
**ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES PARA EL SUMINISTRO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DEL PAÍS**

NOMBRE DE PROYECTO:

**CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS
SOSTENIBLES PARA PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS LOCALIDADES
DEL RÍO GUAVIARE ALTA MIRA, CAÑO NEGRO, SEJALITO, GUAMALITO, LAGUNA
COLORADA BAJA, LAGUNA CUMARAL, LAGUNA CURVINA, PALMARITO, PICURE, PUERTO
ESPERANZA, SAPUARA, ARRECIFAL, CHIGUIRO, MURCIELAGO, LA UNIÓN, CARRIZAL,
RAUDAL MAPIRIPANA Y LOCALIDADES DEL RÍO INIRÍDA ALMIDÓN, PALOMA, PIEDRA
ALTA, MORROCO, LA CEIBA, SEJALITO Y ZAMURO PERTENECIENTES A LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS DE LA ESTRELLA FLUVIAL DEL INÍRIDA**

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

**Elaborado por:
JULIAN ELIECER GUERERO MACÍAS
Ingeniero en Energía
M.P.:68289-339198 STD**

Bogotá D.C, septiembre 03 del 2020

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	6
2. ANTECEDENTES	7
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	8
4. LISTADOS DE USUARIOS BENEFICIADOS	11
4.1. Estimación de aforo y consumo inicial.....	12
5. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	16
4.2. Cronograma y Flujo de Fondos del Proyecto	17
6. SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO.....	19
7. AVALES DE ENTIDADES TERRITORIALES	22
7.1. Aval Gobernación del Guainía.....	22
7.2. Aval Alcaldía Municipal de Inírida	23
8. AVALES AMBIENTALES DEL PROYECTO	24
9. AVALES SOCIALES DEL PROYECTO.....	25

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas Localidades identificadas -----	9
Tabla 2	Beneficiarios por localidad-----	11
Tabla 3.	Resumen de Cálculo de AIU Proyecto -----	16
Tabla 4.	Resumen de Cálculo de Interventoría del Proyecto -----	16
Tabla 5.	Resumen de Presupuesto del Proyecto-----	17
Tabla 6.	Flujo de Fondos para 2020-----	18
Tabla 7.	Resumen de Cronograma de Ejecución del Proyecto -----	18
Tabla 8.	Tasas de Falla de Equipos que componen el SSFVI-----	21

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 División político administrativa Departamento de Guainía-----	8
Figura 2 Localidades Identificadas ZNI, Estrella Fluvial del Inírida-----	9
Figura 3. Ubicación de Usuarios en el Límite Departamental Guainía - Vichada-----	10
Figura 4. Resultados de Necesidades Energéticas Identificadas por Comunidad-----	13
Figura 5. Número de SSFVI por Comunidad por Tipo de Sistema-----	14
Figura 6. kWp a instalar por Comunidad-----	15
Figura 7. (Izquierda) Participación por Tipo de SSFVI y (derecha) Participación por Capacidad Instalada por Tipo de SSFVI -----	15
Figura 8. Costos Internacionales de O&M para SSFV OnGrid-----	20
Figura 9. Cruce Comunidades con áreas protegidas perteneciente al SINAP-----	24
Figura 10. Socialización de Proyecto con Capitán de Venado y Cabildos Gobernadores de las Comunidades Beneficiadas -----	25
Figura 11. Socialización de Proyecto con Comunidades Indígenas Beneficiadas -----	25
Figura 12. Traducción de Socialización de Proyecto con Comunidades Indígenas Beneficiadas-----	26

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1.	-----	Avales de Proyecto por parte de Gobernación del Guainía
Anexo 2.	-----	Avales de Proyecto por parte de Alcaldía Municipal de Inírida
Anexo 3.	-----	Avales de Proyecto por parte del Operador de Red Local
Anexo 4.	-----	Avales Ambientales del Proyecto por Parte de Corporación y PNN
Anexo 5.	-----	Avales Sociales del Proyecto
Anexo 6.	-----	Esquema de Sostenibilidad del Proyecto
Anexo 7.	-----	Presupuesto del Proyecto
Anexo 8.	-----	Análisis de Precios Unitarios del Proyecto
Anexo 9.	-----	Cronograma y Flujo de Fondos del Proyecto
Anexo 10.	-----	Listado de Usuarios del Proyecto
Anexo 11.	-----	Memorias de Cálculo del Proyecto
Anexo 12.	-----	Planos y Especificaciones del Proyecto
Anexo 13.	-----	Análisis de Alternativas del Proyecto

1. INTRODUCCIÓN

Garantizar el acceso a energía asequible, confiable y moderna para todos en 2030 es uno de los objetivos mundiales de desarrollo sostenible planteados por los estados miembros de las Naciones Unidas. Una de cada siete personas en todo el mundo carece de electricidad para iluminar sus hogares, refrigerar sus alimentos u operar sus negocios. El Gobierno de Colombia no es ajeno a esta problemática y actualmente ha reconocido la importancia de la energía eléctrica para el desarrollo rural, estableciéndola como un eje fundamental en el Plan Nacional de Desarrollo y el planteamiento del último Plan Nacional de Electrificación Rural, es el de generar diversas estrategias para cerrar las brechas de cobertura en el país. Este es el objetivo misional del IPSE entidad adscrita al Ministerio de Energía el cual está encargado de brindar energía en las zonas no interconectadas ZNI del país mediante la planificación y promoción de las soluciones energéticas sostenibles en estas zonas, indispensables para el mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes.

Dentro del contexto anterior este documento describe de manera general la actualización en materia de estructuración de un proyecto consistente en la construcción, instalación e implementación de soluciones energéticas mediante la implementación de sistemas solares fotovoltaicos individuales (SSFVI) en las viviendas rurales dispersas de las ZNI del departamento de Guainía, más exactamente en la estrella fluvial del Inírida. El cual, de acuerdo con el análisis técnico, económico y ambiental efectuado, evidenció que es la fuente energética óptima y eficiente para brindar energía a los hogares de las ZNI de esta región.

Los SSFVI a implementar brindarán a los habitantes de las comunidades ubicadas en la zona rural de las ZNI del departamento, la posibilidad de disfrutar de un servicio de energía eléctrica confiable, seguro y continuo (24 horas diarias), que satisface las necesidades básicas residenciales de los habitantes teniendo en cuenta su consumo estimado, para que estas personas gocen de buenas condiciones de vida y confort, de tal forma que puedan acceder según sea el tamaño del sistema de generación, a la refrigeración y procesamiento de alimentos, el bombeo del agua, la iluminación, el entretenimiento y el acceso a las Tecnologías de Comunicación.

2. ANTECEDENTES

El presente proceso de estructuración de proyectos corresponde a la actualización del proceso “CONVENIO N° 095-2015: CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS CON SISTEMAS DE FUENTES TANTO CONVENCIONALES COMO NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA (FNCE) Y DE ESTUDIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI)” celebrado entre la Empresa de Energía del Guainía EMELCE S.A. E.S.P. y el IPSE, el cual culminó en el año 2016 al que corresponde el No. de expediente IPSE 2015139580200093E. Específicamente se hace referencia al proyecto en el departamento del Guainía correspondiente a la estructuración de “Soluciones de energía sostenibles consistentes en sistemas de generación de electricidad con biomasa gasificada para localidades y en SFV para viviendas rurales dispersas en las zonas no interconectadas del Departamento del Guainía” debido a la revisión en cuanto al cambio de la tecnología impulsado por los altos costos por usuario en materia de inversión de la tecnología de generación centralizada en el tamaño de localidades beneficiadas las cuales cuenta con un promedio de 26 usuarios, la disminución sustancial de los costos de elementos como baterías de Litio con duración de hasta 4.000 ciclos en un 80% de DOD y paneles solares fotovoltaicos los cuales han incrementado su potencia por unidad así como su eficiencia.

