfil profesional	Cantidad	Funciones	Dedicación (meses)	Costo/mes (\$)	Costo Total (\$)
Profesional con experiencia en formulación de proyectos	1	Coordinara el desarrollo de las actividades y supervisará las mismas	5.0	\$4'000.000	20'000.000
Profesional social (sociólogo, o antropólogo) con experiencia en trabajo con comunidades	1	Coordinar las actividades de socialización del proyecto, recopilación de la información primaria, del material para la conformación del comité de gestión local, elaboración de los reglamentos de uso de energía, identificación de del esquema productivo y consolidación del mapa de actores	5.0	\$4'000.000	20'000.000
Profesional de economía, educación o administración de empresas	1	Coordinar la identificación de las actividades organizativas y de administración, así como el esquema productivo y las ideas de negocio,	5.0	4'000.000	20'000.000
Profesional especialista en Energía Renovable,	1	Coordinar la elaboración de los materiales de sensibilización, las guías para la conformación del comité de gestión local del proyecto guía de operación y mantenimiento del sistema, la capacitación sobre los temas referentes a la tecnología y la generación de energía, y la conformación del comité de gestión local; el dimensionamiento y diseño del sistema fotovoltaico, coordinara además, la capacitación sobre el funcionamiento del sistema solar, sobre mantenimiento preventivo, la elaboración del reglamento de uso de la energía y la consolidación del mapa de actores para el plan de sostenibilidad;	5.0	4'000.000	20'000.000
Trabadora social	1	Será la encargada de hacer el puente entre las organizaciones de base, las instituciones y el equipo del proyecto, organizara los talleres y reuniones, tabulara y analiza la información primaria recopilada conjuntamente con el profesional del área social	5.0	3'000.000	\$ 15'000.000
		Apoyará todas las actividades del equipo, y servirá de puente entre el equipo de trabajo del proyecto y la coordinación supervisión o interventoría del mismo,			

Perfil profesional	Cantidad	Funciones	Dedicación (meses)	Costo/mes (\$)	Costo Total (\$)
Asistente administrativo	1	para efectos de los requerimientos y necesidades que se presenten, y asumir las delegaciones que se le asignen;	5.0	2'200.000	11'000.000
TOTAL					106''200.000

Tabla 6. Materiales y Suministros

Descripción	Cantidad	Costos
Elementos para trabajo de campo	Gb.	7'700.000
Papelería y elementos de escritorio	Gb.	8'800.000
TOTAL		\$ 15'000.000

Tabla 7. Equipos

Descripción	Cantidad	Costos
Equipos para recopilación de información	Gb.	7'000.000
TOTAL		\$ 7'000.000

Tabla 8. Gastos de Campo

Descripción	Cantidad	Costos
Alquiler de vehículos y/o compra de combustible		33'200.000
Pago de guías y paseros	Gb.	6'000.000
Pago de transporte entre comunidades	Gb.	22'000.000
TOTAL		\$61'200.000

Tabla 9. Actividades

Actividades	Recurso Humano	Materiales	Gastos de campo	Maquinaria y equipos	Total
Gestión de la reunión inicial de socialización del proyecto	13'200.000		12'000.000		25'200.000
Socialización del proyecto ante las autoridades comunitarias, entidades territoriales y organismos del sector educativo.	12'300.000	6'000.000	15'200.000		33'500.000
Recopilación de información primaria necesaria sobre: geografía, demográfica, etnográfica, climatológica, economía, uso de suelos, licencias ambientales (encuestas, entrevistas, georreferenciación)	18'500.000	1'000.000	25'800.000	3'500.000	48'800.000
Identificación y selección de los centros educativos rurales potenciales para recibir el beneficio de energización.	12'000.000	4'500.000	6'000.000	3'500.000	26'000.000
Dimensionado y diseño del sistema de energía con todos sus componentes y equipos	25'500.000	1'500.000	2'200.000		29'200.000
Elaborar documento de caracterización	8'700.000	2'000.000			10'700.000
Actividades administrativas y de supervisión	16'000.000				16'000.000
Gastos de gestión (5%)					9'500.000
TOTAL	106'200.000	15'000.000	61'200.000	7'000.000	198'900.000