

INSTALACION E IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR  
COMO FUENTES ALTERNATIVAS PARA ZONAS Y COMUNIDADES MAS  
APARTADAS QUE NO CUENTAN CON INTERCONEXION ELECTRICA.

**PRESENTADO POR:**

MARTHA GUADALUPE RINCON PEDREROS

Código: 851000713

LUIS EDUARDO CALDERON ROSAS

Código: 851000104

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE ECONOMIA  
ESPECIALIZACION EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS  
VILLAVICENCIO  
2018

INSTALACION E IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR  
COMO FUENTES ALTERNATIVAS PARA ZONAS Y COMUNIDADES MAS  
APARTADAS QUE NO CUENTAN CON INTERCONEXION ELECTRICA.

**PRESENTADO POR:**

MARTHA GUADALUPE RINCON PEDREROS

Código: 851000713

LUIS EDUARDO CALDERON ROSAS

Código: 851000104

Trabajo de Grado como requisito para optar el título en la especialización en  
ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE ECONOMIA  
ESPECIALIZACION EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS  
VILLAVICENCIO  
2018

## **LISTA DE AUTORIDADES ACADEMICAS**

PABLO EMILIO CRUZ CASALLAS

Rector

DORIS CONSUELO PULIDO

Vicerrector Académico

MEDARDO MEDINA MARTINEZ

Vicerrector de Recursos Universitarios

MARCO AURELIO TORRES MORA

Director General de Investigaciones

CHARLES ROBIN AROSA CARRERA

Director General de Proyección Social

MONICA SILVA QUICENO

Decana Facultad Ciencias Básicas e Ingeniería

CARLOS HERNANDO COLMENARES PARRA

Decano Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

MANUEL EDUARDO HOZMAN MORA

Decano de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación

RAFAEL OSPINA INFANTE

Decano de la Facultad de Ciencias Económicas

MARIA LUISA PINZON ROCHA

Decana de la Facultad de Ciencias de la Salud

FREDY MOLINA PEREZ

Representante de los Estudiantes Modalidad Presencial

CLAUDIO JAVIER CRIOLLO

Asesor de la Oficina de Planeación

DORIS ALCIRA TORO

Directora General de Currículo

## NOTAS DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

# 1. TABLA DE CONTENIDO

## CONTENIDO

1.	TABLA DE CONTENIDO.....	6
2.	AGRADECIMIENTOS .....	8
3.	LISTA DE IMÁGENES .....	9
4.	LISTADO DE TABLAS .....	10
5.	INTRODUCCION.....	12
6.	OBJETIVOS.....	13
6.1.	OBJETIVO PRINCIPAL .....	13
6.2.	OBJETIVOS SECUNDARIOS .....	13
7.	JUSTIFICACION .....	14
8.	MARCO TEORICO .....	16
8.1.	HISTORIA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	16
9.	MARCO LEGAL .....	22
10.	MARCO GEOGRAFICO .....	23
11.	MARCO CONCEPTUAL.....	25
11.1.	DIAGRAMA DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN Y DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	25
11.2.	DIAGRAMA DEL PROCESO DEL SISTEMA DE GENERACION Y EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO .....	26
12.	ESTUDIO DE MERCADO.....	28
12.1.	ESTUDIO DE LA DEMANDA.....	28
12.2.	ESTUDIO DE LA OFERTA.....	30
12.3.	ALIANZAS ESTRATEGICAS .....	31
13.	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	32
13.1.	INGENIERO DIRECTOR DE PROYECTO .....	33
13.2.	PROFESIONAL DE HSEQ .....	33
13.3.	INGENIERO RESIDENTE OPERATIVO .....	34
13.4.	SUPERVISOR DE OBRA .....	35
13.5.	TÉCNICOS ELECTRICISTAS .....	36
14.	ESTUDIO TECNICO .....	37
14.1.	COMPOSICION DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (SFV) .....	37

14.1.1.	Paneles.....	37
14.1.2.	Banco de baterías .....	38
14.1.3.	Regulador .....	38
14.1.4.	Inversor .....	39
14.1.5.	Estructura de soporte de los paneles.....	40
14.1.6.	Puesta a tierra .....	40
14.1.7.	Tablero de conexiones y protecciones .....	41
14.2.	<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....</b>	<b>41</b>
14.2.1.	Suministro, transporte e instalación de los 3 paneles solares.....	41
14.2.2.	Suministro, transporte e instalación de baterías.....	42
14.2.3.	Suministro, transporte e instalación de Regulador .....	43
14.2.4.	Suministro, transporte e instalación de Inversor .....	44
14.2.5.	Suministro, transporte e instalación de soporte para módulos SFV .	45
14.2.6.	Suministro, transporte e instalación de sistema puesta a tierra.....	46
14.2.7.	Suministro, transporte e instalación tablero eléctrico, cableado, conexiones y protecciones.....	47
14.3.	<b>PRECIO UNITARIO POR SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>48</b>
14.4.	<b>PUNTO DE EQUILIBRIO DEL SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACION DEL SFV. ....</b>	<b>50</b>
14.5.	<b>AMORTIZACION DEL PAGO .....</b>	<b>52</b>
14.6.	<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	<b>53</b>
14.7.	<b>CONSUMO DE ENERGIA INDIVIDUAL POR VIVIENDA .....</b>	<b>53</b>
14.8.	<b>CALCULO DE PANELES NECESARIOS POR USUARIO .....</b>	<b>54</b>
14.9.	<b>COSTO DE ENERGIA CON DIESEL .....</b>	<b>54</b>
14.10.	<b>COSTO DEL SERVICIO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>56</b>
15.	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
16.	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
17.	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>68</b>

## **2. AGRADECIMIENTOS**

Se le agradece a Dios y a la Universidad de los Llanos, en especial a la facultad de ciencias económicas y su especialización en administración de negocios, por brindarnos la enseñanza y el acompañamiento necesario para poder realizar este documento, como de también complementar nuestros conocimientos personales y profesionales, para que así en el futuro podamos contribuirle aún más a nuestras comunidades.

Se agradece a nuestras familias, al Director de la facultad Fernando Salgado y a todos los docentes que contribuyeron a este gran logro personal y profesional, mil gracias

### 3. LISTA DE IMÁGENES

Imagen		PG
1	Problemas para el acceso de energía.	14
2	Mapa del departamento del Meta con municipios.	23
3	Censo poblacional Mapiripán 2005 DANE	24
4	Diagrama de la instalación y suministro del sistema fotovoltaico	25
5	Diagrama del proceso del sistema de generación del servicio de energía y su mantenimiento	26
6	Etapas del proyecto.	28
7	Segmentación del mercado	30
8	Estructura organizacional	32
9	Panel solar policristalino	38
10	Batería 200 Ah – 12V	38
11	Regulador 40A – 24V	39
12	Inversor 1000W 24/120V	39
13	Soporte paneles a piso	40
14	Sistema puesta a tierra	40
15	Punto de equilibrio instalaciones SFV	51
16	Valor energía Mapiripán Diésel	55
17	Ventajas servicio energía SFV	57
18	Servicio de energía SFV	58
19	Punto de equilibrio servicio energía SFV	62

#### 4. LISTADO DE TABLAS

Tabla		PG
1	Valor modulo solar	41
2	Valor herramienta modulo solar	41
3	Valor transporte modulo solar	42
4	Valor Mano de obra instalación modulo solar	42
5	Valor baterías	42
6	Valor herramienta baterías	42
7	Valor transporte baterías	43
8	Valor mano de obra instalación baterías	43
9	Valor Regulador	43
10	Valor herramienta regulador	43
11	Valor transporte regulador	43
12	Valor mano de obra instalación regulador.	44
13	Valor inversor.	44
14	Valor herramientas inversor.	44
15	Valor transporte inversor.	44
16	Valor mano de obra instalación inversor	45
17	Valor materiales soporte	45
18	Valor herramienta soportes	45
19	Valor transporte soporte	45
20	Valor mano de obra instalación soporte.	46
21	Valores materiales SPT	46
22	Valor herramienta SPT	46
23	Valor Transporte SPT.	46
24	Valor mano de obra SPT.	47
25	Valor materiales tablero, conexiones y protecciones.	47
26	Valor herramienta tablero, conexiones y protecciones.	47

27	Valor transporte tablero, conexiones y protecciones.	48
28	Valor mano de obra instalación tablero, conexiones y protecciones.	48
29	Costos totales por SFV.	48
30	Resumen Costos por SFV parte 1.	49
31	Resumen Costos por SFV parte 2.	49
32	Costos de administración, imprevistos y utilidad por SFV.	50
33	Costos de administración, imprevistos y utilidad por 100 SFV.	50
34	Calculo punto de equilibrio.	51
35	Condiciones de amortización	52
36	Amortización del pago por SFV a dos años	52
37	Cronograma de actividades.	53
38	Calculo consumo por vivienda	53
39	Calculo de cantidad de paneles solares	54
40	Resumen facturación de energía con diésel	55
41	Tarifa del servicio de energía SFV	56
42	Costos administrativos.	58
43	Costos mantenimiento preventivo general	59
44	Costo del mantenimiento preventivo por SFV	59
45	Costo de mantenimiento correctivo.	60
46	Rango de vida útil elementos SFV.	60
47	Costo de reposición	61
48	Punto de equilibrio servicio de energía SFV	61
49	Flujo, TIR, VP, VPN parte 1	63
50	Flujo, TIR, VP, VPN parte 2	63
51	Flujo, TIR, VP, VPN parte 3	64
52	Flujo, TIR, VP, VPN parte 4	64

## 5. INTRODUCCION

En Colombia muchas personas y localidades por estar apartadas no cuentan con suministro eléctrico debido a los problemas de distancia y los costos que esto implica, no ha sido posible que cuenten con este servicio público que es fundamental para poder ejercer muchas de las actividades diarias educativas, laborales y sociales de cualquier humano, como alternativa viable pensamos ofrecer la instalación e implementación de suministro de energía solar a través de paneles solares, los cuales podrían suministrar fluido eléctrico que permitirán poder utilizar bombas de agua, iluminación, y alimentación en general, lo que facilitara que estas personas que aunque estén apartadas cuenten con la energía necesaria para mejorar cada una de sus vidas.

Existen muchas familias sin el recurso eléctrico pero debido a que en las veredas las distancias que se encuentran entre los diferentes usuarios son demasiado extensas, no es posible que las electrificadoras lleguen a cada una de estas localidades por medios tradicionales, ya que los costos de una red eléctrica serian excesivos para cualquier entidad, en cambio la implementación y suministro de energía solar se vuelve una alternativa económica y accesible que permite llegar a cada familia sin generar sobrecostos, convirtiéndose en un servicio que esté al alcance de las comunidades y los diferentes entes territoriales.

Siendo una alternativa viable fomentaremos a que las personas apartadas no busquen las ciudades, continúen y mejoren el desarrollo de actividades agrícolas mejorando sus vidas y el desarrollo de sus actividades a nivel nacional, sin contar que tendrían independencia energética que es amigable con el medio ambiente y que gracias a que contamos con sol permanente el servicio puede ser continuo. Aunque existen fuentes alternas con plantas que funcionan con combustible diésel, esta alternativa es excesivamente costosa sin contar que genera fluctuaciones que puede afectar cualquier elemento conectado a esta, como de generación de gases que afectan el medio ambiente. Lo que convierte a nuestra propuesta la mejor y la más necesaria para estas comunidades.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. OBJETIVO PRINCIPAL**

- Determinar la factibilidad técnica y financiera requerida para instalar e implementar el suministro eléctrico a través paneles solares, que faciliten el acceso al servicio de energía en las zonas y comunidades más apartadas que no cuenten con interconexión eléctrica.

### **6.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS**

- Analizar el entorno geográfico y demográfico de la región, que nos permita detectar una población que requiera de suministro eléctrico.
- Identificar la normatividad y legislación Nacional vigente que permita la operación de este tipo de proyectos.
- Cuantificar el valor total de la inversión para la implementación de realizar la instalación y prestar el servicio, para así determinar cómo es posible conseguir el punto de equilibrio, tanto para la instalación como del servicio.
- Planear la instalación de los diferentes Sistemas Foto Voltaicos como de también del servicio, del mantenimiento y de la reposición.

## 7. JUSTIFICACION

Aunque en el Meta y otros departamentos existan empresas y entidades encargadas del suministro eléctrico debido a problemas de acceso ya sea por dificultades geográficas, sociales y económicas no se ha podido suministrar red eléctrica a muchas personas en el país lo que ha generado dificultades de toda índole y aunque no es el principal motivo si hace parte de los causantes de que las personas emigren a las ciudades o pueblos más cercanos, abandonando o vendiendo sus tierras en busca de mayores comodidades, por eso con el suministro de energía a través de paneles solares se podría suministrar fluido eléctrico a unos costos accesibles para cualquier ente territorial y la mayoría de ciudadanos, la relación costo valor del servicio y los productos nos permiten captar la atención de la inversión pública y privada.