Para el año 2020 con el ánimo de suministrar el servicio de energía eléctrica a las comunidades en su mayoría indígena carente de él ubicadas en las ZNI de la estrella fluvial del Inírida, el IPSE comenzó el proceso de actualización del proyecto mencionado, apoyado en el Operador de Red Local EMELCE S.A. E.S.P., La Alcaldía municipal de Inírida y La Gobernación de Guainía. Se realizó trabajo de campo en cuanto a levantamiento de coordenadas y una nueva socialización del proyecto con el apoyo de EMELCE S.A. E.S.P. y la Gobernación del Guainía, a través de su Secretaría de Planeación Departamental y la Secretaría de Asuntos Indígenas. Adicionalmente se identificaron las necesidades energéticas de la población a beneficiar, con el fin de estructurar un proyecto ajustado a las necesidades propias de las comunidades para ser financiado con fondos IPSE.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

En coordinación con la Gobernación del departamento del Guainía mediante la Oficina de Planeación del Departamento, la oficina de planeación municipal de Barrancominas e Inírida, la Empresa de Energía del Guainía – EMELCE y el IPSE, se seleccionan las localidades ubicadas en las ZNI del Departamento, que no cuentan con acceso al servicio de energía eléctrica, para efectuar el levantamiento de los usuarios que las habitan, con el fin de caracterizar su consumo energético actual y futuro, y así diseñar el SSFVI que garantice dicho servicio público a sus pobladores.

El departamento del Guainía, Su capital es Inírida. Está ubicado al este del país, en la región Amazonia, limitando al norte con Vichada, al este con Venezuela, al sur con Brasil, al suroeste con Vaupés y al oeste con Guaviare. Posee una altitud promedio de 177 m.s.n.m, posee dos municipios y 6 áreas no municipalizadas, y en la mayoría de su territorio se encuentran resguardos indígenas.



Figura 1 División político administrativa Departamento de Guainía

Se identificaron cerca de 30 localidades en el recorrido realizado por Técnicos de EMELCE S.A. E.S.P. sobre los ríos Inírida y Guaviare de las cuales se evidenció que tres (3) de ellas (Venado sobre el Río Inírida y Carpintero y Chátare en el Río Guaviare) cuentan con las condiciones promisorias para el desarrollo de sistemas solares fotovoltaicos centralizados, debido a que cuentan con poblaciones entre las 62 y 73 viviendas, debido que éstas son obras que requieren de un levantamiento más cuidadoso de ubicación de los usuarios para el trazado de redes e información de estudios de suelos para las obras civiles, no se incluyen dentro del presente proceso de estructuración y se mantienen para una segunda Fase de desarrollo del proyecto, ya sea mediante las estructuraciones actuales del IPSE para la vigencia 2020 en la región de Amazonía o mediante un posterior proceso de estructuración.

Revisado el listado final de comunidades con EMELCE S.A. E.S.P. se hace una selección de 24 localidades en total ubicadas sobre las cuencas de los Ríos Inírida y Guaviare que pueden ser

beneficiadas puesto que no cuentan con proyectos de energización en ejecución. Las localidades identificadas se pueden evidenciar en la Tabla 1 a continuación junto a su respectiva coordenada:

Tabla 1 Coordenadas Localidades identificadas

#	Localidad	Latitud	Longitud
1	La Ceiba	3,6293	-67,884
2	Almidón	3,8247694	-67,956619
3	Paloma	3,553388889	-67,85561111
4	Piedra Alta	3,287694444	-68,06691667
5	Sejalito Río Inírida	3,28575	-68,13811
6	Morroco	3,6893694	-67,90533611
7	Zamuro	3,248194444	-68,19830556
8	Altamira	3,58025	-69,58513889
9	Caño Negro	3,649138889	-69,48366667
10	Sejalito Río Guaviare	3,133083333	-70,19986111
11	Chigüiro	3,537916667	-69,70041667
12	Guamalito	3,90625	-68,43141667
13	La Unión	3,211722222	-70,12380556
14	Laguna Colorada	3,909444444	-68,37147222
15	Laguna Cumaral	3,369722222	-69,97563889
16	Laguna Curvina	3,659694444	-69,39452778
17	Murciélagos	3,5750194	-69,58602499
18	Palmarito	3,8918028	-68,41571389
19	Picure	3,568138889	-69,63925
20	Puerto Esperanza	3,893861111	-68,42061111
21	Sapua	3,665694444	-69,36238889
22	Arrecifal	3,6361111	-69,057694
23	Raudal	2,812333	-70,47419
24	Carrizal	3,9384667	-68,1287749

En total se beneficiarán 24 comunidades, 17 de ellas ubicadas en la ronda del Río Guaviare y 7 ubicadas en la ronda del Río Inírida.



Figura 2 Localidades Identificadas ZNI, Estrella Fluvial del Inírida

En este caso es importante aclarar que los usuarios de las comunidades que se encuentran sobre el Río Guaviare se encuentran ubicados en las dos costas del río y éste a su vez no delimita exactamente el borde departamental, por lo tanto, se presentan usuarios en el límite departamental entre los departamentos de Guainía y Vichada. No obstante, éstos al estar en el límite departamental responden a las entidades territoriales del Guainía y se encuentran en el área de influencia del Operador de Red Local EMELCE S.A. E.S.P., tal como demuestran los documentos avales donde tanto la Gobernación del Guainía como la Alcaldía de Inírida responden por la totalidad de comunidades beneficiadas.

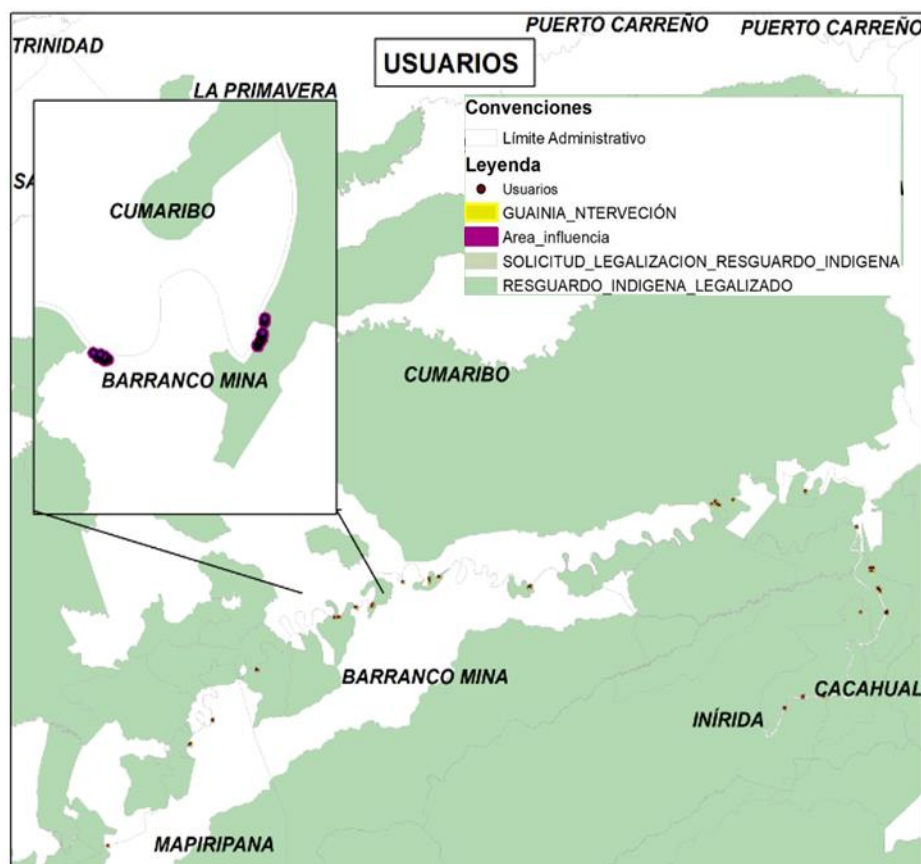


Figura 3. Ubicación de Usuarios en el Límite Departamental Guainía - Vichada

4. LISTADOS DE USUARIOS BENEFICIADOS

En total se identificaron en la labor de campo de levantamiento de usuarios hasta seiscientos veinte (620) beneficiarios del proyecto de construcción e instalación de SSFVI en la Estrella fluvial del Inírida, distribuidos de la siguiente manera: 417 beneficiarios distribuidos en 17 localidades ubicadas sobre la cuenca del Río Guaviare, y 203 beneficiarios distribuidos en 7 localidades ubicadas sobre la cuenta del Río Inírida, tal como se puede evidenciar en la tabla a continuación:

