

Departamento Nacional de Planeación  
Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas



**DNP** Departamento  
Nacional  
de Planeación

 **TODOS POR UN  
NUEVO PAÍS**  
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN



**Director General**  
Simón Gaviria Muñoz

**Subdirector Territorial y de Inversión Pública**  
Manuel Fernando Castro Quiroz

**Subdirector Sectorial**  
Luis Fernando Mejía Alzate

**Director de Inversiones y Finanzas Públicas**  
José Mauricio Cuestas Gómez

**Coordinador General del SGR**  
Camilo Ernesto Lloreda Becerra

**Subdirectora de Proyectos e Información de la Inversión Pública**  
Ana Yaneth González Ramírez

**Coordinador Grupo de Estructuración**  
Juan Camilo Granados Riveros

**Equipo de Estructuración**  
Álvaro Mejía Villegas  
Carlos Julio Torres Laitón  
Jesús Eduardo Reyes Salcedo  
Jhonatan Mauricio Pérez Pinto  
Jonathan Mauricio Feria Casas  
Juan Pablo Ladino Bolívar  
Lina María Ramírez Arango  
Lina Paola Jiménez Ríos

**Grupo de Comunicaciones y Relaciones Públicas**  
Wiston González del Río. Coordinador  
Liliana Johanna Olarte Ávila. Regalías  
Carmen Elisa Villamizar Camargo. Publicaciones

**Versión 1.0**  
Agosto 2016



**MINMINAS**

**Ministro de Minas y Energía**  
German Arce Zapata

**Viceministro de Energía**  
Carlos Fernando Eraso Calero

**Jefe de Planeación y Gestión Internacional**  
Jorge Cuenca Osorio

**Asesor Viceministro de Energía**  
Raúl Lancheros Serrano

**Grupo de Regalías del Ministerio de Minas y Energía**  
Néstor Ortiz Lozano  
María Liliana González Sánchez  
Olga Lucia Sánchez Santander



**Director**  
Jorge Valencia Marín

**Jefe de Oficina de Gestión de Proyectos de Fondos**  
Sandra Mojica Corchuelo

**Grupo Oficina de Gestión de Proyectos de Fondos**  
Oscar Patiño Rojas  
Borman Ferlein Leguizamo González  
Cesar Hernán Sotelo Sánchez

**Con el Apoyo del Programa de Energía Limpia para Colombia de Usaid**  
**Director CCEP**  
José Eddy Torres

**Grupo Técnico CCEP**  
Alejandra Corredor  
Juan Fernando Quiroga  
Pedro Garnica

BOGOTÁ, D.C., 2016  
© DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN  
CALLE 26 13-19, PBX: 3815000  
BOGOTÁ, COLOMBIA

# Resumen

En este documento se presenta el **PROYECTO TIPO**, para facilitar la formulación de un proyecto para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales como solución para una vivienda rural aislada en Zonas No Interconectadas (ZNI), que puede ser implementado por las entidades territoriales en caso de que se cumpla con las características aquí establecidas.

Es importante que se tenga claridad que el modelo debe ser ajustado a las realidades y características propias de cada zona donde se implementará, como niveles de radiación, caracterización de la demanda en especial sobre el uso de la energía, capacidad de pago de los beneficiarios, horas de prestación del servicio, entre otras.

Igualmente se debe evaluar la posibilidad de los usuarios que pueden ser conectados a la red nacional (SIN), información clave para la eficiencia de la inversión. Para ello en este documento se explica cómo obtener cada una de las variables mencionadas<sup>1</sup> y como utilizarlas en el diseño de la solución.

Este documento incluye también el procedimiento común para implementar este tipo de proyectos y las actividades y componentes necesarios para su ejecución. Así mismo, se propone un mecanismo que puede ser empleado para la operación y mantenimiento del proyecto, factor importante a tener en cuenta para el éxito de este tipo de soluciones.