Imagen 1. Problemas para el acceso de energía. Fuente: propia.

Una comunidad con suministro eléctrico es más competitiva y productiva, cuentan con zonas más seguras, incentiva el turismo, mejora la condición de vida, y permite facilitar la integración de comunidades aisladas y apartadas.

Son cientos de familias que incluso en nuestro departamento se encuentran aisladas, lo que complica su condición de vida, y que debido a las complicaciones geográficas y la falta de carreteras se es imposible en estos momentos llevarles suministro eléctrico sin contar con el excesivo coste que implica llegar a cada usuario

De todos los sistemas alternativos de energía plantas por diésel, eólica, hidráulica y por biomasa, la energía adquirida por paneles solares o solar fotovoltaica tiene mayores beneficios económicos y de accesibilidad de instalación en cada usuario apartado sin generar dependencia facilitándole la administración adecuada y responsable del recurso, como hablamos de zonas rurales presentan un gran beneficio ambiental ya que no generan la contaminación procedente de las fuentes de energía fósiles.

## **8. MARCO TEORICO**

### **8.1. HISTORIA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

La historia de la energía solar fotovoltaica está marcada por un desarrollo lento pero constante. Descubierta el efecto fotovoltaico como fenómeno de difícil aplicación práctica, poco a poco los avances técnicos fueron permitiendo aprovecharlo más eficientemente hasta lograr que se convirtiera en una fuente de energía práctica y fiable. A inicios del Siglo XXI la energía solar fotovoltaica se presenta como una de las opciones con más futuro para liderar la revolución energética que se aproxima. Del descubrimiento del efecto fotovoltaico a la primera célula solar.

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés Alexandre Edmond Bequerel en 1838 cuando tenía sólo 19 años. Bequerel estaba experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino cuando comprobó que la corriente subía en uno de los electrodos cuando este se exponía al sol.

El siguiente paso se dio en 1873 cuando el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos. En este caso sobre el Selenio.

Pocos años más tarde, en 1877, El inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio.

Si bien en todos estos descubrimientos la cantidad de electricidad que se obtenía era muy reducida y quedaba descartada cualquier aplicación práctica, se demostraba la posibilidad de transformar la luz solar en electricidad por medio de elementos sólidos sin partes móviles.

La posibilidad de una aplicación práctica del fenómeno no llegó hasta 1953 cuando Gerald Pearson de Bell Laboratories, mientras experimentaba con las aplicaciones en la electrónica del silicio, fabricó casi accidentalmente una célula fotovoltaica basada en este material que resultaba mucho más eficiente que cualquiera hecha de selenio. A partir de este descubrimiento, otros dos científicos también de Bell, Daryl Chaplin y Calvin Fuller perfeccionaron este invento y produjeron células solares de silicio capaces de proporcionar suficiente energía eléctrica como para que pudiesen obtener aplicaciones prácticas de ellas. De esta manera empezaba la carrera de las placas fotovoltaicas como proveedoras de energía. De la búsqueda de aplicaciones a su empleo en los satélites espaciales

Pese a los avances técnicos alcanzados en el aumento del rendimiento de las células, los costos eran excesivamente altos y limitaban enormemente su aplicación práctica.

Mientras que en 1956 el coste del vatio de electricidad producido por centrales convencionales rondaba los 50 céntimos de dólar, el producido por paneles fotovoltaicos llegaba los 300 dólares lo que descartaba el uso de esta tecnología como suministrador de grandes cantidades de electricidad.

La demanda de paneles solares sólo venía de la industria juguetera, que los empleaba para suministrar potencia a pequeños artefactos como maquetas de aviones y coches, o de la industria electrónica, para aplicarlos en pequeños aparatos eléctricos sencillos como radios para la playa. Esta situación limitaba mucho el desarrollo de esta tecnología ya que eran muy reducidos los ingresos que se generaban haciéndose muy difícil destinar cantidades de dinero importantes a su desarrollo.

El 17 de Marzo de 1958, finalmente, se lanza el Vanguard I, el primer satélite alimentado con paneles solares fotovoltaicos. El satélite llevaba 0,1W en una superficie aproximada de 100 cm<sup>2</sup> para alimentar un transmisor de 5 mW. Si bien en este satélite los paneles solares eran solo la fuente de energía de respaldo,

acabaron por convertirse en la fuente principal cuando las baterías consideradas fuente de alimento principal se agotaron en tan sólo 20 días. El equipo estuvo operativo con esa configuración por 5 años.

La fiabilidad que habían demostrado los paneles solares fotovoltaicos propició su empleo sistemático en gran número de misiones espaciales y supuso un enorme impulso para la industria fotovoltaica. Sin lugar a dudas la carrera espacial tal como la conocemos no hubiera sido posible sin la existencia de los paneles solares fotovoltaicos. De igual manera se puede afirmar que el actual desarrollo de los paneles solares fotovoltaicos y su importante proyección de futuro hubieran sido muy difíciles sin el impulso que le dio la carrera espacial.

No sólo Estados Unidos utilizó esta tecnología, La Unión Soviética también empleó sistemáticamente los paneles solares fotovoltaicos para alimentar sus satélites.

Pese al gran éxito de la tecnología fotovoltaica en el espacio, el costo de los paneles solares seguía siendo demasiado alto para hacerlo competitivo en aplicaciones terrestres.

Esta situación cambió cuando a principios de los años 70 el Dr. Elliot Berman con la ayuda financiera de EXXON consiguió crear una célula solar mucho más barata que reducía el coste por vatio de 100 \$ a 20\$. Para ello empleo un silicio con un grado de pureza menor y unos materiales más baratos.

Esta importante rebaja de los costos cambio totalmente la situación e hizo posible que el empleo de paneles fotovoltaicos empezara a ser económicamente viable en instalaciones aisladas de la red eléctrica. Empezó a resultar más barato instalar células solares que trazar toda una línea de cableado o que realizar un mantenimiento periódico que cambiase las baterías gastadas por otras cargadas.

Las aplicaciones prácticas de la energía solar fotovoltaica empezaron entonces a multiplicarse: electricidad para la protección contra la corrosión de oleoductos y

gaseoductos, iluminación de boyas marinas y faros, repetidores de sistemas de telecomunicaciones, sistemas de iluminación en líneas férreas. Para todas estas finalidades, la instalación de paneles solares resultaba mucho más rentable económicamente y más eficiente en su labor.

Tal fue el impulso que esta tecnología recibió que en el año 1975 las aplicaciones terrestres habían ya superado a las espaciales.

Poco a poco, en las siguientes décadas, se fueron encontrando nuevas aplicaciones para la energía solar fotovoltaica que siguieron desarrollando el uso de esta tecnología.

En los años 70 del S XX, surgió la idea de potenciar las bombas de extracción de agua con paneles solares. De esta manera se hacía viable la obtención de agua de acuíferos en zonas rurales sin acceso a la electricidad. Esta aplicación se ha extendido enormemente por todo el mundo desde entonces, incluso en zonas electrificadas, y ha sido especialmente beneficioso en las zonas empobrecidas del planeta.

En la década de los 80 surgieron con fuerza las iniciativas para electrificar las sociedades de los países empobrecidos. En estas sociedades la electrificación no podía basarse en el modelo energético usado de los países enriquecidos de grandes centrales y un sistema de distribución. Resultaba excesivamente costoso instalar toda una red eléctrica en unas sociedades en las que gran parte de la población estaba distribuida de manera muy dispersa en asentamientos rurales. Por estas razones se optó por sistemas de generación eléctrica en el mismo lugar de consumo y entre ellos por los paneles solares fotovoltaicos.

Los paneles solares ofrecían grandes ventajas frente a otras opciones empleadas como los generadores de queroseno. Una vez comprado el panel ya no era necesario la adquisición cada poco tiempo de combustible para hacerlo funcionar lo que suponía un menor grado dependencia del exterior (las baterías seguía siendo necesario importarlas). Por otro lado buena parte de las sociedades

empobrecidas del planeta se encuentran en zonas tropicales y subtropicales con abundante y potente sol lo que facilita y favorece el empleo de la energía solar. Además los paneles se adaptan muy bien a unas demandas energéticas reducidas que se tiene en estas sociedades. Numerosos han sido los proyectos que se han llevado a cabo (y que se siguen llevando) en este sentido y muchas son las familias que disfrutan de electricidad solar en varios países empobrecidos del mundo

También a partir de los años 80 aparecen las primeras casas con electrificación fotovoltaica en los países desarrollados. Este concepto propone establecer un sistema de provisión de energía descentralizado en el que cada hogar se genera su propia energía en vez de establecer una gran central y un sistema de distribución de la misma.

En la década de los 90 y en los primeros años del S XXI las células fotovoltaicas han experimentado un continuo descenso en su coste junto con una ligera mejora de su eficiencia. Estos factores unidos al apoyo por parte de algunos gobiernos hacia esta tecnología han provocado un espectacular impulso de la electricidad solar en los últimos años.

Entre las medidas de apoyo al sector llevadas a cabo por algunos gobiernos, destacan las leyes de primas que obligan a las compañías de luz a comprar la electricidad fotovoltaica a una tarifa mucho más alta que la de la venta, lo que ayuda a rentabilizar la instalación en un periodo de tiempo pequeño. Esta medida se ha aplicado en España y Alemania, entre otros países, con un enorme éxito propiciando un importante despegue de este tipo de tecnología. Además las instalaciones de equipo fotovoltaico han contado con muchas subvenciones en diversos países y administraciones que financiaban una parte importante de los costos facilitando su adquisición.

El concepto de huerta solar también ha tenido un importante éxito. La huerta solar es la asociación de varios inversores en paneles solares que forman una central

generadora de energía compartiendo un mismo terreno y los diversos gastos (vigilancia, mantenimiento, conexión a la red, equipamiento etc...). Normalmente se llevan a cabo en países que subvencionan las tarifas de venta de este tipo de energía. Este concepto ha animado a muchos inversores que han visto en ella una fuente de ingreso fija y fiable invirtiéndose importantes cantidades de dinero en la generación eléctrica solar

Junto con las instalaciones de pequeño y mediano tamaño se han construido o se están construyendo grandes centrales fotovoltaicas. Destacan particularmente las instaladas en España y Portugal. En Amaraleja en el baixo alentejo (Portugal) está en proceso de construcción una central solar que contará con 64 MW de potencia una vez finalizada y que será la mayor del mundo. Muy próxima a su potencia encontramos la ya instalada en Olmedilla de 60 MW en Castilla la Mancha (España) que hasta la finalización de la portuguesa es la mayor del mundo. De 50 MW encontramos la central de Puertollano también en Castilla la Mancha en España.

En los últimos años, con la aparición de la tecnología de los paneles flexibles a precios asequibles, han proliferado también los gadgets solares destinados a recargar las baterías de numerosos artículos portátiles (teléfonos portátiles, cámaras de fotos, reproductores portátiles de música etc...). así como kits solares para electrificar las caravanas o barcos.

Ha sido tanta la expansión que ha tenido este sector que, en determinados momentos, incluso los fabricantes se han visto imposibilitados de aumentar su producción acorde a la demanda por escasear el silicio apto para los paneles solares.

En Colombia por otra parte la instalación de paneles solares se empieza a evidenciar a mayor escala ya sea para inversión pública o privada permitiendo el desarrollo de este tipo de proyectos a nivel nacional en especial para zonas apartadas.

## **9. MARCO LEGAL**

El proyecto está apoyado en la consulta de la legislación y normatividad vigente entre los cuales tenemos:

La comisión de regulación de energía y gas (CREG), son quienes establecen que el servicio de energía se preste al menor costo posible y con remuneración adecuada para la empresa que presta el servicio de administración operación y mantenimiento adecuado. De acuerdo al Artículo 2 de la Resolución No 072 de 2013 podemos determinar el valor máximo permitido por Wp al mes.

El uso racional de energía (URE) se reglamenta a través de la ley 697 de Octubre 3 del 2001 en el decreto nacional 3683 de 2003 que permite fomentar el uso racional y eficiente de la energía como de promover la utilización de energías alternativas como de también establecer las normas e infraestructura necesaria con el fin de generar un desarrollo sostenible.

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas, RETIE, creado con el decreto 18039 de 2004 del ministerio de minas y energía, reglamenta y establece medidas que garanticen la seguridad y vida de las personas, animales y vegetales, eliminando o previniendo el riesgo eléctrico. Tanto equipos como personal deben certificarse por esta normatividad.

En el literal f del artículo 3º de la Ley 143 de 1994, establece que le corresponde al Estado alcanzar una cobertura en los servicios de electricidad a las diferentes regiones y sectores del país, que garantice la satisfacción de las necesidades

básicas de los usuarios de los estratos 1, 2 y 3 y los de menores recursos del área rural, a través de los diversos agentes públicos y privados que presten el servicio

## 10. MARCO GEOGRAFICO

El proyecto se encuentra enfocado para zonas apartadas que no cuenten con interconexión eléctrica, para la cual el municipio de Mapiripán solo cuenta con energía a través de plantas de diésel, y debido a que no cuentan con la infraestructura eléctrica y el difícil acceso la solución del sistema solar Fotovoltaico es la más viable para brindar la instalación y el servicio.