Tabla 2 Beneficiarios por localidad

ITEM	LOCALIDAD	RESIDEN	IGLESIA	ESCUELA	PUESTO DE SALUD	PUESTO DE INSPECCIÓN
RÍO GUAVIARE						
1	Alta Mira	8				
2	Caño Negro	10	1			
3	Sejalito río Guaviare	26				
4	Guamalito	18		1		
5	Laguna colorada Baja	14				
6	Laguna Cumaral	29	1			
7	Laguna Curvina	15	1	1		
8	Palmarito	11				
9	Picure	24	1			
10	Puerto esperanza	28	1	1	1	
11	Sapuara	15		1		
12	Arrecifal	60				
13	Chiguiro	27		1		
14	Murcielago	28	1	1		
15	La Unión	29		1		1
16	Raudal Mapiripana	36				
17	Carrizal	23	1			
RÍO INIRÍDA						
1	Almidón	14	1			
2	Paloma	21	1	1		
3	Piedra Alta	29	1			
4	Zamuro	24	1	1		
5	Sejalito	32	1			
6	Morroco	17	1			
7	La Ceiba	56	1	1		
TOTAL		594	14	10	1	1

En total el presente proyecto contempla beneficiar 620 usuarios distribuidos en: 594 beneficiarios residenciales, 14 iglesias, 10 escuelas, 1 puesto de salud y 1 puesto de inspección. En el **Anexo 10. Listado de Usuarios de Proyecto**,

4.1. Estimación de aforo y consumo inicial

En cuanto al acceso a la energía, ésta es una temática de complejidad que requiere de un conocimiento de las condiciones socioeconómicas de la población objetivo, así como de sus expectativas de desarrollo, ello requiere de estudios iniciales a la comunidad que se pueden brindar a través de visitas y encuestas de acceso a la energía diseñadas exclusivamente para los sistemas a instalar. No obstante, con el objetivo de establecer una solución energética que cumpla con las necesidades energéticas de la comunidad, se llevaron a cabo mesas de trabajo en los cuales se expuso de parte de los beneficiarios sus prioridades energéticas basados en su cultura y diario vivir¹.

Antes de realizar el análisis de los resultados de las encuestas tomadas en campo es necesario introducir el concepto de pobreza energética. “La pobreza energética es la situación en la que un hogar es incapaz de pagar una cantidad de energía suficiente para la satisfacción de sus necesidades domésticas y/o cuando se ve obligado a destinar una parte excesiva de sus ingresos a pagar la factura energética de su vivienda”². Es importante entender dicho concepto teniendo en cuenta que algunas comunidades objeto del presente proyecto son comunidades que se encuentran en estado de pobreza energética y aquellas restantes carecen del servicio de energía. Debido a temas culturales y su poder adquisitivo cuentan con pocas probabilidades de acceder a electrodomésticos que satisfagan necesidades tales como contar con confort térmico o refrigeración de alimentos u otros equipos de fuerza o potencia.

No obstante, con el objetivo de establecer una solución energética que cumpla con las necesidades energéticas de la comunidad, se llevaron a cabo mesas de trabajo en los cuales se expuso de parte de los beneficiarios sus prioridades energéticas basados en su cultura y diario vivir. Para el presente proyecto se establece como condición mínima establecer sistemas nivel 3³, generalmente utilizados para usos como la iluminación, radios, televisión, y acceso a Internet, y compuestos por un panel solar, batería, inversor y módulo de carga. Dichos sistemas no superan los 500 W de potencia pico instalada.⁴

A partir de los resultados de las encuestas se procedió a construir la figura a continuación, en la cual se observa el porcentaje de los usuarios encuestados en la estrella fluvial del Inírida que expresaron la tenencia actual de electrodomésticos específicos.

¹ L. G. Macancela Zhumi, “DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO YANTSA ii ETSARI,” p. 232, 2012.

² Asociación de ciencias ambientales, ACA.

³ Beyond Connections Energy Access Redefined 2015 ESMAP.

⁴ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century REN21, “Energías Renovables 2016 - reporte de la situación mundial,” 2016.

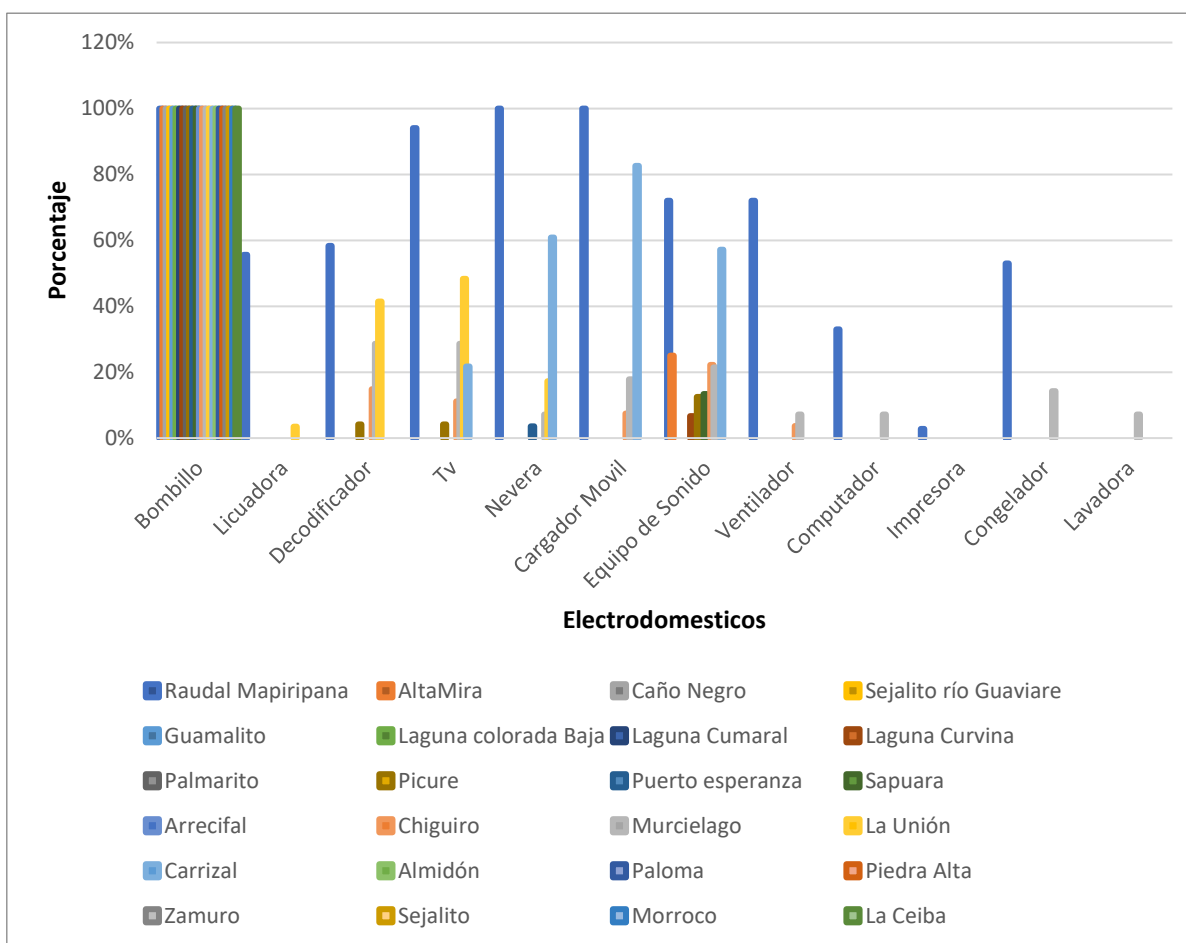


Figura 4. Resultados de Necesidades Energéticas Identificadas por Comunidad

De los datos obtenidos, se logró evidenciar una diferencia muy marcada en cuanto a las necesidades energéticas por comunidad. De la mano con la Secretaría de Asuntos Indígenas del Departamento, así como de la Empresa de Servicio de Energía de la Región EMELCE S.A. E.S.P. se establecieron 3 tipos de usuarios y para ellos 3 tipos de Sistemas Solares Fotovoltaicos Individuales SSFVI acordes a las necesidades energéticas identificadas por usuario, descritos a continuación:

- Sistema FV TIPO I: 400 Wp Usuario Población Indígena de Bajo Consumo. (Cantidad 349)
 - 1 Panel Solar Fotovoltaico monocristalino de 400 Wp
 - 1 Regulador MPPT 20A, 24V
 - 1 Inversor tipo Onda senoidal pura 500 W, 24Vdc/120Ac
 - 1 Batería LiFePO4 25.2 Vdc, 60Ah, 3650 ciclos DOD 80%
- Sistema FV TIPO II: 800 Wp Usuario Población Indígena con Consumos de Refrigeración de Alimentos. (cantidad 233)
 - 2 Paneles Solares Fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp
 - 1 Regulador MPPT 40A, 24V
 - 1 Inversor tipo Onda senoidal pura 1000 W, 24Vdc/120Ac
 - 1 Batería LiFePO4 25.2 Vdc, 120Ah, 3650 ciclos DOD 80%

- Sistema FV TIPO III: 1.600 Wp Usuario Campesino Residencial-Comercial de Alto consumo de Refrigeración de Alimentos y consumos varios. (cantidad 38)
 - 4 Paneles Solares Fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp
 - 1 Regulador MPPT 60A, 24V
 - 1 Inversor tipo Onda senoidal pura 2000 W, 24Vdc/120Ac
 - 2 Batería LiFePO4 25.2 Vdc, 120Ah, 3650 ciclos DOD 80%

El dimensionamiento y diseño de éstos SSFVI se encuentran detallados en la Memoria de Cálculo de los SSFVI del **Anexo 11. Memorias de Cálculo** y **Anexo 12. Planos y Especificaciones**.

El total de los SSFVI a instalar por Tipo de Sistema en cada comunidad se muestra en la siguiente figura:

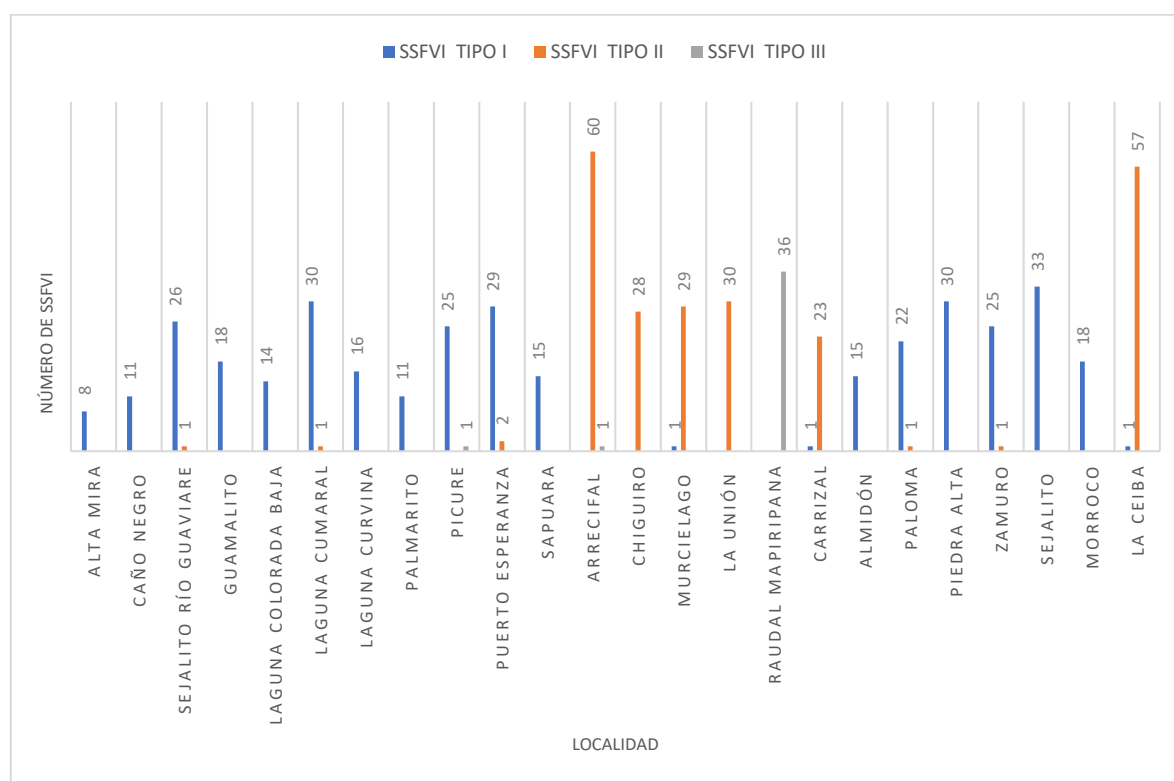


Figura 5. Número de SSFVI por Comunidad por Tipo de Sistema

En total se instalarán 620 de Sistemas Solares Fotovoltaicos Individuales distribuidos en 349 tipo I, 233 Tipo II y 38 Tipo III. En total esto corresponde a 386.6 kWp en total a instalar, distribuidos en 139.6 kWp para los SSFVI tipo I, 186,4 kWp para los SSFVI Tipo II y 60,8 kWp para los SSFVI Tipo III.

Aquella localidad que presenta una capacidad instalada mayor es Raudal Mapiripana con 57,6 kWp instalados debido a que contempla SSFVI Tipo III, seguidas de La Ceiba y Arrecifal debido a su número de usuarios superiores cercanos a los 60 con SSFVI Tipo II.

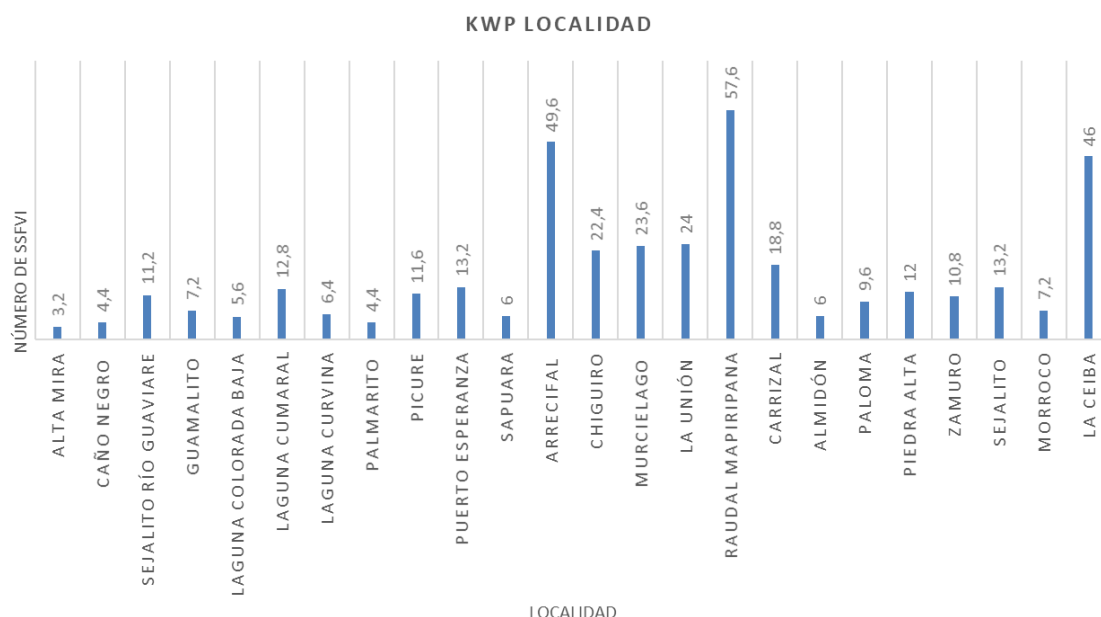


Figura 6. kWp a instalar por Comunidad

En resumen, se presenta la cantidad de sistemas a instalar por Tipo, así como la capacidad instalada por tipo de sistema a beneficiar.