**Palabras claves:** Celdas solares, sistema fotovoltaico, paneles solares, energía solar.

<sup>1</sup> Niveles de radiación, caracterización de la demanda en especial sobre el uso de la energía, capacidad de pago de los beneficiarios, horas de prestación del servicio, entre otras

# Contenido

Introducción .....	6
1. Objetivos del documento .....	8
2. Problema por resolver .....	9
3. Lo que dicen las normas .....	13
4. Recursos necesarios para la construcción .....	14
4.1. Sostenibilidad del proyecto "tipo" solar fotovoltaico .....	14
4.2. Medidas para garantizar la sostenibilidad .....	15
4.3. ¿Qué se debe conocer o hacer para cumplir con los criterios? .....	16
4.4. Prestador del Servicio – (Quien o quienes son) .....	16
4.5. ¿Se cumple con las condiciones de implementación? .....	18
5. Condiciones a cumplir para implementar el proyecto .....	21
5.1. ¿Qué se debe conocer o hacer para cumplir con los criterios? .....	22
5.2. ¿Se cumple con las condiciones de implementación? .....	23
6. Alternativa propuesta .....	24
6.1 Sistema Fotovoltaico .....	27
6.2 Cargas .....	29
6.3. Proceso constructivo .....	30
6.4. Realizar obras preliminares .....	32
6.5. Localización y Replanteo .....	32
6.6. Adecuación del terreno .....	32
6.7. Instalar sistema de celdas solares .....	32
6.8. Excavación para soporte y ubicación .....	33
6.9. Instalación celdas solares .....	33
7. Interventoría y supervisión del proyecto .....	37
7.1. Interventoría .....	37
7.2. Supervisión .....	37
8.. Presupuesto y cronograma .....	38
9. Operación y mantenimiento .....	39
Anexos .....	41

# Glosario

**Acometida:** Derivación desde la red de distribución local del servicio de energía hasta la propiedad donde se hará uso de la energía eléctrica.

**Amperio:** Unidad de intensidad de la corriente eléctrica equivalente al paso de un culombio de carga eléctrica por segundo.

**Bateria de acumuladores:** Equipo que contiene una o más celdas electroquímicas recargables.

**Celdas solares:** Dispositivo que convierte energía solar en energía eléctrica.

**Corriente alterna:** Corriente eléctrica variable en la que las cargas eléctricas cambian el sentido del movimiento de manera periódica.

**Corriente continua:** Flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, que no cambia de sentido con el tiempo.

**Energía solar:** Energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética proveniente del sol. La energía solar es una energía renovable.

**Fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER):** Recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños

aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCER según lo determine la UPME – Unidad de Planeación Minero Energética.

**IDEAM:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

**Inversor:** Dispositivo que transforma la corriente continua en corriente alterna.

**Radiación Solar:** Conjunto de radiaciones electromagnéticas provenientes del sol.

**Paneles solares:** Conjunto de celdas solares fotovoltaicas.

**Regulador de carga/controlador:** Controla el flujo de energía en conjunto y garantiza un buen cuidado de la batería.

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

**Sistema fotovoltaico:** Conjunto de dispositivos cuya función es convertir la energía solar directamente en energía eléctrica.

**SSA:** Sistema Solar Aislado.

**Usuario:** Vivienda unifamiliar rural dispersa.

**Zona No Interconectadas (ZNI):** Son aquellos municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

# Introducción

Este documento contiene los aspectos estándares, metodológicos, normativos y técnicos de un **PROYECTO TIPO** denominado: **INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES EN ZONAS NO INTERCONECTADAS** para que las entidades territoriales con problemas de falta de energía eléctrica en zonas que no tienen cobertura, solucionen este problema con la implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicas de una forma ágil y eficiente, teniendo en cuenta las consideraciones aquí planteadas.

Este proyecto además contribuirá a ampliar la cobertura del servicio de energía eléctrica, y a plantear la energía Solar Fotovoltaica como una alternativa viable para dar solución a la cobertura del servicio en Zonas No Interconectadas ZNI, especialmente a viviendas rurales dispersas.