Imagen 2. Mapa del departamento del Meta con municipios. Fuente: <https://tierracolombiana.org/municipios-de-meta/>

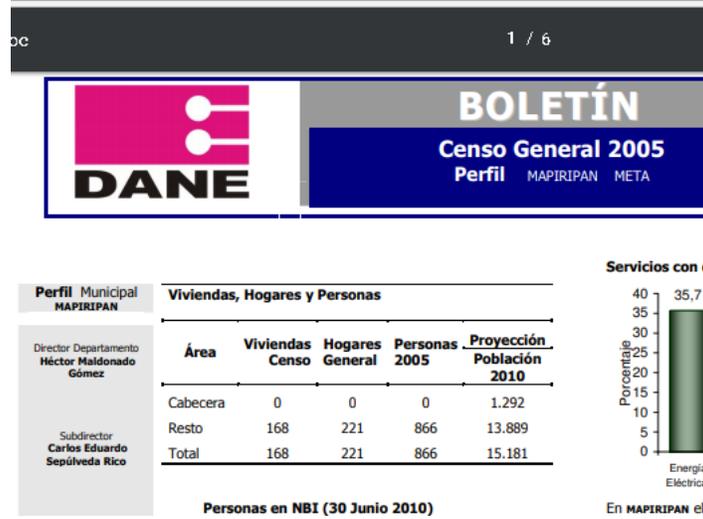


Imagen 3. Censo poblacional Mapiripán 2005 DANE, Fuente: [https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL\\_PDF\\_CG2005/50325T7T000.PDF](https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/50325T7T000.PDF).

Según el censo del DANE del 2010 cuenta con una población de 15181 personas de las cuales 1292 viven en cabecera y el resto en la zona rural, para la cual podremos encontrar 100 usuarios que requieran de servicio SFV, como es una zona de difícil acceso se requiere de transporte fluvial y terrestre para poder llegar a los usuarios.

## 11. MARCO CONCEPTUAL

### 11.1. DIAGRAMA DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN Y DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO



Imagen 4. Diagrama Instalación y suministro del sistema fotovoltaico (fuente de elaboración propia).

Administración: Corresponde a la aplicación del conocimiento, herramientas y habilidades para que un proyecto sea realizado efectiva y eficientemente.

Utilidad: puede entenderse como la ganancia que se espera.

Búsqueda y selección de proveedor: Para el proyecto es indispensable buscar varias ofertas que cumplan con las especificaciones técnicas y presupuestales del

Compra de equipos e inversión: Luego de seleccionar el proveedor y sus productos es necesario realizar el proceso de compra.

Tiempo de espera y traslado de equipos: Al realizar la compra un producto existen unos tiempos de espera y traslado que corresponden a 2 meses.

Instalación de sistemas fotovoltaicos: Se proyecta una instalación de 100 sistemas fotovoltaicos.

Pruebas y entrega: Luego de cualquier instalación es necesario realizar las pruebas y verificaciones necesarias para poder realizar una entrega formal en la que estén de acuerdo ambas partes cliente final y proveedores.

## 11.2. DIAGRAMA DEL PROCESO DEL SISTEMA DE GENERACION Y EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

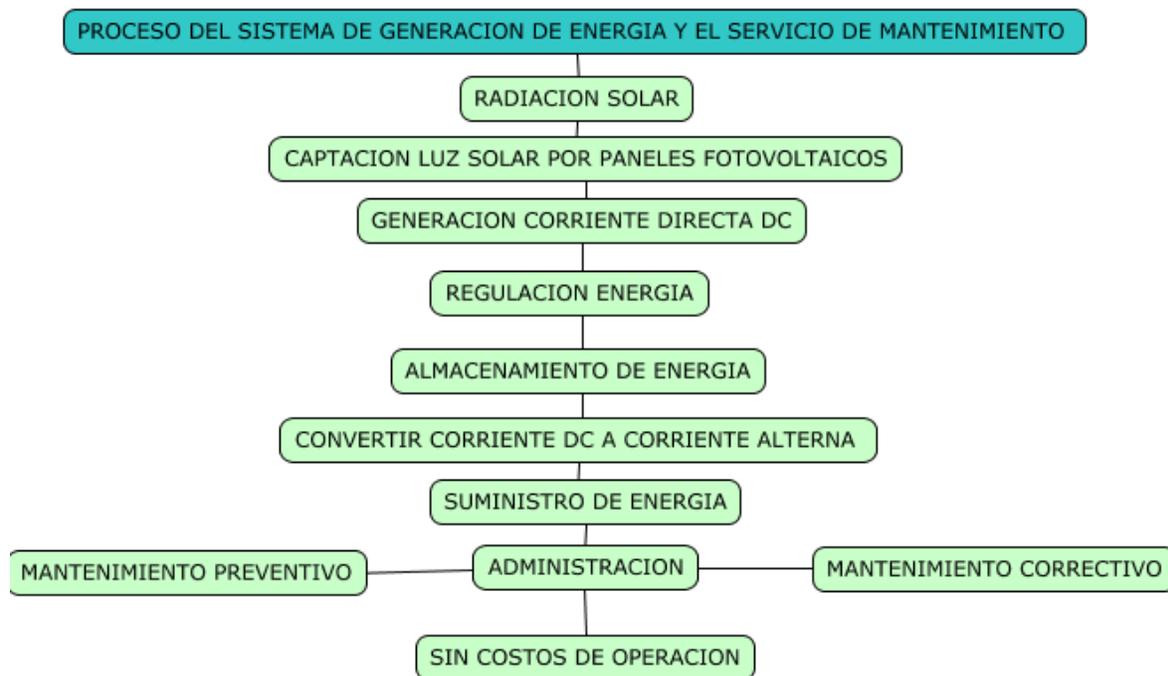


Imagen 5. Diagrama del proceso del sistema de generación del servicio de energía y su mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Radiación solar: Fuente de energía proveniente del sol, que estimula los paneles solares.

Captación solar por paneles fotovoltaicos: Al estimular los paneles con la radiación solar se retiene energía.

Generación de corriente directa DC: La radiación solar es convertida en energía a través de los paneles.

Regulación energía: Debido a que los equipos tanto del sistema fotovoltaico como del usuario es necesaria la regulación para garantizar la seguridad de los equipos.

Almacenamiento de energía: Las baterías hacen el papel fundamental de almacenar para luego poderla suministrar a otros equipos,

Convertir corriente directa (DC) a corriente alterna (AC): debido que los equipos electrónicos no trabajan con corriente directa es necesario a través de un inversor.

Suministro de energía: La energía proviene de una fuente renovable, disponible para los equipos de los diferentes usuarios.

Administración: Corresponde a la aplicación del conocimiento, herramientas y habilidades para que se pueda ofrecer un servicio eficaz y eficiente.

Mantenimiento preventivo: Toda instalación requiere un mantenimiento preventivo con el fin de garantizar el funcionamiento continuo y garantizar un periodo de vida de los equipos adecuado.

Mantenimiento correctivo: Todos los equipos tienen un periodo de vida útil que al finalizar deben reemplazaren para que el sistema fotovoltaico siga prestando el servicio de energía en un periodo de 25 años.

Sin costos de operación: Debido a que el sistema solar fotovoltaico ofrece una solución apartada, no requiere costos de operación.

## 12. ESTUDIO DE MERCADO

### 12.1. ESTUDIO DE LA DEMANDA

#### Descripción del bien o servicio

El proyecto se encuentra enfocado en dos etapas:

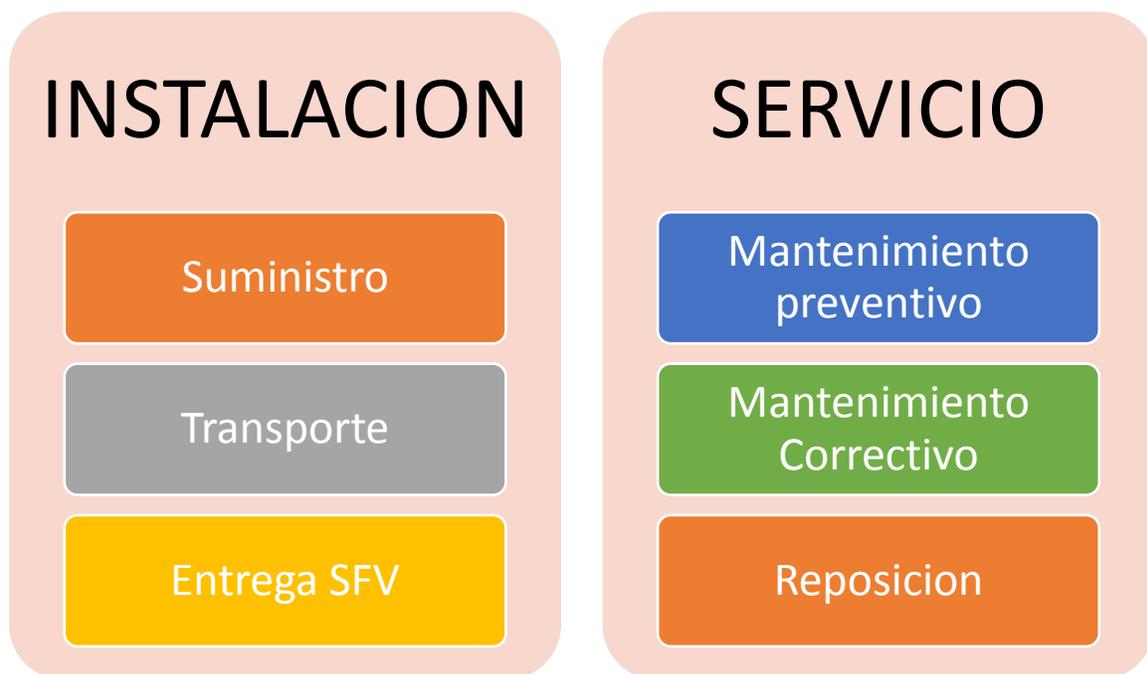


Imagen 6. Etapas del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

La primera etapa del proyecto consiste en el suministro, transporte e instalación del Sistema Fotovoltaico, para el cual se necesitan 3 paneles de 250Wp, 2 bancos de baterías, 1 regulador, 1 inversor, 1 soporte a piso, el sistema puesta a tierra, 1 tablero eléctrico, las conexiones y protecciones. Esta etapa tiene un periodo de 4 meses, en las cuales se realizara la compra, transporte y entrega de 100 SFV.

Para poder garantizar el funcionamiento efectivo de los SFV, es necesario que los equipos cuenten con mantenimiento preventivo y correctivo, debido a que la falta de mantenimiento puede acortar la vida útil de los equipos, además de esto cada equipo tiene una vida útil por lo que su cambio e instalación sería una carga económica muy compleja para el usuario, teniendo en cuenta esto se tiene una segunda etapa del proyecto que se encargara de cobrar una mensualidad con el fin de garantizar el servicio en un periodo de 25 años, dicha mensualidad le permitirá acceder al usuario a tener mantenimiento preventivo, correctivo e incluso reposición por fallas normales de los equipos, de esta manera garantizaremos que la inversión del usuario en la primera etapa le brinde el servicio constante a corto, mediano y largo plazo.

### **Análisis del entorno**

El proyecto se enfoca en comunidades con dificultades de acceso, por lo que seleccionamos el municipio de Mapiripán, en el cual los habitantes requieren de suministro eléctrico pero debido a la falta de infraestructura eléctrica y vial no es posible que se realicen interconexiones eléctricas, por lo cual se requiere de otro tipo de soluciones de energía, actualmente algunos habitantes tienen acceso al servicio de energía a través de plantas de diésel, la cual no es accesible para toda la comunidad. Las familias no habitan en localidades cercanas lo que dificulta aún más la interconexión, los SFV permiten brindar el servicio de energía independientemente lo que facilita la instalación y el suministro eléctrico constante, esta alternativa puede considerarse como la única viable y el estado no tiene proyectada la interconexión de redes eléctricas ni a corto, mediano y largo plazo debido a los altos costos que tendría que invertir la nación y el operador de red.