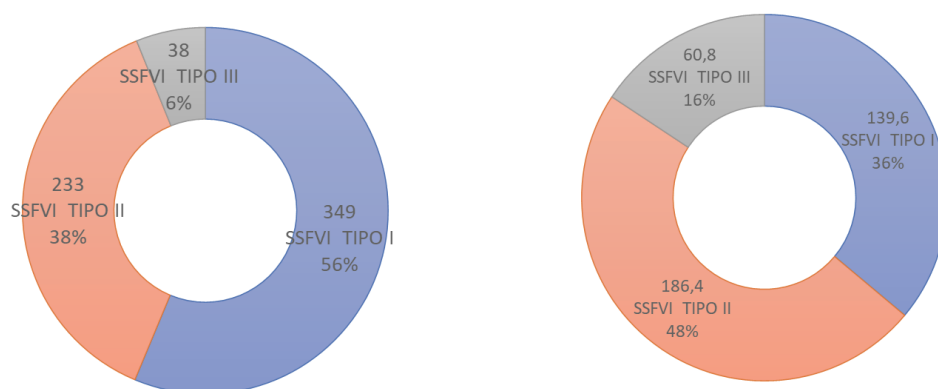


Figura 7. (Izquierda) Participación por Tipo de SSFVI y (derecha) Participación por Capacidad Instalada por Tipo de SSFVI

5. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En los Anexos **Anexo 11. Memorias de Cálculo** y **Anexo 12. Planos y Especificaciones** se establecen las especificaciones técnicas mínimas por Tipo de SSFVI a instalar en el proyecto, conjuntamente en el Documento “ESTUDIO DE MERCADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DE GUAINÍA” con No. Radicado 2020-133-005194-2, donde se establecen los costos de los equipos principales que componen el sistema, así como los materiales necesarios para su construcción, estudio de costos de transporte y cotizaciones de soporte.

A partir de esta información se elabora el presupuesto del proyecto teniendo en cuenta el cálculo de Administración, Imprevistos y Utilidad AIU y el cálculo de costos de Interventoría del Proyecto, todos estos documentos se encuentran en el documento **Anexo 7. Presupuesto del Proyecto**. A continuación, se presenta de manera resumida los resultados obtenidos.

En cuando a los costos de AIU del proyecto se establecieron en un 29% teniendo en cuenta los costos de transporte de personal elevado teniendo en cuenta que el único medio de transporte para llegar a las comunidades es fluvial.

Tabla 3. Resumen de Cálculo de AIU Proyecto

CÁLCULO DE A.I.U PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN ZNI SSFVI DPTO DE GUAINÍA		
1	Costo Personal Necesario para administración de Proyecto	3,90%
2	Costo Operacional (arriendo, papelería, vallas etc) y transporte Proyecto	5,30%
3	Costos de Legalización	11,77%
4	Pólizas y Garantías	1,04%
5	Total Administración (1+2+3+4)	22%
6	Imprevistos (Condiciones climáticas desfavorables)	2%
7	Utilidad	5%
	TOTAL (A.I.U)	29,0%

Para este proyecto se establecieron un total para administración del 22% de los costos directos, un 2% para imprevistos y 5% de utilidad. En cuanto a la interventoría ésta se calculó en un 8% de los costos directos e indirectos del proyecto con un valor cercano a los 740 Millones de COP.

Tabla 4. Resumen de Cálculo de Interventoría del Proyecto

Descripción	Porcentaje %	Valor Total
Costos directos (PROFESIONALES+OPERATIVOS)		\$ 485.406.731,83
Administración	15%	\$ 72.811.009,77
Imprevistos Condiciones climáticas desfavorables	1%	\$ 4.854.067,32
Utilidad	12%	\$ 58.248.807,82
TOTAL ANTES DE IVA		\$ 621.320.616,74

IVA 19%	19%	\$ 118.050.917,18
COSTO TOTAL DE INTERVENTORÍA		\$ 739.371.534,00

% Proyecto	8,0%
-------------------	-------------

Por otro lado, en el **Anexo 8. Análisis de Precios Unitarios** se describen los costos desagregados de cada ítem que compone el presupuesto, teniendo en cuenta lo establecido en el Estudio de Mercado realizado para la región. A continuación, en la siguiente tabla se presenta el resumen del presupuesto del proyecto.

Tabla 5. Resumen de Presupuesto del Proyecto

DESCRIPCIÓN		VALOR PARCIAL				
		MATERIALES	EQ. & HERRAM.	TRANSPORTE	MANO DE OBRA	VR. PARCIAL
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$ 5.821.530.447,66	\$ 91.230.333,33	\$ 311.748.000,00	\$ 939.944.072,00	\$ 7.164.452.851,00
ADMINISTRACIÓN	22%	\$ 1.280.736.698,00	\$ 20.070.673,00	\$ 68.584.560,00	\$ 206.787.696,00	\$ 1.576.179.627,00
IMPREVISTOS	2%	\$ 116.430.609,00	\$ 1.824.607,00	\$ 6.234.960,00	\$ 18.798.881,00	\$ 143.289.057,00
UTILIDAD	5%	\$ 291.076.522,00	\$ 4.561.517,00	\$ 15.587.400,00	\$ 46.997.204,00	\$ 358.222.643,00
TOTAL COSTO INDIRECTOS	29%	\$ 1.688.243.829,00	\$ 26.456.797,00	\$ 90.406.920,00	\$ 272.583.781,00	\$ 2.077.691.327,00
VALOR CONSTRUCCIÓN PROYECTO (COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS)		\$ 7.509.774.276,66	\$ 117.687.130,33	\$ 402.154.920,00	\$ 1.212.527.853,00	\$ 9.242.144.178,00
INTERVENTORÍA INTEGRAL	8%					\$ 739.371.534,00
SUBTOTAL 1 (COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS + INTERVENTORÍA)						\$ 9.981.515.712,00
SUBTOTAL 2 (CAPACITACIÓN (0.2% COSTO (DIRECTOS + INDIRECTOS)))	0,20%					\$ 18.484.288,00
TOTAL VALOR PROYECTO (SUBTOTAL 1 + SUBTOTAL 2)						\$ 10.000.000.000,00
SON: DIEZ MIL MILLONES DE PESOS M/L						

4.2. Cronograma y Flujo de Fondos del Proyecto

El número total de usuarios a beneficiar es de 620, esto hace referencia a la construcción, instalación y puesta en marcha de 620 SSFVI de 3 tipos diferentes los cuales se establecieron con unos rendimientos de instalación similares debido a que se mantienen los componentes y materiales cambiando únicamente sus capacidades. El tiempo de ejecución del proyecto es de 9 meses y su interventoría contempla un mes adicional para liquidación del contrato.

La documentación sobre el cronograma del proyecto y su respectivo flujo de fondos se encuentra en el **Anexo 9. Flujo de Fondos y Cronograma de Proyecto**.

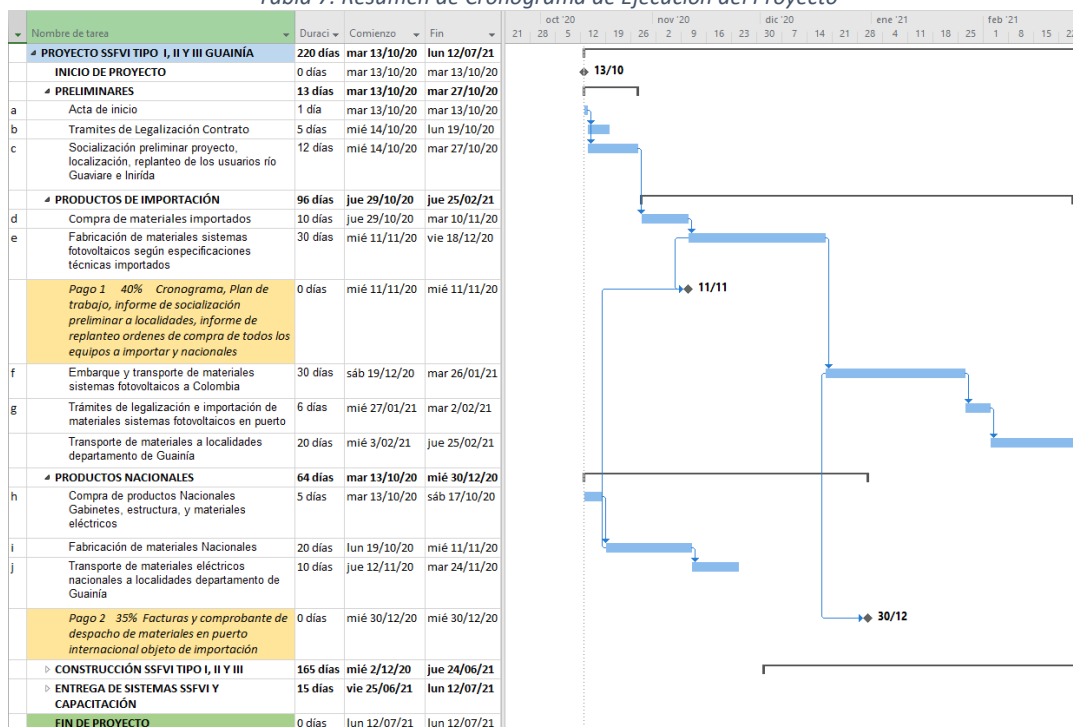
El flujo de fondos del proyecto se estableció por los hitos de pago a contratista el cual se divide en 4 pagos, dos de los cuales se realizan en el año 2020 para garantizar la compra de equipos para la ejecución del proyecto en 2021 tal como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 6. Flujo de Fondos para 2020