Este **PROYECTO TIPO** se crea como desarrollo e implementación de la siguiente normatividad:

a) **Ley 1753 DE 2015**<sup>2</sup>, en la cual se incorporan estrategias regionales para promover la gestión territorial y promover su desarrollo, en su artículo 141 habilita a las entidades descentralizadas para asignar recursos que financien la realización de estudios de identificación, preinversión y estructuración de proyectos.

b) **Decreto 173 del 1 de febrero de 2016**<sup>3</sup>, en su artículo 2.2.6.3.1.1 define la formulación del proyecto como las actividades necesarias para: i) Identificar una necesidad y el planteamiento de las posibles alternativas de solución; ii) Estructurar integralmente las actividades y estudios de orden técnico, financiero, ambiental, social y legal que se debe realizar en la etapa de preinversión; iii) Definir el esquema más eficiente de ejecución.

c) **COMPES No. 3856 del 2016 “ESTRATEGIA DE ESTANDARIZACIÓN DE PROYECTOS 2016-2018”**, a través del cual el Gobierno Nacional busca una estrategia para que las entidades territoriales que requieran atender una problemática específica formulen, estructuren y realicen un proyecto de forma ágil y eficiente. Esta estrategia de proyectos tipo contiene los lineamientos técnicos y legales para su desarrollo y la metodología para su estructuración.

El contenido de este documento le permitirá definir aspectos que el proyecto necesita para su diseño y montaje, como son:

- 1) Identificar y dimensionar el problema.
- 2) Estimar la demanda de energía.
- 3) Conocer el detalle técnico de la alternativa y su costo.

<sup>2</sup> “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”

<sup>3</sup> “Por el cual se adiciona el Decreto 1082 de 2015, con el fin de reglamentar los artículos 141, 196 Y 197 de la Ley 1753 de 2015, sobre estructuración integral de Proyectos de Inversión; presentación de proyectos por parte del Gobierno Nacional a los órganos colegiados de administración y decisión (OCAD) y reconocimiento de los costos de estructuración por parte de los OCAD”

- 4) Conocer el cronograma estimado para su ejecución.
- 5) Identificar los recursos requeridos para su mantenimiento y operación.
- 6) Conocer la normatividad aplicable.

Es importante tener en cuenta que dentro de este documento algunos datos fueron asumidos, lo cual implica que para la formulación de un proyecto como este se debe ajustar la información con la realidad correspondiente a cada zona.

En este documento se utilizan dos (2) imágenes de referencia para diferenciar el contenido de mayor relevancia para quienes estructuran el

proyecto y quienes tienen la responsabilidad técnica de ejecutarlo.



Indica información de interés para la formulación del proyecto.



Indica información de interés para el componente técnico del proyecto.

Los datos contenidos en este documento pueden ser actualizados, tanto en sus cifras, como en las normas que aplican para su formulación. Para ello remítase a [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co) con el fin de verificar si el presente documento ha sido actualizado.

# 1. Objetivos del documento



El objetivo de este documento es presentar el **PROYECTO TIPO** con el fin de que sirva a las entidades territoriales que hayan identificado la falta de acceso de energía eléctrica en zonas no interconectadas de su territorio, y que como resultado del análisis de las alternativas viables de solución se pueda resolver con la instalación de Sistemas Solares Fotovoltaicas.

Por otro lado, dar una alternativa de solución, que agilice las tareas de formulación y diseño, generando ahorro en costos y tiempo, permitiendo que el diseño final tenga en cuenta todos los aspectos técnicos y normas vigentes necesarias

Finalmente, orientar a las entidades territoriales sobre la normatividad a tener en cuenta dependiendo de la fuente de recursos a la cual se vaya a acceder para su financiación.



## 2. Problema por resolver

Para identificar la solución al problema se debe elaborar el árbol de problemas y el árbol de objetivos como se explica a continuación:

Árbol de Problemas: Identifica las debilidades para el acceso al servicio de energía eléctrica en la zona rural, en este ejercicio la pregunta a contestar es la siguiente:

*¿La entidad territorial tiene la necesidad de aumentar el acceso a la energía eléctrica en alguna zona de su territorio?*

Para responder a esta pregunta, se puede crear un árbol del problema, el cual es una herramienta participativa, que se basa en un análisis completo y correcto de una situación existente.