## Segmentación del mercado

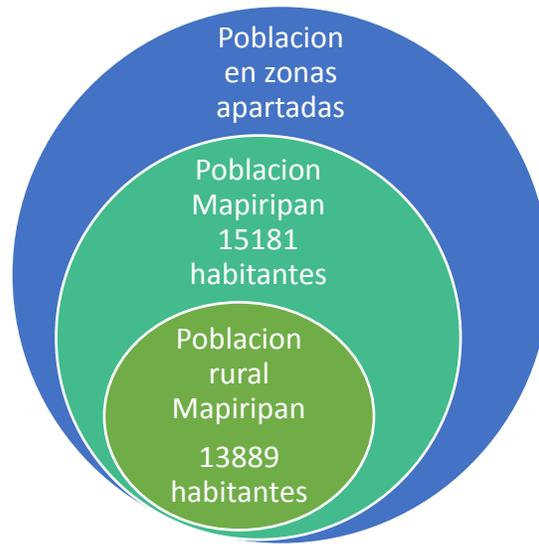


Imagen 7. Segmentación del mercado. Fuente: Elaboración propia

El proyecto va dirigido para las poblaciones en zonas apartadas donde no se tiene interconexión eléctrica y existen usuarios potenciales necesitando el servicio de energía, y llevan décadas esperando alguna solución factible para sus comunidades, aunque en Colombia existan muchas comunidades sin el servicio, se tomara como población objetivo los habitantes de la zona rural de Mapiripán, para que no existan perdidas es necesario trabajar con al menos 100 familias, según el censo del 2005, existe un total de 13889 habitantes en la zona rural que pueden garantizar la demanda necesaria.

### 12.2. ESTUDIO DE LA OFERTA

Este proyecto es para que lo ejecute el operador de red, lo que evita pensar en competidores, e incluso si algún proveedor diferente quisiera buscar nuestra población objetivo no le sería viable debido a los altos costes de la instalación, el mantenimiento y el cumplimiento de garantías, sin contar que las personas no podrían cumplir con los mantenimientos de los equipos, gracias a que el proyecto abarca tanto la instalación con el servicio de mantenimiento preventivo, correctivo

y de reposición le garantiza a los usuarios que estos cuenten con servicio constante y cuenten con los cuidados necesarios de los equipos.

No se puede pensar en interconexión eléctrica, debido a las dificultades de la zona, las plantas de diésel son una alternativa que es costosa y contaminante, la energía eólica sería el único medio de competencia pero esta alternativa está más enfocada en zonas cerca del mar u desiertos donde existen corrientes de viento significativas, en si la solución Solar Foto Voltaica es la más efectiva ya que mínimo al día tenemos 4 días de sol en promedio que le permitirá a cada persona disfrutar del servicio de energía en su hogar.

### **12.3. ALIANZAS ESTRATEGICAS**

Como es un proyecto enfocado para una comunidad necesitada de un servicio básico, se puede pensar en tener alianzas estratégicas con los entes territoriales y el operador de Red eléctrica, quien se encargara de ejecutar el proyecto.

También se debe crear un vínculo fuerte con el proveedor y transportador de los equipos y suministros, quien deberá actuar con el proveedor de red de manera sincronizada para así lograr cumplirles a las familias que necesitan del servicio. Para la propuesta se buscaron varios proveedores y se escogió la mejor oferta que cumpla con los requisitos necesarios, certificaciones de sus equipos, precio y tiempos de entrega.

### 13. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Para la ejecución del proyecto que debe estar a cargo del operador de Red de la región, se requiere del apoyo como mínimo de la siguiente estructura organizacional que es la que se encarga principalmente de estas actividades.



Imagen 8. Estructura organizacional. Fuente: Elaboración propia

### **13.1. INGENIERO DIRECTOR DE PROYECTO**

Profesional en el área de Ingeniería Eléctrica o Electricista con experiencia profesional mínima de ocho (8) años y experiencia específica de dos (2) años como Director de Proyectos en la construcción de infraestructura fotovoltaica, debidamente certificado.

#### **Perfil:**

- Plenas facultades en la toma de decisión en todos los aspectos operativos, administrativos, medioambientales, de prevención de riesgo y demás, que se relacionará para el desempeño de sus funciones.
- Capacidad de liderazgo y requerirá de una experiencia en: Administración y dirección de proyectos en el sector eléctrico, Interventoría y supervisión de obras, Planeación y coordinación de actividades, Manejo de almacén e inventarios, Manejo de recurso humano, Conocimientos de la regulación del sector eléctrico, Conocimientos en las normas de diseño y construcción de instalaciones eléctricas, Conocimientos en prevención de riesgos eléctricos, Manejo de Windows, Microsoft Office e Internet.

### **13.2. PROFESIONAL DE HSEQ**

Profesional con licencia en Salud Ocupacional y seguridad en el trabajo con mínimo tres (3) años de experiencia en proyectos en la construcción de infraestructura fotovoltaica, debidamente certificado.

#### **Perfil:**

- Realizar inspecciones periódicas a los frentes de trabajo en todas las zonas operativas de influencia del proyecto, las que harán parte de los informes que se deben realizar.

- Llevar el consolidado de inspecciones al día, archivo de inspecciones al día, control a las acciones resultado de las inspecciones.
- Llevar control sobre el archivo de HSEQ.
- Ejecutar el desarrollo efectivo del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo (SG-SST)
- Realizar ejecución de actividades del plan de emergencias de la empresa.
- Debe poseer entre otras las siguientes habilidades y responsabilidades: Actualización en legislación de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, Entrenamiento en respuestas a emergencias, Investigación de accidentes, Primeros Auxilios, Elaboración de matriz de riesgos, Manejo de inspecciones, Conocer y realizar seguimiento a la matriz de riesgos del proyecto en ejecución, implementar la divulgación de la matriz de riesgos a todo el personal, Conocer y realizar seguimiento a los controles definidos en la matriz de riesgos del proyecto, Conocer la matriz de aspectos e impactos del proyecto, implementar la divulgación y actualización de la matriz de aspectos e impactos a todo el personal, Conocer e implementar seguimiento a los controles definidos en la matriz de aspectos e impactos del proyecto en ejecución, Conocer e implementar la ejecución del plan de HSEQ de acuerdo con las necesidades, Conocer y realizar las inspecciones programadas del proyecto en ejecución.

### **13.3. INGENIERO RESIDENTE OPERATIVO**

Profesional en el área de Ingeniería Eléctrica o Electricista con experiencia profesional mínima de cinco (5) años y experiencia específica de un (1) año como Residente de Proyectos en la construcción de infraestructura fotovoltaica, debidamente certificado.

**Perfil:**

- Conocimientos necesarios y suficientes en operación y mantenimiento de sistemas de distribución, con facultades de decisión en todos los aspectos operativos, administrativos, medioambientales, de prevención de riesgo y demás.
- Programación de obras, con especial habilidad para asignar recursos técnicos y humanos, además de reconocer rutas críticas en la ejecución de los proyectos.
- Análisis y evaluación de programas y acciones para la corrección y prevención de fallas en el sistema de distribución.
- Preparación de informes, documentos, estadísticas y reportes Interpretación de planos
- Ejecución de pruebas a equipos respetando las normas nacionales e internacionales.
- Administración de personal.
- Prevención de riesgos, en especial en riesgos eléctricos.
- Manejo de Windows, Microsoft Office e Internet.

**13.4. SUPERVISOR DE OBRA**

Técnico electricista matriculados en el CONTE, con tarjeta profesional y con experiencia en sistemas fotovoltaicos.

**Perfil:**

Debe poseer habilidades acreditadas para: Lectura e interpretación de planos eléctricos, Manejo y administración de personal, Amplio conocimiento de riesgos eléctricos y su prevención, Amplio conocimiento de riesgos eléctricos y prevención de riesgos, Curso de primeros auxilios.

### **13.5. TÉCNICOS ELECTRICISTAS**

Matriculados en el CONTE, con tarjeta profesional y con experiencia en sistemas fotovoltaicos. La experiencia mínima para cada técnico debe ser de 1 (un) año en ejecución, de proyectos de sistemas fotovoltaicos, debidamente certificados.

#### **Perfil:**

Técnicos electricistas con las siguientes acreditaciones:

- Licencia de Conducir, clase mínimo de categoría 4 con experiencia en manejo de vehículos tipo camioneta.
- Conocimientos en redes y equipos de media y baja tensión.
- Conocimiento en operación de equipos de media y baja tensión.
- Amplio conocimiento de riesgos eléctricos y prevención de riesgos.
- Curso de primeros auxilios.

## 14. ESTUDIO TECNICO

### 14.1. COMPOSICION DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (SFV)

El sistema solar fotovoltaico diseñado para una vivienda rural dispersa en el Departamento del Meta, consta de los siguientes elementos:

#### 14.1.1. Paneles

Se instarán tres (3) módulos solares fotovoltaicos policristalinos de 250 W de potencia pico cada uno, conectados en serie. Las especificaciones técnicas de cada módulo solar fotovoltaico de silicio policristalino son:

- Potencia máxima: 250 W
- Tensión a potencia máxima: 30.3 V
- Tensión de circuitos abierto: 38 V
- Corriente a potencia máxima: 8.25 A
- Corriente de corto circuito: 8.79 A
- Coeficiente de temperatura de tensión de circuito abierto:  $-0.32\% / ^\circ\text{C}$
- Coeficiente de temperatura de tensión máxima:  $-0.4\% / ^\circ\text{C}$
- Coeficiente de temperatura de intensidad de cortocircuito:  $0.05\% / ^\circ\text{C}$
- Eficiencia del módulo: 15.3%

Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.



Imagen 9. Panel solar policristalino. Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co>

#### 14.1.2. Banco de baterías

Se instalarán dos (2) baterías estacionarias de ácido - plomo tipo VRLA con electrolito en Gel, selladas, libres de mantenimiento, de 200 Ah - 12 V cada una, conectadas en serie. Las baterías irán albergadas en una caja plástica. Las baterías almacenan la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.



Imagen 10. Batería 200 Ah – 12V. Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co>

#### 14.1.3. Regulador

Se instalará un (1) regulador o controlador MPPT de 24V -40 A con display LCD, con las siguientes especificaciones técnicas:

- Tensión máxima de entrada: 145 V
- Rango de Tensión de entrada (MPPT): 32 - 130 V
- Tensión de salida: 24 V
- Corriente de carga de la batería: 40 A

El regulador regula la carga y descarga de la batería para garantizar un uso adecuado y la vida útil de la batería.



Imagen 11. Regulador 40A – 24V. Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co>

#### 14.1.4. Inversor

Se instalará un (1) inversor de 1000W de potencia, 24V/120 V, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD. El inversor transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.



Imagen 12. Inversor 1000W 24/120V. Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co>.

#### 14.1.5. Estructura de soporte de los paneles

Se instalará una estructura con cuatro (4) postes plásticos de 9" x 9" x 4 metros cada uno y tubos metálicos rectangulares de 3" x 1,5" calibre 18 como correas, para soportar los tres (3) módulos solares fotovoltaicos a instalar. Los postes serán cimentados.



Imagen 13. Soporte paneles a piso. Fuente: <https://www.mapsacatalogo.com>.

#### 14.1.6. Puesta a tierra

Se instalará un sistema de puesta a tierra para el sistema solar fotovoltaico con una varilla de cobre de 5/8" x 2,4 metros de acuerdo a lo establecido en el RETIE.

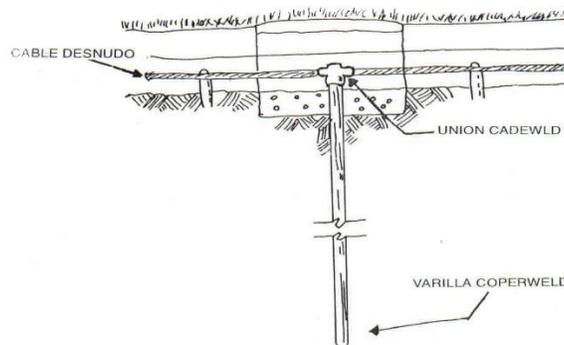


Imagen 14. Sistema puesta a tierra. Fuente: [www.geocities.ws/lofl3k/tierras](http://www.geocities.ws/lofl3k/tierras)

#### 14.1.7. Tablero de conexiones y protecciones

Se instalará un tablero metálico para albergar el regulador, el inversor, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado.

### 14.2. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Para cada ítem es necesario desglosar sus costos según los materiales, equipos y herramientas, transporte y mano de obra.