ITEM	DESCRIPCIÓN ITEM DE PAGO	VALOR COP \$	2020		
			OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
			MES 1	MES 2	MES 3
1	PAGO 1 40%				
	Entrega de Cronograma, plan de trabajo, informe de socialización preliminar a localidades beneficiadas, informe de replanteo y ordenes de compra efectivas de materiales y equipos importados y nacionales	\$ 2.865.781.140,40		\$ 2.865.781.140,40	
2	PAGO 2 35%				
	Entrega de certificado de salida de materiales y equipos importados desde puerto internacional a puerto nacional, entrega de materiales nacionales en departamento de Guainía	\$ 2.507.558.497,85			\$ 2.507.558.497,85
3	PAGO 3 15%				
	Entrega de informes y avance de obra del 80% de la ejecución total del proyecto 496 unidades de sistemas solares fotovoltaicas individuales, e informa de avance de capacitación del uso adecuado de la infraestructura	\$ 1.074.667.927,65			
4	PAGO 4 10%				
	Entrega de la totalidad de las soluciones solares fotovoltaicas individuales, software de gestión de medición y capacitación uso racional de la energía (URE) de la totalidad de usuarios beneficiados 620 soluciones, informe final y liquidación de contrato	\$ 716.445.285,10			
INVERSION MENSUAL (COSTO DIRECTO)			\$ 0,00	\$ 2.865.781.140,40	\$ 2.507.558.497,85
INVERSION MENSUAL (COSTO INDIRECTO = 29% COSTO DIRECTO)			\$ 0,00	\$ 831.076.531,00	\$ 727.191.964,00
INVERSION MENSUAL CONSTRUCCIÓN PROYECTO (COSTO DIRECTO + COSTO INDIRECTO)			\$ 0,00	\$ 3.696.857.671,00	\$ 3.234.750.462,00
INTERVENTORÍA (8% VALOR CONSTRUCCIÓN PROYECTO)			\$ 0,00	\$ 295.748.614,00	\$ 258.780.037,00
CAPACITACIÓN (0.2% COSTO DIRECTO+COSTO INDIRECTO)			\$ 0,00	\$ 7.393.715,00	\$ 6.469.501,00
INVERSION TOTAL MENSUAL			\$ 0,00	\$ 4.000.000.000,00	\$ 3.500.000.000,00
INVERSION TOTAL MENSUAL ACUMULADA			\$ 0,00	\$ 4.000.000.000,00	\$ 7.500.000.000,00
% INVERSION TOTAL MENSUAL ACUMULADA			0%	40%	75%

A continuación, se muestra el resumen del cronograma de ejecución del proyecto dónde se muestran los hitos de pago 1 y 2.

Tabla 7. Resumen de Cronograma de Ejecución del Proyecto



6. SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

El esquema de sostenibilidad de un proyecto de energización es parte crucial para asegurar la confiabilidad del servicio de energía eléctrica, reducir al mínimo las horas sin servicio de energía durante la vida útil del sistema de generación es lo que se busca, siempre atendiendo la demanda de energía requerida por el usuario.

Para ello se requiere de dos factores importantes, una empresa de servicio de energía eléctrica encargada de la administración, operación y mantenimiento AOM de los sistemas de generación distribuida en las ZNI del departamento y, por otro lado, un esquema de sostenibilidad que asegure al prestador del servicio de energía los costos proyectados del proyecto, el posible recaudo por parte de los usuarios y subsidios aplicables según la normatividad vigente.

La empresa de energía del Guainía EMELCE S.A. E.S.P. se definió y estableció como aquel prestador del servicio de energía eléctrica, el cual ha confirmado esta decisión mediante certificación la cual se encuentra en el **Anexo 3. Avaless de Proyecto por parte del Operador de Red Local** donde, además, la empresa certifica que no beneficiará a estos usuarios mediante proyectos de expansión y cobertura, además de hacer aclaración de que los usuarios beneficiados no son interconectables, por lo tanto, se consideran alternativas de generación distribuida para su energización tal como muestra en el **Anexo 13. Análisis de Alternativas del Proyecto** el cual establece que los sistemas de generación de energía a partir del recurso Solar Fotovoltaico Individual con un día de autonomía son la alternativa más promisoría para las comunidades identificadas.

El esquema de sostenibilidad desarrollado para asegurar la operación de éstos SSFVI por una vida útil de 10 años, se elabora de acuerdo con las resoluciones N° 091 de 2007 y la N° 072 de 2013 de la CREG, o las que las modifiquen, reemplacen o actualicen, donde se establecen los cargos máximos de remuneración de generación, distribución y comercialización para sistemas solares fotovoltaicos individuales (SSFVI) en zonas no interconectadas en \$ de diciembre de 2006. Actualmente la resolución CREG 157 y 166 de 2020 la cual se encuentra en transición, establecen unos montos máximos para los cargos de AOM del componente de generación en 86.525 COP/mes por cada usuario que atienda con una capacidad instalada superior a los 0,5 kW y un monto máximo en el componente de Comercialización de 23.181 COP/mes, adicionalmente cuando el prestado del servicio de energía asuma el costo de adquisición e instalación del medidor de energía, éste se cobrará hasta por 6.939 COP/mes por usuario.

Es así como se tiene que desarrollar el esquema de sostenibilidad bajo los topes anteriormente descritos, teniendo en cuenta costos tales como:

- **Costos Administrativos:** Normalmente asociado al gasto de personal requerido para la atención administrativa del número de usuarios del proyecto, y costos de arriendos, servicios, software, equipos ofimáticos, pólizas, seguridad ocupacional, desplazamientos y

viáticos de personal administrativo, costos financieros e impuestos. Además, contempla costos de por riesgo de cartera e imprevistos.

- Costos de Operación:
 - Mantenimiento Preventivo: Consiste en un mínimo de 2 visitas anuales por parte de técnicos de la compañía dependiendo del número de usuarios donde se tienen en cuenta el equipo y herramienta, así como gastos de transporte, viáticos y de Seguridad y Salud en el Trabajo.
 - Mantenimiento Correctivo: El mantenimiento correctivo corresponde a la reposición de equipos en el largo de la vida útil del sistema fotovoltaico. Para este caso la vida útil se ha establecido en 10 años el cual coincide en los años de vida útil de baterías, por tanto, se contemplan recambios por tasas de falla más no, reposición por cumplimiento de vida útil.

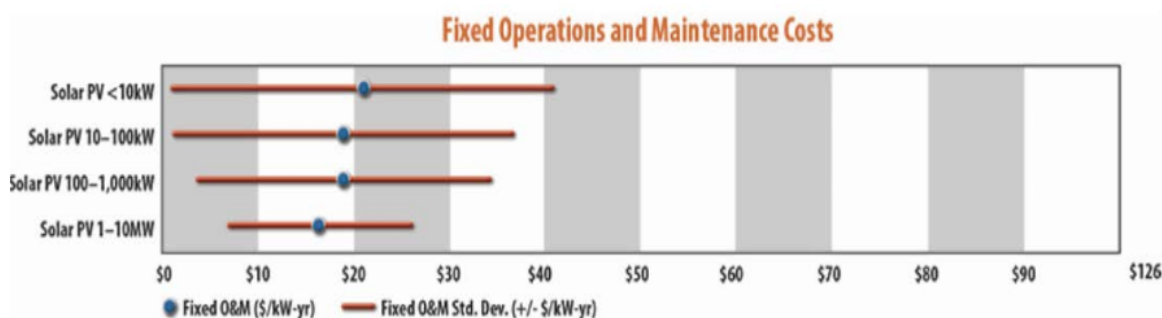


Figura 8. Costos Internacionales de O&M para SSFV OnGrid

Los costos de mantenimiento para sistemas solares fotovoltaicos residenciales se han establecido en el entorno internacional para sistemas menores a 1 kW DC en cerca de 21 USD/kWp DC/año⁵ esto para sistemas conectados a red que no cuentan con baterías. Para la estimación de los costos de reposición se tienen que considerar las tasas de falla de los equipos principales que componen el sistema y se encuentra estrechamente ligado a las condiciones ambientales y climatológicas donde se encuentran instalados los equipos. Las tasas de falla más altas corresponden a los equipos de electrónica y comunicación, el inversor es el equipo que presenta más altas tasas de falla cercanas al 60% de todos los elementos que componen el inversor, seguido por el regulador de carga⁶ y esto se ve aún más afectado en las ZNI por la presencia más alta de polvo, humedad y altas temperaturas, es por ello