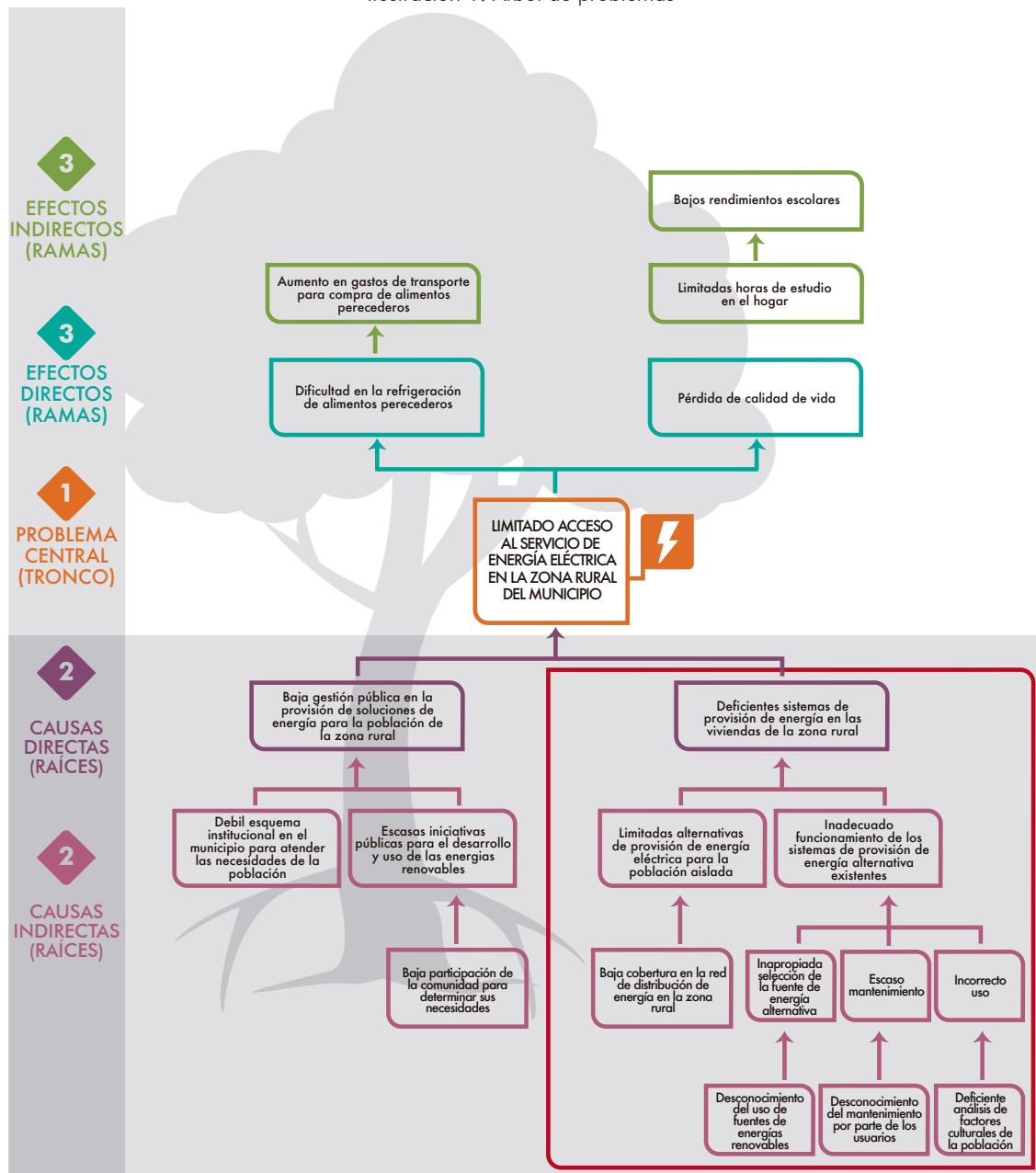
Este árbol cuenta con tres partes:

a) **Tronco:** Cual es el problema principal? En este caso es el limitado acceso al servicio de energía eléctrica en la zona rural del municipio o en las ZNI

b) **Raíces:** Cuales son las causas del problema? Con respecto a este caso es la baja gestión pública en la provisión de soluciones de energía para la población de la zona rural y los deficientes sistemas de provisión de energía en las viviendas de la zona rural.

c) **Hoja:** Cuales son los efectos del problema? En este caso es la pérdida de la calidad de vida y la dificultad en refrigeración de alimentos perecederos.