#### 14.2.1. Suministro, transporte e instalación de los 3 paneles solares

- Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Módulo Solar policristalino de 250 Wp	UN	3	265.876	797.627

Tabla 1. Valor modulo solar

- Equipo y herramienta

Descripción	Tipo	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	25.000	0,4	62.500

Tabla 2. Valor herramienta modulo solar

- Transporte

Descripción	Unidad	Peso	Tarifa / Kg	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá - Mapiripán	KG	75	600	45.000
Transporte fluvial a desembarcaderos	KG	75	200	15.000
Transporte terrestre desembarcaderos al sitio en tractor	KG	75	300	22.500
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>82.500</b>

Tabla 3. Valor transporte modulo solar

- Mano de obra

Descripción	Jornal	Fac. Pres.	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	50.000	1,70	0,4	212.500
Electricista	45.000	1,70	0,4	191.250
Ayudante	25.000	1,70	0,4	106.250
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>510.000</b>

Tabla 4. Valor Mano de obra instalación modulo solar

#### 14.2.2. Suministro, transporte e instalación de baterías

- Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Caja plástica para albergar baterías	UN	1	158.750	158.750
Batería estacionaria (Solar) VRLA Gel 200 Ah - 12 VDC	UN	2	599.524	1.199.048
Terminales para batería	UN	4	3.000	12.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>1.369.798</b>

Tabla 5. Valor baterías

- Equipo y herramienta

Descripción	Tipo	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	25.000	0,5	8.333

Tabla 6. Valor herramienta baterías

- Transporte

Descripción	Unidad	Peso	Tarifa / Kg	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá - Mapiripán	KG	150	600	90.000
Transporte fluvial a desembarcaderos	KG	150	200	30.000
Transporte terrestre desembarcaderos al sitio en tractor	KG	150	300	45.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>165.000</b>

Tabla 7. Valor transporte baterías

- Mano de obra

Descripción	Jornal	Fac. Pres.	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	50.000	1,70	0,5	170.000
Electricista	45.000	1,70	0,5	153.000
Ayudante	25.000	1,70	0,5	85.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>408.000</b>

Tabla 8. Valor mano de obra instalación baterías

#### 14.2.3. Suministro, transporte e instalación de Regulador

- Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Regulador MPPT (Controlador) de 24 VDC - 40 Amp.	UN	1	233.144	233.144

Tabla 9. Valor Regulador

- Equipo y herramienta

Descripción	Tipo	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	25.000	3	8.333

Tabla 10. Valor herramienta regulador

- Transporte

Descripción	Unidad	Peso	Tarifa / Kg	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá - Mapiripán	KG	5	600	3.000
Transporte fluvial a desembarcaderos	KG	5	200	1.000
Transporte terrestre desembarcaderos al sitio en tractor	KG	5	300	1.500
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>5.500</b>

Tabla 11. Valor transporte regulador

- Mano de obra

Descripción	Jornal	Fac. Pres.	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	50.000	1,70	3	28.333
Electricista	45.000	1,70	3	25.500
Ayudante	25.000	1,70	3	14.167
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>68.000</b>

Tabla 12. Valor mano de obra instalación regulador.

#### 14.2.4. Suministro, transporte e instalación de Inversor

- Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Inversor de 1000 W, 24 VDC - 120 VAC, 60 Hz, onda senoidal pura	UN	1	358.459	358.459

Tabla 13. Valor inversor.

- Equipo y herramienta

Descripción	Tipo	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	25.000	2	12.500

Tabla 14. Valor herramientas inversor.

- Transporte

Descripción	Unidad	Peso	Tarifa / Kg	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá - Mapiripán	KG	20	600	12.000
Transporte fluvial a desembarcaderos	KG	20	200	4.000
Transporte terrestre desembarcaderos al sitio en tractor	KG	20	300	6.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>22.000</b>

Tabla 15. Valor transporte inversor.

- Mano de obra

Descripción	Jornal	Fac. Pres.	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	50.000	1,70	2	42.500
Electricista	45.000	1,70	2	38.250
Ayudante	25.000	1,70	2	21.250
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>102.000</b>

Tabla 16. Valor mano de obra instalación inversor

#### 14.2.5. Suministro, transporte e instalación de soporte para módulos SFV

- Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Tubo metálico cuadrado de 75 x 75 mm., calibre 3 mm.	ML	4	41.000	164.000
Angulo metálico en L de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"	ML	6	21.000	126.000
Angulo metálico en L de 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"	ML	9	15.000	135.000
Platina metálica de 20 x 20 cm. X 1/4"	UN	2	19.350	38.700
Soldadura	KG	10	12.000	120.000
Anticorrosivo gris	GAL	0,4	49.000	19.600
Esmalte color gris	GAL	0,4	49.000	19.600
Concreto	M3	0,088	400.000	35.200
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>658.100</b>

Tabla 17. Valor materiales soporte

- Equipo y herramienta

Descripción	Tipo	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	25.000	0,7	35.714

Tabla 18. Valor herramienta soportes

- Transporte

Descripción	Unidad	Peso	Tarifa / Kg	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá - Mapiripán	KG	150	600	90.000
Transporte fluvial a desembarcaderos	KG	150	200	30.000
Transporte terrestre desembarcaderos al sitio en tractor	KG	150	300	45.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>165.000</b>

Tabla 19. Valor transporte soporte

- Mano de obra

Descripción	Jornal	Fac. Pres.	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	50.000	1,70	0,7	121.429
Electricista	45.000	1,70	0,7	109.286
Ayudante	25.000	1,70	0,7	60.714
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>291.429</b>

Tabla 20. Valor mano de obra instalación soporte.

#### 14.2.6. Suministro, transporte e instalación de sistema puesta a tierra

- Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Varilla de cobre de 5/8" x 2.4 m.	UN	1	114.720	114.720
Cable de cobre desnudo N° 4	ML	16	6.360	101.760
Soldadura exotermica 115 gr.	UN	1	18.000	18.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>234.480</b>

Tabla 21. Valores materiales SPT

- Equipo y herramienta

Descripción	Tipo	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	25.000	6	4.167
Molde para soldadura	UN	100.000	10	10.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>14.167</b>

Tabla 22. Valor herramienta SPT

- Transporte

Descripción	Unidad	Peso	Tarifa / Kg	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá - Mapiripán	KG	15	600	9.000
Transporte fluvial a desembarcaderos	KG	15	200	3.000
Transporte terrestre desembarcaderos al sitio en tractor	KG	15	300	4.500
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>16.500</b>

Tabla 23. Valor Transporte SPT.

- Mano de obra

Descripción	Jornal	Fac. Pres.	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	50.000	1,70	6	14.167
Electricista	45.000	1,70	6	12.750
Ayudante	25.000	1,70	6	7.083
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>34.000</b>

Tabla 24. Valor mano de obra SPT.

#### 14.2.7. Suministro, transporte e instalación tablero eléctrico, cableado, conexiones y protecciones

- Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Cable de cobre encauchetado 2 x Nº 12	ML	6	3.000	18.000
Cable de cobre encauchetado 3 x Nº 12	ML	2	4.000	8.000
Cable de cobre encauchetado 2 x Nº 8	ML	28	6.500	182.000
Tubo conduit metalico EMT 1/2"	ML	8	3.860	30.880
Curva conduit metalica EMT 1/2"	UN	1	1.200	1.200
Accesorios fijacion tuberia EMT a muro	GL	1	3.300	3.300
Terminal de cobre Nº 12	UN	6	720	4.320
Terminal de cobre Nº 8	UN	4	1.080	4.320
Tablero metálico uso interior para albergar regulador, inversor, protecciones y conexiones DC / AC de 130 x 80 x 30 cm.	UN	1	1.050.000	1.050.000
Interruptor termomagnético 2 x 16 A, 220 VDC - 10 KA	UN	1	50.280	50.280
Interruptor termomagnético 2 x 40 A, 120 VDC - 10 KA	UN	3	64.450	193.350
Interruptor termomagnético 1 x 10 A, 120 VAC - 10 KA	UN	1	13.000	13.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>1.558.650</b>

Tabla 25. Valor materiales tablero, conexiones y protecciones.

- Equipo y herramienta

Descripción	Tipo	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	25.000	1	25.000

Tabla 26. Valor herramienta tablero, conexiones y protecciones.

- Transporte

Descripción	Unidad	Peso	Tarifa / Kg	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá - Mapiripán	KG	80	600	48.000
Transporte fluvial a desembarcaderos	KG	80	200	16.000
Transporte terrestre desembarcaderos al sitio en tractor	KG	80	300	24.000
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>88.000</b>

Tabla 27. Valor transporte tablero, conexiones y protecciones.

- Mano de obra

Descripción	Jornal	Fac. Pres.	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	50.000	1,70	1	85.000
Electricista	45.000	1,70	1	76.500
Ayudante	25.000	1,70	1	42.500
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>204.000</b>

Tabla 28. Valor mano de obra instalación tablero, conexiones y protecciones.

### 14.3. PRECIO UNITARIO POR SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

En la siguiente tabla podemos observar el total de los costos por SFV

ITEM	DESCRIPCION	UNIDA D	CANTIDA D	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
1	Suministro, transporte e instalación de juego de tres (3) módulos solares policristalinos de 250 Wp cada uno	JG	1	\$ 1.452.627,25	\$ 1.452.627,25
2	Suministro, transporte e instalación de juego de dos (2) baterías estacionarias (Solares) VRLA Gel de 200 Ah - 12 VDC cada una	JG	1	\$ 1.951.130,50	\$ 1.951.130,50
3	Suministro, transporte e instalación de regulador MPPT (controlador) de 24 VDC - 40 Amp.	UN	1	\$ 314.977,00	\$ 314.977,00
4	Suministro, transporte e instalación de inversor de 1000 W, 24 VDC - 120 VAC, 60 Hz, onda senoidal pura	UN	1	\$ 494.958,90	\$ 494.958,90
5	Suministro, transporte e instalación de estructura para soportar juego de tres (3) módulos	UN	1	\$ 1.150.243,00	\$ 1.150.243,00
6	Suministro, transporte e instalación de puesta a tierra	UN	1	\$ 299.147,00	\$ 299.147,00
7	Suministro, transporte e instalación de materiales eléctricos de interconexión y protecciones SFV	UN	1	\$ 1.875.650,00	\$ 1.875.650,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>\$ 7.538.733,65</b>

Tabla 29. Costos totales por SFV.

En resumen por SFV por el suministro transporte e instalación tenemos

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO DIRECTO				
				MATERIALES	EQ. & HERRAM.	TRANSPORTE	MANO DE OBRA	VR. UNITARIO
1	Suministro, transporte e instalación de juego de tres (3) módulos solares policristalinos de 250 Wp cada uno	JG	100	\$ 797.627,25	\$ 62.500,00	\$ 82.500,00	\$ 510.000,00	\$ 1.452.627,25
2	Suministro, transporte e instalación de juego de dos (2) baterías estacionarias (Solares) VRLA Gel de 200 Ah - 12 VDC cada una	JG	100	\$ 1.369.797,50	\$ 8.333,00	\$ 165.000,00	\$ 408.000,00	\$ 1.951.130,50
3	Suministro, transporte e instalación de regulador MPPT (controlador) de 24 VDC - 40 Amp.	UN	100	\$ 233.144,00	\$ 8.333,00	\$ 5.500,00	\$ 68.000,00	\$ 314.977,00
4	Suministro, transporte e instalación de inversor de 1000 W, 24 VDC - 120 VAC, 60 Hz, onda senoidal pura	UN	100	\$ 358.458,90	\$ 12.500,00	\$ 22.000,00	\$ 102.000,00	\$ 494.958,90
5	Suministro, transporte e instalación de estructura para soportar juego de tres (3) módulos	UN	100	\$ 658.100,00	\$ 35.714,00	\$ 165.000,00	\$ 291.429,00	\$ 1.150.243,00
6	Suministro, transporte e instalación de puesta a tierra	UN	100	\$ 234.480,00	\$ 14.167,00	\$ 16.500,00	\$ 34.000,00	\$ 299.147,00
7	Suministro, transporte e instalación de materiales eléctricos de interconexión y protecciones SFV	UN	100	\$ 1.558.650,00	\$ 25.000,00	\$ 88.000,00	\$ 204.000,00	\$ 1.875.650,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>								
ADMINISTRACIÓN								8%
IMPREVISTOS								2%
UTILIDAD								5%
TOTAL COSTO INDIRECTOS								15%
<b>VALOR CONSTRUCCIÓN PROYECTO (TOTAL COSTOS DIRECTOS + TOTAL COSTOS INDIRECTOS)</b>								

Tabla 30. Resumen Costos por SFV parte 1.

VALOR PARCIAL				
MATERIALES	EQ. & HERRAM.	TRANSPORTE	MANO DE OBRA	VR. PARCIAL
\$ 79.762.725,00	\$ 6.250.000,00	\$ 8.250.000,00	\$ 51.000.000,00	\$ 145.262.725,00
\$ 136.979.750,00	\$ 833.300,00	\$ 16.500.000,00	\$ 40.800.000,00	\$ 195.113.050,00
\$ 23.314.400,00	\$ 833.300,00	\$ 550.000,00	\$ 6.800.000,00	\$ 31.497.700,00
\$ 35.845.890,00	\$ 1.250.000,00	\$ 2.200.000,00	\$ 10.200.000,00	\$ 49.495.890,00
\$ 65.810.000,00	\$ 3.571.400,00	\$ 16.500.000,00	\$ 29.142.900,00	\$ 115.024.300,00
\$ 23.448.000,00	\$ 1.416.700,00	\$ 1.650.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 29.914.700,00
\$ 155.865.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 8.800.000,00	\$ 20.400.000,00	\$ 187.565.000,00
<b>\$ 521.025.765,00</b>	<b>\$ 16.654.700,00</b>	<b>\$ 54.450.000,00</b>	<b>\$ 161.742.900,00</b>	<b>\$ 753.873.365,00</b>
\$ 41.682.061,20	\$ 1.332.376,00	\$ 4.356.000,00	\$ 12.939.432,00	\$ 60.309.869,20
\$ 10.420.515,30	\$ 333.094,00	\$ 1.089.000,00	\$ 3.234.858,00	\$ 15.077.467,30
\$ 26.051.288,25	\$ 832.735,00	\$ 2.722.500,00	\$ 8.087.145,00	\$ 37.693.668,25
\$ 78.153.864,75	\$ 2.498.205,00	\$ 8.167.500,00	\$ 24.261.435,00	\$ 113.081.004,75
\$ 599.179.629,75	\$ 19.152.905,00	\$ 62.617.500,00	\$ 186.004.335,00	\$ 866.954.369,75

Tabla 31. Resumen Costos por SFV parte 2.