⁵ PV O&M Cost Model and Cost Reduction, 2017 Photovoltaic Module Reliability Workshop, Andy Walker, NREL

⁶ Experience Curves for Operations and Maintenance Costs of Renewable Energy Technologies, Bjarne Steffen, Martin Beuse, Paul Tautorat and Tobias S. Schmidt, Joule CellPress, 2020.

que se estima una tasa de falla anual del 5% de los equipos, teniendo en cuenta que la tasa de falla aumentan exponencialmente a partir del año 6 – 7.

Por otro lado, la tasa de falla de baterías de litio es cercana al 0.5% pero ésta se ve altamente afectada por la temperatura de operación⁷, así como el uso que se le da por parte de los usuarios, si bien el controlador limita la descarga máxima se pueden presentar rampas de descarga muy altas debidas a un uso inadecuado, en mayor medida el primer año de uso donde el usuario conoce los límites del sistema, por lo tanto, se establece en el 1,5% de falla anual. La tasa de falla de paneles y materiales eléctricos como protecciones y cableado son estimados a partir de las fichas técnicas de fabricantes, especificaciones y limitantes de operación.

Tabla 8. Tasas de Falla de Equipos que componen el SSFVI

Elementos	Tasa de Falla Anual*
Modulo Solar [W]	0,25%
Batería [Ah]	1,50%
Controlador [A]	2,50%
Inversor [W]	5,00%
Otros materiales (Tableros, protecciones, cables, conectores, mástil, puesta a tierra, internas, etc.)	1,20%

- **Costos de Comercialización:** Éstos se encuentran asociados a lo establecido en las resoluciones N° 091 de 2007 y la N° 072 de 2013 de la CREG donde se establecen los cargos máximos de remuneración de comercialización para sistemas solares fotovoltaicos individuales (SSFVI) en zonas no interconectadas en \$ de diciembre de 2006 actualizados a septiembre de 2020 con el IPP. Actualmente la resolución CREG 157 de 2020 la cual se encuentra en revisión, establece un tope máximo para este cargo de 22.759 COP/mes.

El Esquema de Sostenibilidad del Proyecto viabilizado y aprobado por EMELCE S.A. E.S.P. se encuentra descrito a detalle en el **Anexo 6. Esquema de Sostenibilidad del Proyecto**.

⁷ Gallardo-Saavedra, S., Hernández-Callejo, L., & Duque-Pérez, O. (2019). Quantitative failure rates and modes analysis in photovoltaic plants. *Energy*, 183, 825-836.

7. AVALES DE ENTIDADES TERRITORIALES

El presente proyecto de energización rural corresponde a una actualización del proceso “CONVENIO N° 095-2015: CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS CON SISTEMAS DE FUENTES TANTO CONVENCIONALES COMO NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA (FNCE) Y DE ESTUDIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI)” celebrado entre la Empresa de Energía del Guainía EMELCE S.A. E.S.P. y el IPSE, el cual culminó en el año 2016 al que corresponde el No. de expediente IPSE 2015139580200093E. Se actualiza directamente por el Instituto IPSE para ser financiado con fondos propios.

Por parte de las entidades territoriales no se presenta el proyecto, pero si se requiere de avales para asegurar que la inversión no se encuentre en zonas de riesgo o en una zona que presente alguna problemática en cuando a la ocupación indebida de terreno. Es por ello que, se le solicita tanto a la Gobernación del Guainía como a la Alcaldía Municipal unos avales donde constatan el cumplimiento de estos requerimientos.

7.1. Aval Gobernación del Guainía

La gobernación mediante la Secretaría de Planeación Departamental mediante el aval del **Anexo 1. Avales de Proyecto por parte de Gobernación del Guainía**, certifica que:

1. No se ha presentado a consideración de otro fondo de apoyo financiero ni se le han asignado recursos para su ejecución.
2. Se encuentra incluido en el Plan de Desarrollo Departamental.
3. Se encuentra acorde con el plan de ordenamiento territorial.
4. Incluye usuarios que se han georreferenciado en sitio uno a uno.
5. Beneficiará a 620 usuarios los cuales representan una población de 2.728 habitantes. Siendo nuevos 208 usuarios.
6. Se instalará en predios que se encuentran habitados de manera permanente y sana posesión por familias de la región considerados como dueños y se prevé la figura jurídica con la cual se presume que, si una persona poseedora abandona una casa y la deja a su suerte, pero otra la conserva, la cuida y la mejora es viable que con el transcurrir del tiempo exista una forma legal que le permita adquirir la propiedad de ese bien al cual le ha dado una mejora para un beneficio como sustento para él y su núcleo familiar.
7. No incluye usuarios ubicados en zonas de alto riesgo.
8. En caso de ser financiado el proyecto, esta Entidad Territorial desarrollará mecanismos y acciones de focalización de la oferta social del Estado (mejoramiento de vivienda, programas de educación, salud, comunicaciones entre otros) hacia las poblaciones beneficiarias de las soluciones energéticas con el fin de que su implementación, operación y sostenibilidad sea efectiva y se mejoren las condiciones de vida de la población.

9. El proyecto corresponde a infraestructura energética que ha sido considerada dentro del marco regulatorio para que durante su operación sea sostenible conforme el esquema tarifario y de subsidios a la prestación del servicio de energía eléctrica.
10. El tiempo de ejecución del proyecto es de 9 meses.

7.2. Aval Alcaldía Municipal de Inírida

La Alcaldía Municipal mediante la Secretaría de Planeación y Desarrollo de Inírida mediante el aval del **Anexo 2. Avaluos de Proyecto por parte de Alcaldía Municipal de Inírida**, certifica que:

1. No se ha presentado a consideración de otro fondo de apoyo financiero ni se le han asignado recursos para su ejecución.
2. Se encuentra incluido en el Plan de Desarrollo “2020 -2023 GUAINÍA OPORTUNIDAD PARA TODOS.”
3. Incluye usuarios que se han georreferenciado en sitio uno a uno.
4. Beneficiará a un total de 620 usuarios los cuales representan una población de 2.728 habitantes. Siendo nuevos 208 usuarios y 274 se encuentran ubicados en el Municipio de Inírida.
5. Se instalará en predios que se encuentran habitados de manera permanente y sana posesión por familias de la región considerados como dueños y se prevé la figura jurídica con la cual se presume que, si una persona poseedora abandona una casa y la deja a su suerte, pero otra la conserva, la cuida y la mejora es viable que con el transcurrir del tiempo exista una forma legal que le permita adquirir la propiedad de ese bien al cual le ha dado una mejora para un beneficio como sustento para él y su núcleo familiar.
6. No incluye usuarios ubicados en zonas de alto riesgo.
7. En caso de ser financiado el proyecto, esta Entidad Territorial desarrollará mecanismos y acciones de focalización de la oferta social del Estado (mejoramiento de vivienda, programas de educación, salud, comunicaciones entre otros) hacia las poblaciones beneficiarias de las soluciones energéticas con el fin de que su implementación, operación y sostenibilidad sea efectiva y se mejoren las condiciones de vida de la población.

8. AVALES AMBIENTALES DEL PROYECTO

Los avales ambientales corresponden a la certificación emitida por la Corporación Autónoma Regional y la certificación emitida por Parque Nacionales Naturales en la cual se establece que los usuarios no se encuentran ubicados al interior o en proximidad de algún tipo de área protegida perteneciente al SINAP.