Ilustración 1. Árbol de problemas



Causas que busca resolver este **PROYECTO TIPO**

Fuente: Grupo de Estructuración de proyectos

De acuerdo con el problema identificado, que es el limitado acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales de los municipios, este Proyecto Tipo logrará mejorar la calidad de vida de las personas dando uso de la energía eléctrica para lograr satisfacer las diferentes necesidades, como iluminación, refrigeración,

adecuación de ambiente y conectividad a otros electrodomésticos.

Si como resultado de este ejercicio se tiene claridad que este Proyecto Tipo es la mejor alternativa, el siguiente paso es conocer y entender la solución propuesta en este

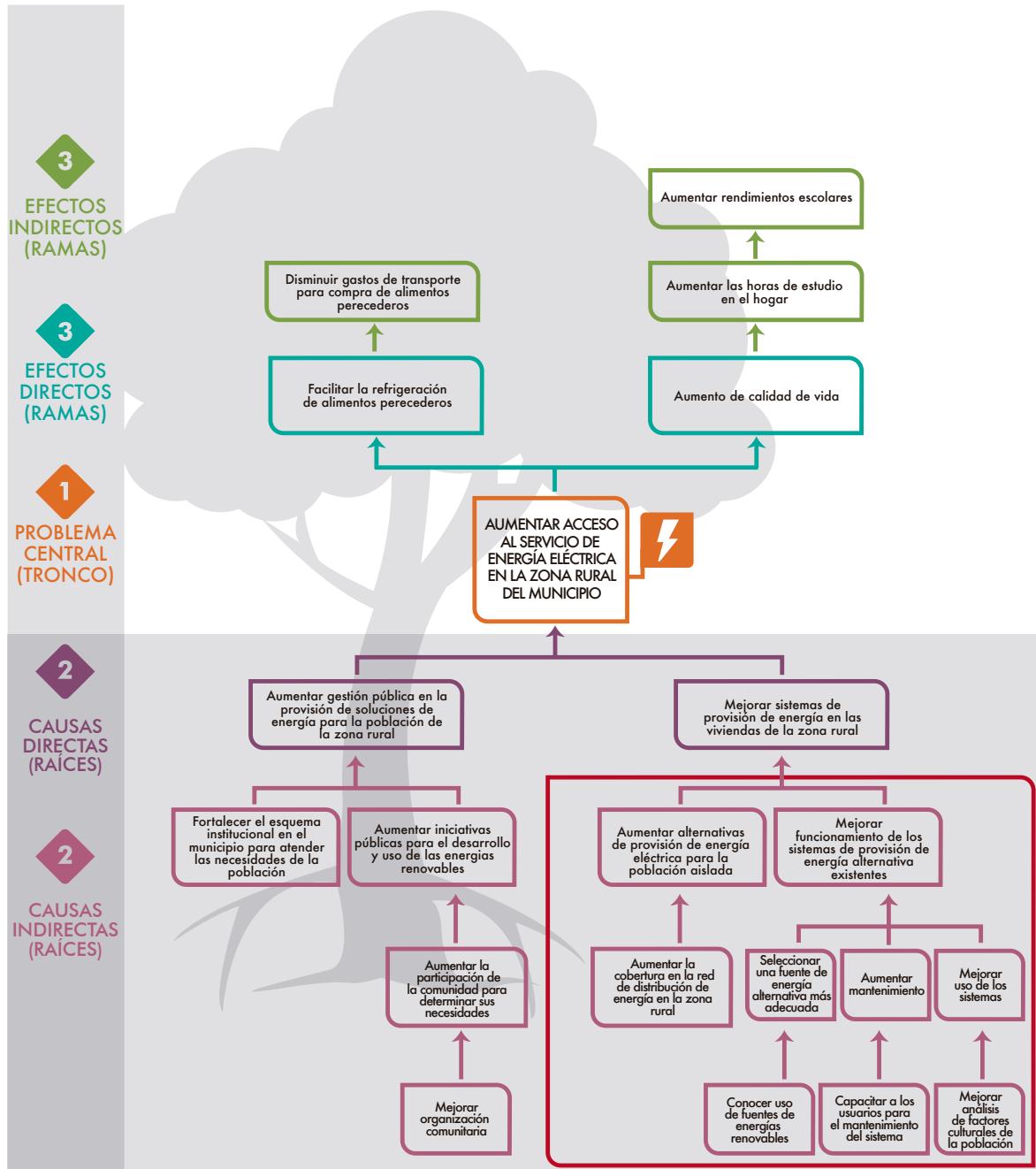
**PROYECTO TIPO**, la cual empieza por analizar el árbol de objetivos.