Para cada ítem, se reserva un porcentaje para la administración, imprevistos y utilidad, para la administración se reservó un porcentaje del 8%, para imprevistos un porcentaje del 2%, para la utilidad se asignó del 5%.

ADMINISTRACIÓN	8%	\$	603.098,69
IMPREVISTOS	2%	\$	150.774,67
UTILIDAD	5%	\$	376.936,68
TOTAL COSTO INDIRECTOS	15%	\$	1.130.810,05
VALOR CONSTRUCCIÓN PROYECTO (TOTAL COSTOS DIRECTOS + TOTAL COSTOS INDIRECTOS)		\$	8.669.543,70

Tabla 32. Costos de administración, imprevistos y utilidad por SFV.

Para 100 SFV tenemos reservado para la administración un total de \$60.309.869, para imprevistos \$15.077.467 y la utilidad de \$37.693.668, teniendo en cuenta que los imprevistos pueden ser menores o nulos estos valores pueden ser parte de la utilidad.

DESCRIPCION	VALOR POR SFV	VALOR TOTAL
ADMINISTRACIÓN	\$ 603.098,69	\$ 60.309.869,20
IMPREVISTOS	\$ 150.774,67	\$ 15.077.467,30
UTILIDAD	\$ 376.936,68	\$ 37.693.668,25

Tabla 33. Costos de administración, imprevistos y utilidad por 100 SFV.

#### 14.4. PUNTO DE EQUILIBRIO DEL SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACION DEL SFV.

El punto de equilibrio nos ayudara a determinar con cuantos SFV podemos garantizar que se cubran los costos y lograr un punto de rentabilidad. Para este cálculo tomamos como costos fijos la administración, la utilidad y los imprevistos por \$113.081.004, el valor por unidad de \$7.538.733 y un precio para el usuario por \$8.669.543 de cada SFV.

COSTOS POR UNIDAD	\$ 7.538.733,65
COSTOS FIJOS	\$ 113.081.004,75
PRECIO POR SFV PARA USUARIO	\$ 8.669.543,70
PUNTO DE EQUILIBRIO	100
INGRESO DE EQUILIBRIO	\$ 866.954.369,75

Tabla 34. Calculo punto de equilibrio.

Realizando los cálculos el punto de equilibrio se encuentra justo en los 100 SFV con los cuales justamente se han hecho los cálculos por SFV y el servicio que explicaremos más adelante, con un ingreso de equilibrio de \$866.954.369 punto en el cual se logra recuperar la inversión, punto en el cual ya tenemos reservado un 5% de utilidad.

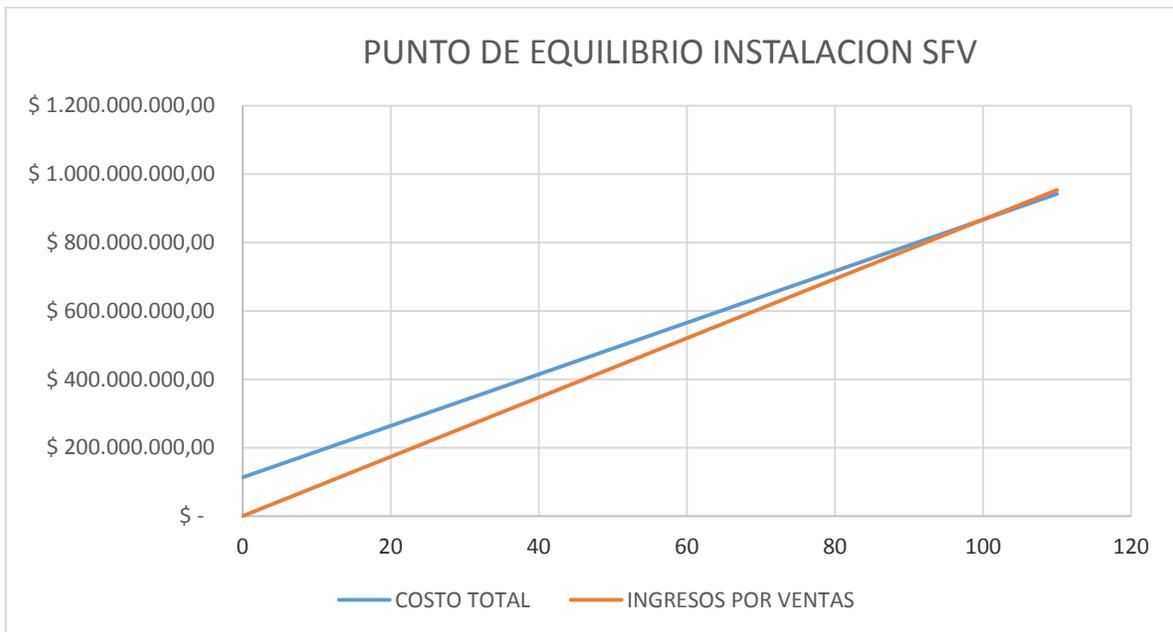


Imagen 15. Punto de equilibrio instalaciones SFV. Fuente: Propia

## 14.5. AMORTIZACION DEL PAGO

Teniendo en cuenta el valor y algunas dificultades de la población, el valor total se pagara a dos años con cuotas mensuales con interés del 0.4% para una amortización con abono de capital constante, tendremos lo siguiente.

Valor deuda			\$ 8.669.543,70
Cantidad de cuotas totales en las que se cubrirá la obligación			24
Tasa mensual de interés pactada con la entidad			0,4%
Primera cuota a pagar por el crédito			\$ 395.909,16

Tabla 35. Condiciones de amortización

Periodo	Capital	Abono a capital	Interés pagado	Cuota a pagar	Saldo
0	\$ 8.669.543,70				\$ 8.669.543,70
1	\$ 8.669.543,70	\$ 361.230,99	\$ 34.678,17	\$ 395.909,16	\$ 8.308.312,71
2	\$ 8.308.312,71	\$ 361.230,99	\$ 33.233,25	\$ 394.464,24	\$ 7.947.081,72
3	\$ 7.947.081,72	\$ 361.230,99	\$ 31.788,33	\$ 393.019,31	\$ 7.585.850,74
4	\$ 7.585.850,74	\$ 361.230,99	\$ 30.343,40	\$ 391.574,39	\$ 7.224.619,75
5	\$ 7.224.619,75	\$ 361.230,99	\$ 28.898,48	\$ 390.129,47	\$ 6.863.388,76
6	\$ 6.863.388,76	\$ 361.230,99	\$ 27.453,56	\$ 388.684,54	\$ 6.502.157,77
7	\$ 6.502.157,77	\$ 361.230,99	\$ 26.008,63	\$ 387.239,62	\$ 6.140.926,79
8	\$ 6.140.926,79	\$ 361.230,99	\$ 24.563,71	\$ 385.794,69	\$ 5.779.695,80
9	\$ 5.779.695,80	\$ 361.230,99	\$ 23.118,78	\$ 384.349,77	\$ 5.418.464,81
10	\$ 5.418.464,81	\$ 361.230,99	\$ 21.673,86	\$ 382.904,85	\$ 5.057.233,82
11	\$ 5.057.233,82	\$ 361.230,99	\$ 20.228,94	\$ 381.459,92	\$ 4.696.002,84
12	\$ 4.696.002,84	\$ 361.230,99	\$ 18.784,01	\$ 380.015,00	\$ 4.334.771,85
13	\$ 4.334.771,85	\$ 361.230,99	\$ 17.339,09	\$ 378.570,07	\$ 3.973.540,86
14	\$ 3.973.540,86	\$ 361.230,99	\$ 15.894,16	\$ 377.125,15	\$ 3.612.309,87
15	\$ 3.612.309,87	\$ 361.230,99	\$ 14.449,24	\$ 375.680,23	\$ 3.251.078,89
16	\$ 3.251.078,89	\$ 361.230,99	\$ 13.004,32	\$ 374.235,30	\$ 2.889.847,90
17	\$ 2.889.847,90	\$ 361.230,99	\$ 11.559,39	\$ 372.790,38	\$ 2.528.616,91
18	\$ 2.528.616,91	\$ 361.230,99	\$ 10.114,47	\$ 371.345,46	\$ 2.167.385,92
19	\$ 2.167.385,92	\$ 361.230,99	\$ 8.669,54	\$ 369.900,53	\$ 1.806.154,94
20	\$ 1.806.154,94	\$ 361.230,99	\$ 7.224,62	\$ 368.455,61	\$ 1.444.923,95
21	\$ 1.444.923,95	\$ 361.230,99	\$ 5.779,70	\$ 367.010,68	\$ 1.083.692,96
22	\$ 1.083.692,96	\$ 361.230,99	\$ 4.334,77	\$ 365.565,76	\$ 722.461,97
23	\$ 722.461,97	\$ 361.230,99	\$ 2.889,85	\$ 364.120,84	\$ 361.230,99
24	\$ 361.230,99	\$ 361.230,99	\$ 1.444,92	\$ 362.675,91	\$ -

Tabla 36. Amortización del pago por SFV a dos años

## 14.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La compra de equipos y materiales se realizara los dos primeros meses, debido a que los proveedores de estos, pueden demorar hasta dos meses la entrega. Al finalizar se deben realizar pruebas y poner en funcionamiento los SFV para poder hacer una entrega formal al usuario.

ACTIVIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
Compra de equipos y materiales	■	■	■	■	■	■	■	■								
Transporte de equipos									■	■						
Montaje de paneles solares									■	■	■	■				
Construccion de instalaciones electricas									■	■	■	■	■	■		
Montaje de banco de baterias													■	■		
Monatje del regulador y del inversor													■	■	■	
Pruebas y puesta en marcha													■	■	■	■

Tabla 37. Cronograma de actividades.

## 14.7. CONSUMO DE ENERGIA INDIVIDUAL POR VIVIENDA

Una vivienda en promedio tiene un consumo de electricidad de 73 KWh / mes, según los cálculos de la siguiente tabla, la cual le permite contar con energía necesaria para el uso de sus electrodomésticos diarios.

Aparatos Electricos	POTENCIA (W)	KWh	Horas de Carga promedio	Carga consumida diaria	
Bombillo CHL	15	0,015	3	0,045	
Electrobomba	200	0,2	0,016666667	0,0033333333	
Televisor LED 32"	60	0,06	4	0,24	
Nevera	200	0,2	10,3	2,06	
Decodificador	10	0,01	4	0,04	
Licuadaora	400	0,4	0,033333333	0,0133333333	
Mini Componente Audio	20	0,02	2	0,04	
Celular	5	0,005	1	0,005	Carga consumida mensual
			<b>Total carga consumida al día</b>	<b>2,446666667</b>	<b>73,4</b>

Tabla 38. Calculo consumo por vivienda

#### 14.8. CALCULO DE PANELES NECESARIOS POR USUARIO

	Suministro esperado	Suministro maximo
Consumo mensual promedio individual (KWH)	73	90
Consumo promedio diario (KWH)	2,433333333	3
Consumo mensual promedio diario (watts)	2433,333333	3000
Duracion promedio del sol diario (horas)	4	4
watts almacenados por dia	608,3333333	750
Capacidad paneles individualmente Wp	250	250
Paneles necesarios	2,433333333	3

Tabla 39. Calculo de cantidad de paneles solares

Debido a que los paneles cuentan con una capacidad de 250 Wp por unidad se pueden lograr hasta 90KWh / mes con cuatro horas de sol promedio, para lo cual se requerirá de 3 paneles asumiendo una duración promedio del sol al día de 4 horas. Incluso en el mejor de los casos si fueran 8 horas de sol el sistema fotovoltaico podrá suministrarle hasta 180 KWh / mes.

#### 14.9. COSTO DE ENERGIA CON DIESEL

Según cifras de la electrificadora para zonas no interconectadas con diésel en abril del 2017 el valor del KWh correspondía a \$1181,04 como podemos observar en la imagen siguiente, para nuestro caso si son 73 KWh / mes el costo total para esa fecha correspondería a \$86216.