En cuanto a la entidad de Parque Nacionales Naturales su certificación se encuentra en el **Anexo 4. Avales Ambientales del Proyecto por Parte de Corporación y PNN**, donde se establece únicamente un traslape con sobre la propuesta de declaratoria del Polígono 1. Selvas Transicionales de Cumaribo, lo cual para el tipo de proyecto de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable FNCER y las capacidades por usuario que oscila entre los 0,4 kWp y 1,6 kWp no presenta riesgos en el polígono identificado.

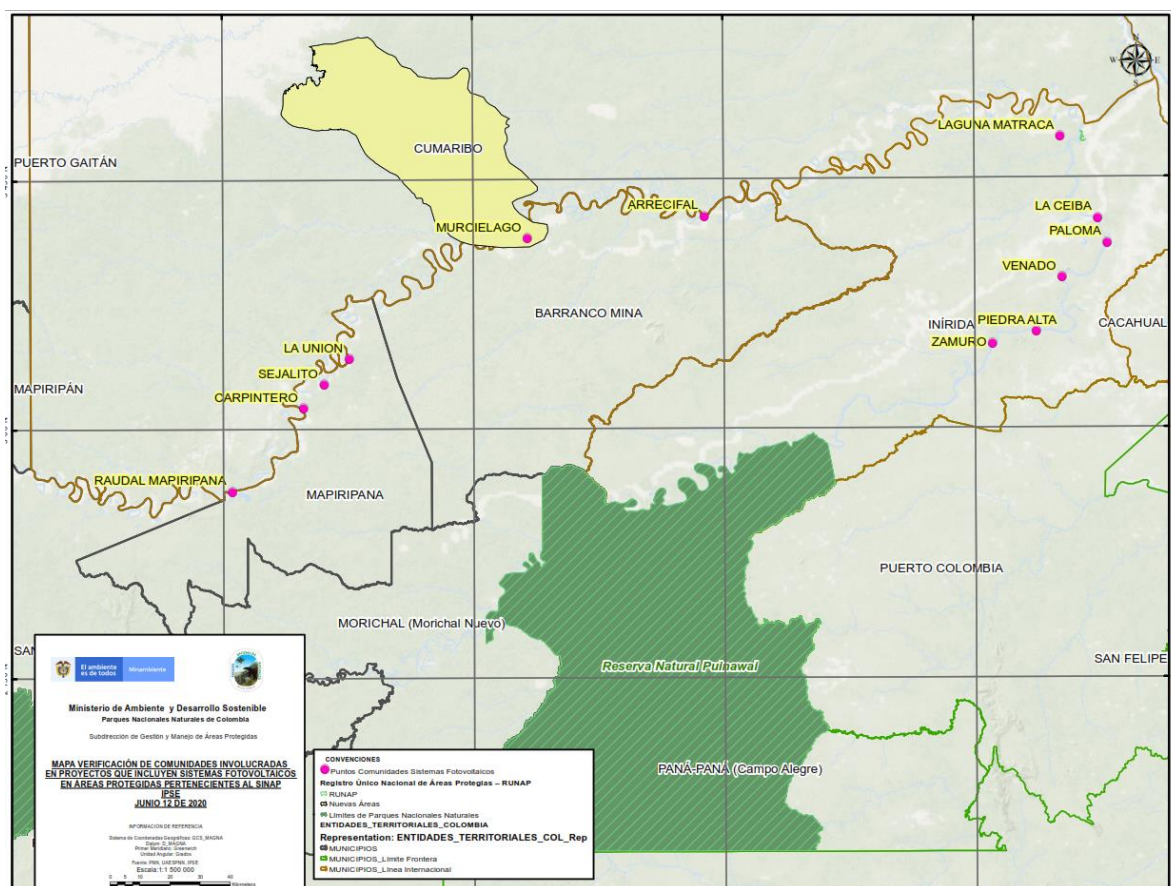


Figura 9. Cruce Comunidades con áreas protegidas perteneciente al SINAP

9. AVALES SOCIALES DEL PROYECTO

En cuanto a los avales sociales del proyecto éstos corresponden al proceso de socialización del proyecto con las comunidades beneficiadas, éstas se realizaron en las visitas de campo con líderes de las comunidades, así mismo, se utilizaron medios virtuales con aquellos líderes que podían acercarse a la empresa de energía EMELCE S.A. E.S.P. donde se aclararon dudas sobre el pago y los sistemas solares fotovoltaicos a instalar.

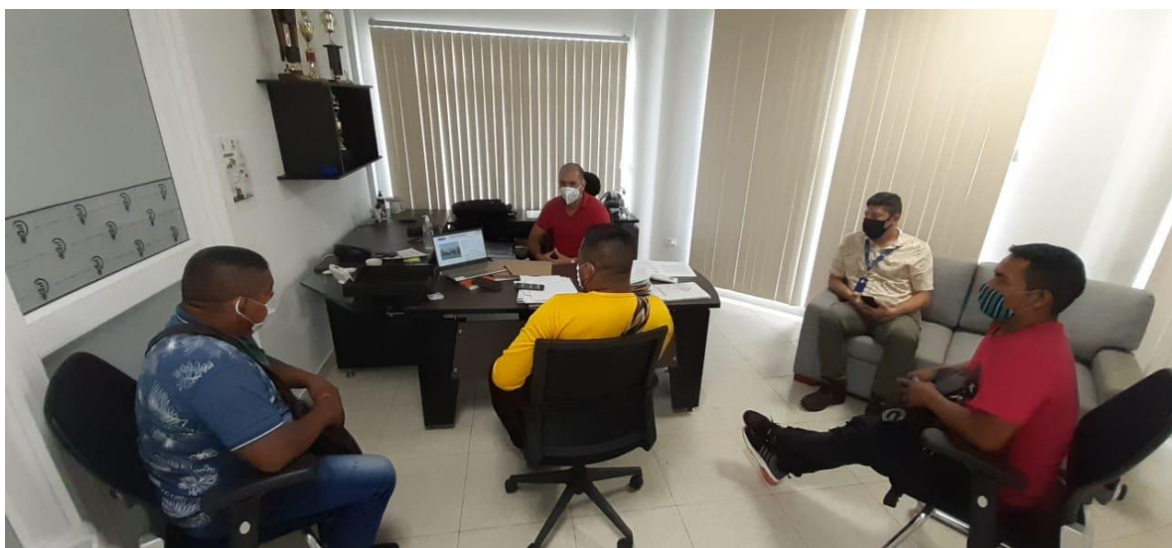


Figura 10. Socialización de Proyecto con Capitán de Venado y Cabildos Gobernadores de las Comunidades Beneficiadas

Conjuntamente, en las mismas comunidades se realizaron socializaciones del proyecto donde los técnicos de EMELCE fueron capacitados directamente por personal del IPSE.



Figura 11. Socialización de Proyecto con Comunidades Indígenas Beneficiadas

Se contó con el apoyo de la comunidad en el caso de necesitar traducción al idioma autóctono de cada comunidad.



Figura 12. Traducción de Socialización de Proyecto con Comunidades Indígenas Beneficiadas

En la socialización con las comunidades se hizo aclaración de los alcances del proyecto, de los derechos y deberes como usuarios del servicio de energía y de la información requerida para el levantamiento de información. Éstas quedaron consignadas en las Actas de Socialización/Concertación firmadas por los líderes de las comunidades beneficiadas, así mismo, en cada una de las 24 comunidades se diligenció el formato de consentimiento Libre, Previo e Informado de las comunidades y un acta de cooperación para el uso de áreas específicas para instalar un campo de paneles solares en caso de identificarse una solución centralizada. Estos se encuentran en el **Anexo 5. Avals Sociales del Proyecto**, en él también se encuentra la respuesta al trámite de “SOLICITUD DE DETERMINACIÓN DE PROCEDENCIA Y OPORTUNIDAD DE LA CONSULTA PREVIA PARA LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES” el cual se estableció como un compromiso con la Secretaría de Asuntos Indígenas de la Gobernación departamental. Este último se diligencia con información adicional como aquella concerniente a los impactos ambientales. Planes de manejo ambiental y compensación, áreas de influencia del proyecto y áreas de intervención que al ser SSFVI tienen un impacto mínimo. Adicionalmente, se adjunta la información social del proyecto tal como los resguardos indígenas que se encuentran en el proyecto todo ello para identificar que el impacto de estos proyectos no afectarán de manera negativa las comunidades o no se les ha tenido en cuenta para el desarrollo del proyecto.