El árbol de objetivos: Es un enfoque empleado para describir la situación a futuro, planteando un escenario donde los problemas que fueron identificados han sido solucionados. Las situaciones negativas que fueron expuestas en el árbol de problemas se convierten en soluciones, las situaciones negativas se reformulan en situaciones positivas deseadas, las cuales se expresan como “logros positivos”. Estos logros ahora son objetivos, que se representan en la parte central del árbol de

objetivos (Tronco), el cual también tiene causas (Raíces) y efectos (Hojas). Para el caso de la falta de energía eléctrica se tiene que:

- a) **Tronco:** Aumentar el acceso al servicio de energía eléctrica en zonas rurales del municipio.
- b) **Raíces:** Aumentar la gestión pública en la provisión de soluciones de energía para la población de la zona rural y mejorar los sistemas de provisión de energía en las viviendas de la zona rural.
- c) **Hojas:** Aumento de la calidad de vida

Ilustración 2. Árbol de objetivos



Causas impactadas con la implementación de este **PROYECTO TIPO**

Fuente: Grupo de Estructuración de proyectos

### 3. Lo que dicen las normas



A manera de información, se presentan a continuación el marco normativo relevante para este **PROYECTO TIPO**.

En la construcción de proyectos pertenecientes al sector energético, se debe tener en cuenta los lineamientos establecidos por el Ministerio de Minas y Energía y sus entidades adscritas, dada su condición de líder del sector.

El numeral 7.2 del artículo 7º de la Ley 142 de 1994<sup>4</sup>, establece que los departamentos apoyarán financiera, técnica y administrativamente a las empresas de servicios públicos que operen en el Departamento ó a los municipios que hayan asumido la prestación directa.

Igualmente, el numeral 5.1 del artículo 5º de la Ley 142 de 1994<sup>5</sup>, establece que es competencia de los municipios en cuanto a la prestación de los servicios públicos asegurar, el prestar a sus habitantes, de manera eficiente,

los servicios domiciliarios para el caso, energía eléctrica, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio.

El numeral 2 del artículo 19 de la Ley 1715 de 2014<sup>6</sup>, menciona que el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Vivienda y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el marco de sus funciones, fomentará el aprovechamiento del recurso solar en proyectos de urbanización municipal o distrital, en edificaciones oficiales, en los sectores industrial, residencial y comercial.

El Decreto 1623 de Agosto de 2015<sup>6</sup>, establece los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el SIN y en las ZNI, y en el capítulo III relaciona la expansión de la cobertura en ZNI y en zonas aisladas.

<sup>4</sup> "Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones"

<sup>5</sup> "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional"

<sup>6</sup> "Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas"



## 4. Recursos necesarios para la construcción

Teniendo claridad sobre el problema a solucionar y las normas técnicas que aplican al proyecto, la siguiente pregunta que debe hacerse es:

*¿Mi entidad territorial tiene los recursos necesarios para instalar Celdas Solares Fotovoltaicas?*

Las entidades territoriales cuentan con diversas fuentes de financiación como el Presupuesto General de la Nación (PGN), el Sistema General de Regalías (SGR), el Sistema General de Participaciones (SGP), el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No

Interconectadas (FAZNI) y Rentas Propias. Todas estas fuentes deben ser consultadas, identificando los recursos que pueden financiar el proyecto y los requisitos a cumplir para tener acceso a cada una de ellas.