**ELECTRIFICADORA DE MAPIRIPAN S.A. E.S.P.** Nit. 900.432.368-3

PERIODO FACTURADO: De Abril 2016 A Abril 2016

FACTURA No: 0000026974

Fecha sobre factura Artículo 131 Ley 242 de 1994

UBICACION: RES 0310

FECHAS DE PAGO: FECHA DE INGRESO: May-19-2016  
Fecha límite de pago para evitar suspensión: May-20-2016

FORMA DE PAGO: SERVICIO DE ENERGIA

Letras anterior	Letras actual	Consumo anterior	Ejeto anterior	Tipo de lectura
7425.00	7556.00	131.00		

CONCEPTOS	VALOR CONSUMO	TOTAL A PAGAR
SALDO ANTERIOR		0
CONSUMO	142,905	142,905
SURTIENDO	-127,307	-127,307
AJUSTE AL PESO	0	0

TARIFAS APLICADAS / kWh

RANGO	NETO	IVA	TOTAL
1-99999	0	1181	1181
0-0	*****	*****	0
0-0	*****	*****	0

Consumos HISTORICOS

Mar/2015	Abr/2015	May/2015	Jun/2015	Jul/2015	Aug/2015	Promedio
179.00	190.00	185.00	202.00	204.00	179.00	187

INFORMACION GENERAL

Generación	Distribución	Comercialización	C.A.
1033.26	113.60	34.10	1181.04

Valor a pagar: \$ 26,588

MEJORANDO LA VIDA CON ENERGIA

Imagen 16. Valor energía Mapiripán Diésel. Fuente: Copia Archivo ELECTROMAPIRI

En resumen la tarifa la tenemos la siguiente tabla:

Consumo KWh / mensual promedio por vivienda	73
Tarifa energía KWh (Abril 2016) para sector residencial estrato 1	\$ 1.181
Costo mensual total servicio (CT)	\$ 86.216

Tabla 40. Resumen facturación de energía con diésel

Conociendo esta cifra tendríamos un valor máximo de servicio para conocer el la facturación mensual por usuario de sistema solar fotovoltaico.

#### 14.10. COSTO DEL SERVICIO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Para definir el valor máximo de la remuneración AOM, es necesario verificar la resolución 072 del 2013 de la CREG, en la cual se establece que para diciembre 2006 tiene un valor de \$188,06 Wp / mes y con base en este valor se puede actualizar con el índice de precios al productor (IPP) que es reportado por el DANE, teniendo en cuenta que el IPP para esta fecha correspondía a 74.37, llevando esto a cifras del junio de 2018 tenemos un IPP de 113,72 podemos obtener un valor máximo de 287.54 Wp/mes.

Para cada panel solar se estará instalado una potencia pico de 750 Wp correspondiente a tres paneles de 250 Wp para así lograr al menos los 73 KWh / mensualmente.

Potencia SFV / Vivienda (Wp)	Tarifa Maxima AOM CREG (\$ / Wp - mes)		Tarifa AOM Proyecto Junio 2018 (\$ / Wp -mes)	Facturacion Total Usuario (\$)	
	\$ Dic. 2006	\$ Junio 2018		Mensual	Anual
750	188,06	287,54	95,99	\$ 71.993	863.910,00
			<b>Tarifa AOM maxima permitida</b>	<b>\$ 215.655</b>	<b>\$ 2.587.860</b>

Tabla 41. Tarifa del servicio de energía SFV

Según la CREG podríamos generar una facturación mensual hasta de \$215665, pero pensando en la inversión, los usuarios y la sostenibilidad del proyecto para lograr una tasa interna de retorno (TIR) superior al 6% y alcanzar el punto de equilibrio, es necesario que el valor Wp / mes sea de \$95,99 que nos ofrece una facturación mensual por usuario de \$71993, valor que incluso es menor que la

generación de energía por diésel que corresponde a \$86216. Podemos concluir que los sistemas solares fotovoltaicos presentan varias ventajas para ofrecer el servicio de energía frente a otros medios conocidos en zonas no interconectadas:

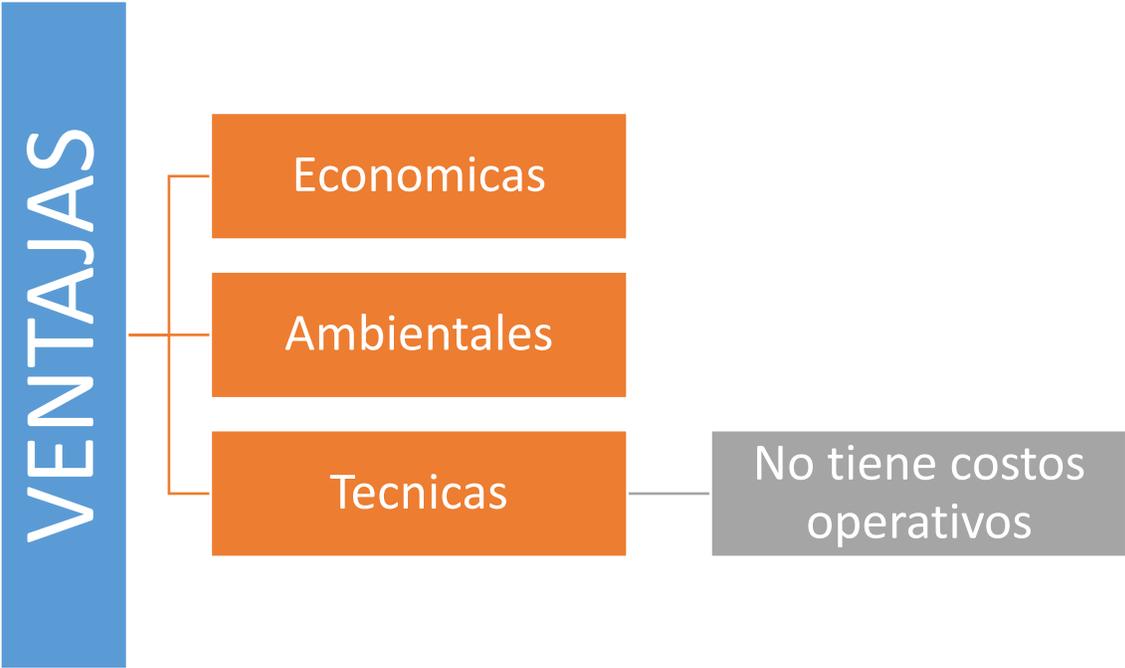


Imagen 17. Ventajas servicio energía SFV. Fuente: Propia.

El valor de facturación es menor como no lo mencionamos anteriormente, no ocasiona daños ambientales, ya que puede ofrecer energía limpia de una fuente inagotable que es el sol, al ser autónomo el servicio, evita los costos de operación, con un buen mantenimiento preventivo y correctivo será suficiente para mantener el servicio durante los 25 años que se pronostica el proyecto, pues sin estos mantenimientos la vida útil de los equipos y elementos se verá afectada drásticamente.

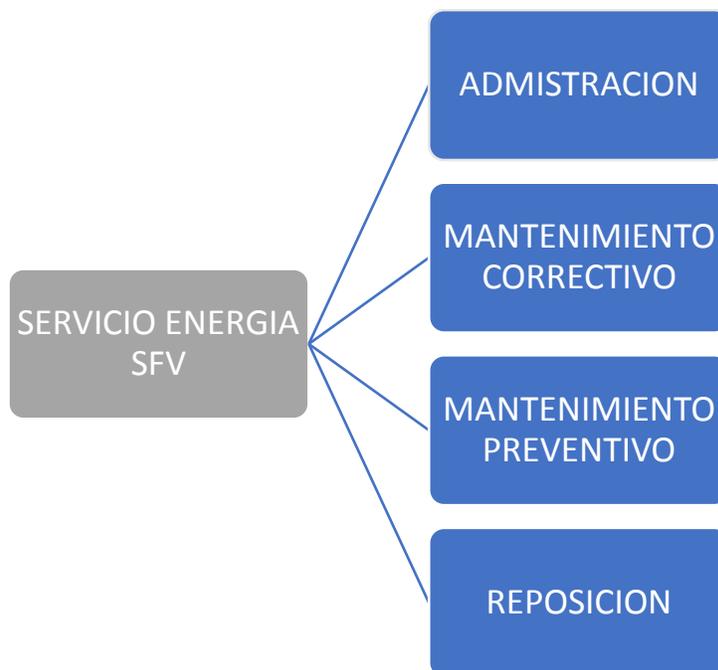


Imagen 18. Servicio de energía SFV. Fuente: Propia

El servicio de energía por paneles de energía solar fotovoltaica necesitara de una administración encargada, para conocer los costos de administración, tomamos como referencia la electrificadora de Mapiripán quien cuenta con unos gastos administrativos de \$68.000.000 con un total de 450 usuarios tendríamos un coste anual por usuario de \$151.111, para nuestro proyecto se necesita incluir 100 usuarios más incurriría en unos costos anuales administrativos de \$15.111.100.

Costos administrativos				
Costos Administrativos		\$	68.000.000	
No. Usuarios			450	
Costo Anual Administracion / Usuario		\$	151.111	
				Costo con 100 usuarios anual
				Costo mensual 100 usuarios
				\$ 15.111.100
				\$ 1.259.258

Tabla 42. Costos administrativos.

El mantenimiento preventivo y correctivo que debe realizarse requiere del servicio de un técnico electricista, para el cual hay que invertir un total de \$50.760.000 entre todos los usuarios.

Personal	No.	Costos Mensuales				Costo Anual
		Mano de Obra	Viáticos	Transporte	Total	
Tecnico Electricista	1	\$ 2.040.000,00	\$ 990.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ 4.230.000,00	\$ 50.760.000,00

Tabla 43. Costos mantenimiento preventivo general

El mantenimiento preventivo que es necesario hacerse al menos una vez al año y tendrá un costo mensual por usuario de \$42.300, el cual constará de:

- Limpieza de paneles
- Ajuste de terminales y conexiones
- Chequeo del nivel de carga del banco de baterías y demás equipos.
- Recopilación de la información almacenada en el regulador e inversor.
- Aforo de la carga del usuario

			Costos mensuales
Costos Total Anual Mantenimiento Preventivo		\$ 50.760.000	\$ 4.230.000
Usuarios		100	100
Costos Mantenimiento Preventivo / Vivienda		\$ 507.600	\$ 42.300

Tabla 44. Costo del mantenimiento preventivo por SFV

El mantenimiento correctivo consta de reparar o reemplazar los elementos de los sistemas solares fotovoltaicos que fallen por diversas causas. Debido a que las instalaciones cuentan con las protecciones necesarias, como también de disponer de un sistema puesta a tierra indicado, los sistemas que presenten fallas serán pocos, según el RETIE para los sistemas solares fotovoltaicos se puede presentar

una falla por cada 100 SFV al año, sin embargo las baterías pueden tener 2 fallas y el elemento más propenso es el inversor que puede tener 3 fallas.

En base a esto podemos calcular los costos del mantenimiento correctivo, teniendo presentes los elementos a reponer la tasa de falla y el costo de reposición como el de la mano de obra. Los costos por elemento corresponden a los especificados en la instalación del sistema fotovoltaico.

Elementos SFV	Tasa de Falla Anual SFV	No. Elementos a Reponer del SFV	Costo / Reposición	Costo Total Reposición	
Modulo solar fotovoltaico 250 Wp	1%	3	\$ 265.875,75	\$ 7.976,27	
bateria Acido plomo VRLA Gel 200 Ah - 12 VDC	1%	2	\$ 599.523,75	\$ 11.990,48	
Regulador MPPT 24 VDC - 40 A	1%	1	\$ 233.144,00	\$ 2.331,44	
Inversor 1000 W, 24 VDC / 120 VAC, 60 Hz	3%	1	\$ 358.458,90	\$ 10.753,77	
Otros materiales (cables, conectores, etc.)	1%	1	\$ 500.000,00	\$ 5.000,00	
Mano de obra	25%	Del costo de reposicion de materiales		\$ 35.703,00	Costo mensual mantenimiento correctivo
Costo Anual Mantenimiento Correctivo / Vivienda				\$ 73.754,95	\$ 6.146,25

Tabla 45. Costo de mantenimiento correctivo.

Aparte de las fallas, los elementos de los sistemas solares fotovoltaicos tienen una vida útil, por lo cual deben ser reemplazados, se requiere reposición de baterías, reguladores e inversores en los años 8, 12 y 16 de los 25 años proyectados como se observa en la siguiente tabla.

Elementos SFV	Rango Vida Util (Años)	Vida Util promedio (Años)
Modulo Fotovoltaico 250 Wp	20 a 30	25
Bateria acido plomo VRLA Gel 200 Ah - 12 VDC	6 a 10	8
Regular MPPT 24 VDC - 40 A	10 a 15	12,5
Inversor 1000 W, 24 VDC / 120 VAC, 60 Hz	10 a 15	12,5
Otros materiales (cables, conectores, etc.)	20 a 30	25

Tabla 46. Rango de vida útil elementos SFV.

De acuerdo a esta tabla, teniendo los costos por elemento del sistema solar fotovoltaico podemos determinar el costo de reposición por vivienda durante los 25 años de servicio del proyecto y lo que sería su equivalente mensualmente.