De acuerdo con la fuente o fuentes de financiación con la cual se vaya a financiar el proyecto, es indispensable en la etapa de formulación y estructuración consultar la normatividad aplicable para que los proyectos sean susceptibles de financiación, cumpliendo las normas que los ríjan.

### 4.1. Sostenibilidad del proyecto “tipo” solar fotovoltaico

La sostenibilidad del proyecto “tipo” solar fotovoltaico debe garantizar el funcionamiento en el tiempo como mínimo durante la vida útil de los paneles solares es decir un promedio de 20 años y en lo posible estar ligada o no afectar los ingresos de la población, es por esto que se recomienda aunque no sea el objeto de

este este documento, que estas poblaciones cuenten con modelos de negocio que faciliten la sostenibilidad de los mismos. Se requiere que el proyecto perdure sin afectar los ingresos de los usuarios por lo menos durante la vida útil de los componentes del proyecto.

#### 4.1.1. Dimensiones de la sostenibilidad

Para abordar el tema de sostenibilidad se debe tener en cuenta que este aspecto comprende cuatro dimensiones, la económica, la ambiental, la social, y

la tecnológica, las cuales se detallan a continuación:

**Sostenibilidad Económica:** Tiene por

objetivo que el proyecto debe estar diseñado en forma tal que se garantice su rentabilidad financiera y económica. Que los ingresos de los proyectos perduren en el tiempo.

**Sostenibilidad Ambiental:** Busca que los proyectos sean estructurados y diseñados en forma tal que el impacto sobre el medio ambiente sea mínimo, favoreciendo el uso de fuentes locales, preferiblemente renovables, que promuevan el re-uso de los desperdicios, que comprendan medidas de mitigación adecuadas, y que no afecte el entorno socioeconómico de la región en forma negativa, forzando el traslado de habitantes o deteriorando la calidad del entorno ambiental de los mismos.

**Sostenibilidad Social:** Busca que a través

de la implantación de los proyectos se mejoren las condiciones económicas y sociales en la región. Que favorezca la inclusión de la población local en el desarrollo y operación de los proyectos, que se garanticen los ingresos que permitan que los usuarios puedan acceder a la energía.

Que se favorezcan esquemas comunitarios en que los residentes participen en forma activa en los proyectos.

**Sostenibilidad tecnológica:** Busca que el proyecto use tecnologías compatibles con el entorno social y económico, que las tecnologías sean probadas y eficientes, que la operación pueda ser realizada con la capacitación adecuada del recurso humano local.

## 4.2. Medidas para garantizar la sostenibilidad

Ahora que se tiene un primer vistazo de la sostenibilidad es necesario ahondar en las medidas necesarias para garantizarla, entre las cuales se pueden encontrar:

**Sostenibilidad tecnológica:** Que los equipos a instalar, paneles, reguladores, inversores y baterías, se encuentren certificados nacional o internacionalmente y que los instale un profesional competente y con experiencia en este tipo de sistemas.

**Sostenibilidad social:** Que a la comunidad se le socialice el tipo de solución energética que se va a brindar y esta manifieste que está de acuerdo con la misma, más aún que la necesidad sea manifestada por la propia comunidad, para garantizar durante la ejecución y operación del proyecto la participación activa de la misma y hacer que se apropien de la solución que se les brindará.

**Sostenibilidad ambiental:** Que se establezca un procedimiento planificado de disposición final de las baterías con el objetivo de minimizar el impacto medio-ambiental del proyecto. Como las baterías son reciclables se plantea que con la entrega y disposición de las baterías desechadas se reconozca parte del pago de las nuevas.