Elementos SFV	Valor / Elemento	Cantidad	Costo Reposicion / Vivienda	
Bateria Acido plomo VRLA Gel 200 Ah - 12.VDC	\$ 599.523,75	4	\$ 2.398.095,00	
Regular MPPT 24VDC - 40 A	\$ 233.144,00	1	\$ 233.144,00	
Inversor 1000 W, 24 VDC / 120 VAC, 60 Hz	\$ 358.458,90	1	\$ 358.458,90	Costo mensual por reposicion
			\$ 2.989.697,90	\$ 9.965,66

Tabla 47. Costo de reposición

#### 14.11. PUNTO DE EQUILIBRIO DEL SERVICIO DE ENERGIA SFV

El punto de equilibrio nos permitirá determinar cuántos usuarios necesitamos mensualmente para cubrir los costos fijos y variables de prestar el servicio de energía Administración, mantenimiento y reposición.

Para el servicio se requieren unos costos fijos de administración por \$1.259.258,33, unos costos variables de mantenimiento y reposición por \$58.411,91 y el ingreso por SFV mensual será de \$71.993, con estos datos podemos determinar si la cantidad de usuarios serán suficientes para cubrir los costos.

COSTOS VARIABLES POR UNIDAD	\$ 58.411,91
COSTOS FIJOS MENSUALES	\$ 1.259.258,33
PRECIO DE SERVICIO	\$ 71.993,00
PUNTO DE EQUILIBRIO	93
INGRESO DE EQUILIBRIO	\$ 6.675.293

Tabla 48. Punto de equilibrio servicio de energía SFV

Calculando el punto de equilibrio que corresponde a la división entre los costos fijos sobre la resta del ingreso por servicio y los costos variables tenemos punto de equilibrio de 93 con un ingreso de equilibrio de \$6.675.293, debido a que el proyecto está desarrollado para 100 usuarios nos permite alcanzar este punto logrando cubrir los costos con los ingresos de prestar el servicio de energía SFV. Además del cálculo se puede visualizar gráficamente como se observa en la siguiente imagen.

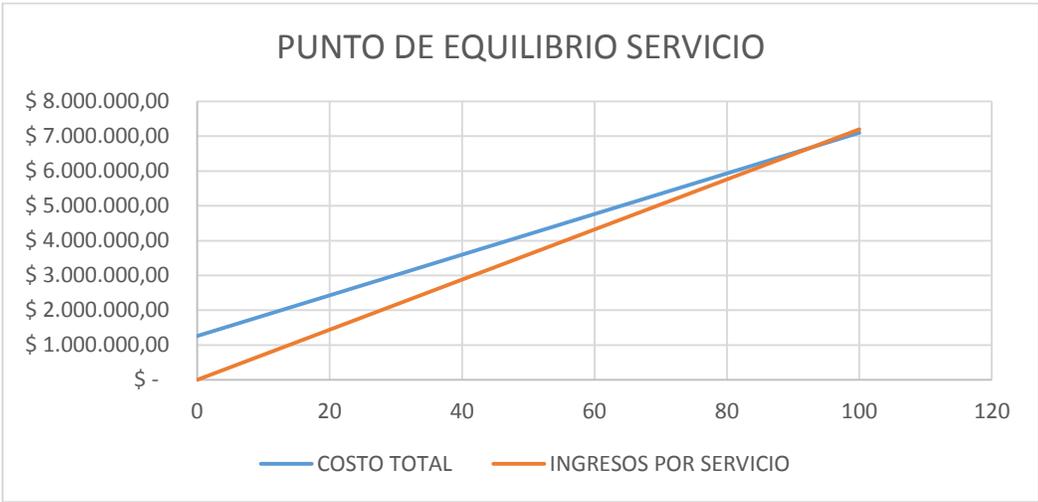


Imagen 19. Punto de equilibrio servicio energía SFV. Fuente: Propia

**14.12. FLUJO, CALCULO DE LA TIR Y VPN DEL SFV Y DEL SERVICIO**

El proyecto del servicio está definido a 25 años sin embargo se requiere de 4 meses para la compra traslado e instalación de los 100 SFV por lo que no se contarán con ingresos de la inversión durante este periodo, entre los ingresos tendremos el valor por servicio mensual \$71.993 por usuario que anualmente será de \$863.916 y el pago del Sistema fotovoltaico que el usuario podrá pagar a dos años con un interés mensual del 0.4%, el año 1 presenta diferentes valores frente al año 2 teniendo en cuenta los 4 primeros meses que son hasta cuando se

entrega el sistema fotovoltaico y se empieza a generar el servicio. Para el servicio no existen costos de operación debido a la autonomía del sistema.

CONCEPTO	AÑO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
TOTAL INGRESOS DE FACTURACION POR VIVIENDA		\$ 575.944,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00
COSTO DE ADMINISTRACION		\$ 100.740,67	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00
COSTO DE OPERACIÓN		\$ -	\$ -	\$ -
COSTO DE MANTENIMIENTO		\$ 387.569,97	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95
COSTO DE REPOSICION		\$ -		
TOTAL COSTOS AOM Y REPOSICION		\$ 488.310,64	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95
INVERSION TOTAL INSTALACION SFV	-\$ 829.260.701,50			
PAGO INSTALACION SFV POR VIVIENDA		\$ 3.126.815,43	\$ 4.516.832,27	\$ 1.459.373,19
UTILIDAD POR VIVIENDA		\$ 3.214.448,79	\$ 4.648.282,31	\$ 1.590.823,23
NUMERO DE USUARIOS		100	100	100
UTILIDAD TOTAL	-\$ 829.260.701,50	\$ 321.444.879,06	\$ 464.828.231,19	\$ 159.082.323,46
VALOR PRESENTE	\$ 829.260.701,50	-\$ 302.760.942,67	-\$ 412.362.507,35	-\$ 132.923.551,84
VALOR PRESENTE NETO		\$ -		
TIR		6,1711845%		
TASA		6,1711845%		

Tabla 49. Flujo, TIR, VP, VPN parte 1

La inversión inicial se necesita para la compra, traslado, instalación y entrega de los 100 sistemas fotovoltaicos, para un total de \$829.260.702, para lo cual se calcula una tasa interna de retorno de 6,17% y un valor presente neto cero, debido a que la tasa interna y el valor presente neto no son negativas, estas cifras nos enseñan un horizonte positivo del proyecto que combina tanto la instalación de 4 meses como el servicio para que los SFV presten un servicio adecuado durante 25 años. A continuación podremos ver la proyección de los años faltantes.

AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00
\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95
				\$ 1.199.047,50		
\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 1.931.513,45	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95
\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	-\$ 1.067.597,45	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05
100	100	100	100	100	100	100
\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	-\$ 106.759.745,45	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55
-\$ 10.345.085,64	-\$ 9.743.779,06	-\$ 9.177.423,33	-\$ 8.643.986,95	\$ 66.123.255,69	-\$ 7.668.329,70	-\$ 7.222.609,16

Tabla 50. Flujo, TIR, VP, VPN parte 2

AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17
\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00
\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95
	\$ 591.602,90				\$ 1.199.047,50	
\$ 732.465,95	\$ 1.324.068,85	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 1.931.513,45	\$ 732.465,95
\$ 131.450,05	-\$ 460.152,85	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	-\$ 1.067.597,45	\$ 131.450,05
100	100	100	100	100	100	100
\$ 13.145.004,55	-\$ 46.015.285,45	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	-\$ 106.759.745,45	\$ 13.145.004,55
-\$ 6.802.796,07	\$ 22.429.633,07	-\$ 6.034.956,26	-\$ 5.684.175,31	-\$ 5.353.783,46	\$ 40.954.433,94	-\$ 4.749.495,45

Tabla 51. Flujo, TIR, VP, VPN parte 3

AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20	AÑO 21	AÑO 22	AÑO 23	AÑO 24	AÑO 25
\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00	\$ 863.916,00
\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00	\$ 151.111,00
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95	\$ 581.354,95
\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95	\$ 732.465,95
\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05	\$ 131.450,05
100	100	100	100	100	100	100	100
\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55	\$ 13.145.004,55
-\$ 4.473.431,73	-\$ 4.213.414,16	-\$ 3.968.510,08	-\$ 3.737.841,02	-\$ 3.520.579,56	-\$ 3.315.946,39	-\$ 3.123.207,49	-\$ 2.941.671,52

Tabla 52. Flujo, TIR, VP, VPN parte 4

## 15. CONCLUSIONES

Se determinó la factibilidad financiera requerida para instalar e implementar el suministro eléctrico a través paneles solares, debido a que se alcanza el punto de equilibrio calculado tanto para instalación como para servicio, como también de tener una tasa interna de retorno positiva.

El suministro de energía a través de sistemas fotovoltaicos facilita el acceso al servicio de energía en las zonas y comunidades más apartadas en lugares donde no existe o es escasa la infraestructura eléctrica, para nuestro proyecto la zona de Mapiripán cuenta con dificultades de acceso terrestre lo que dificulta la instalación de líneas eléctricas terrestres para cualquier operador de red por lo que se convierte en la mejor alternativa.

Existe una población actual con servicio de energía el municipio de Mapiripán, los cuales tienen acceso de energía a través de plantas de diésel que ofrecen un servicio costoso y que no contribuye positivamente con el medio ambiente, el servicio de energía a través de SFV, ofrece una alternativa amigable con el medio ambiente y autónoma que no tiene costos de operación debido a su autonomía y su fuente de energía el sol es inagotable.

En Colombia es indispensable que cualquier instalación de energía cumpla con la normatividad y certificaciones RETIE, de esta manera se garantiza la calidad de la instalación y minimiza la probabilidad de riesgo tanto para los equipos como para los usuarios. Por otro lado la CREG nos permitirá determinar las tarifas máximas permitidas por el servicio de energía SFV, sin embargo pensando en la norma, en los usuarios y el punto de equilibrio se ajusta a una tarifa menor que la suministrada por energía Diésel.

Este proyecto no solo busca el beneficio económico, sino que genere también un impacto social, en nuestro caso, se espera recuperar la inversión, generar utilidad y también permitir el acceso al servicio de energía a familias no interconectadas que mejoraran la calidad de vida de su hogar y sus familias.

## **16.RECOMENDACIONES**

Se recomienda que las instalaciones del SFV reciban sin falta el mantenimiento preventivo, ya que estos ayudan a preservar su vida útil y su efectividad, por tal motivo para el proyecto se incluye el servicio de mantenimiento tanto preventivo, correctivo y de reposición, ya que el daño en un elemento y la falta de mantenimiento sin este servicio se convierten en una inversión costosa no viable para cualquier usuario.

Cualquier operador de red que busque fomentar el servicio a través de SFV debe pensar en los usuarios ya que este proyecto que se calcula inicialmente para 100 hogares y con un buen servicio se puede atraer a más usuarios, lo que puede permitir contemplar una segunda etapa del proyecto a futuro que cuente mejores las cifras tanto para los usuarios como para el operador de red.

## 17. BIBLIOGRAFIA

BETANCOURT, Manuel. Historia de la energía solar, 7 de Julio del 2014. Fuente: <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>

UNAD, Diseño de un sistema eléctrico residencial con energía solar, 2014, Fuente: <http://repository.unad.edu.co:8080/bitstream>

SARRIA, Mauricio. 2018, Año del despegue de la energía solar en el país: Refeel, 1 de febrero del 2018. Fuente: <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/el-2018-sera-el-ano-de-la-energia-solar-en-colombia-513851>

RETIE, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, 2013, Fuente: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RE+TIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>

CREG, Componente de remuneración de sistemas SFV, Fuente: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/c4cc5d7a0ab616ba05257bb40051bd92?OpenDocument>

MERCADOLIBRE, Venta de equipos y soluciones SFV, Fuente: [www.mercadolibre.com](http://www.mercadolibre.com).

NICOMAR, Venta de equipos y soluciones SFV, Fuente:  
<https://www.nicomar.com.co/nicomar/productos/todos/>

JCREENERGY, Venta de equipos y soluciones SFV, Fuente:  
<https://www.jcreenergy.co/>

Alcaldía Mapiripán, Plan de desarrollo: Fuente:  
<https://ceo.uniandes.edu.co/images/Documentos/>

ELECTRIMAPIRI, Operador de red actual Mapiripán, Fuente:  
<http://electrimapiri.com/>

TIERRACOLOMBIANA, Mapa del departamento del Meta con municipios, Fuente:  
<https://tierracolombiana.org/municipios-de-meta/>

DANE, Censo poblacional Mapiripán 2005, Fuente:  
[https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL\\_PDF\\_CG2005/50325T7T000.PDF](https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/50325T7T000.PDF).

MAPSA, Venta de equipos y soluciones SFV, Fuente:  
<https://www.mapsacatalogo.com>

GEOCITIES, Tipos de Sistema puesta a tierra. Fuente:  
[www.geocities.ws/lofl3k/tierras](http://www.geocities.ws/lofl3k/tierras)

MINMINAS, Régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, Fuente: [https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley\\_143\\_1994.pdf/c2cfbd a4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e](https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley_143_1994.pdf/c2cfbd a4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e)