**Sostenibilidad económica:** Que se establezcan unos niveles mínimos de servicio y que se cuenten con sistemas de tarifas adaptados a la capacidad y voluntad de pago de los usuarios. De igual manera debe planearse como disponer de los recursos para el reemplazo de cada una de las partes a lo largo de la vida útil del proyecto y que el mismo no se convierta en una carga para el usuario.



## 4.3. ¿Qué se debe conocer o hacer para cumplir con los criterios?

**Costo y financiamiento:** Tal y como se indica en el capítulo que relaciona los costos y financiamiento, dichos proyectos podrán contar con financiación a través de recursos del Sistema General de Regalías, con **rentas propias de los municipios o departamentales o cualquier fuente con que cuente la entidad territorial.**

**Ejecución del proyecto:** Previo a la ejecución de los proyectos es muy importante tener claridad si la comunidad está de acuerdo con la instalación de estas soluciones, así mismo establecer previamente una línea base que recoja información a través de encuestas en los

hogares y comunidades para establecer sus necesidades energéticas básicas.

Durante la ejecución del proyecto se debe verificar que se cumplan con los parámetros técnicos establecidos en el capítulo anterior de acuerdo al tipo de solución escogida, esta labor puede ser desarrollada por algunos miembros de la comunidad que se encuentre capacitados en los aspectos técnicos más generales, por ejemplo número de paneles por casa, potencia a instalar, número de baterías que se incluya, así como el tipo de inversor y el regulador.

## 4.4. Prestador del Servicio – (Quien o quienes son)

Siempre debe existir un prestador del servicio, no es suficiente con solo instalar las soluciones, considerando que se requiere un mantenimiento periódico, en caso de fallas, realizar reposiciones, una atención a las quejas y reclamos de los usuarios, una facturación y posterior cobro, entre otros.

Igualmente, es necesario establecer procedimientos, normas, estándares y definición de responsabilidades entre los distintos actores del país para la gestión, administración, operación y mantenimiento de los sistemas;

En relación con el seguimiento, se deben considerar recursos que permitan realizar un Sistema de Información Geográfica, para el seguimiento a los indicadores de resultado del proyecto.

Básicamente, la administración, operación

y mantenimiento se debe realizar con recursos obtenidos de una tarifa mensual que se obtenga por el servicio de energía solar o de los equipos instalados por el Gobierno Nacional entregados a la población beneficiada, y con los cuales se pueda cubrir los siguientes costos una vez el sistema sea entregado a cada uno de los usuarios:

- a) Mantenimiento y limpieza mensual, según la frecuencia recomendada por el constructor del panel solar.
- b) Mantenimiento y limpieza de los equipos como son inversor, regulador, gabinete y banco de baterías.
- c) Revisión del funcionamiento de los equipos que son de carácter de préstamo a cada uno de los usuarios, con el fin de llevar una bitácora de las novedades sucedidas a cada uno de los sistemas y sus correspondientes usuarios.
- d) Debe tenerse en cuenta que con el

fin de gestionar el servicio, debe incluirse un sistema inteligente de medición y gestión del servicio. Que permita monitorear el

sistema, conocer su consumo, cortes, saturación del sistema, igualmente que permita realizar recargas y cortes por falta de pago o mal uso.

#### 4.4.1. Escenarios de prestación del servicio

Entre los principales objetivos y metas del gobierno nacional se encuentra el de ampliar la cobertura del servicio de energía eléctrica, que contempla una meta

superior a los 173 mil soluciones, razón por la cual el presente proyecto Tipo basado en energía solar fotovoltaica contribuirá enormemente a conseguir dicha meta.

#### 4.4.2. Entidad Territorial

Las entidades territoriales son las llamadas a participar activamente en la determinación de que usuarios son candidatos para hacer parte de las comunidades que serán beneficiadas con los proyectos tipo que darán solución a las necesidades energéticas a que todos tenemos derecho.

Entonces las alcaldías municipales

dispondrán de los recursos para formular las necesidades de una comunidad en particular y que con base en criterios específicos esbozarán en la presentación de proyectos Tipo, sus necesidades, que usuarios requieren con argumentación técnica y social una solución con la Instalación de Celdas Solares en Zonas no Interconectadas.

#### 4.4.3. Comunidad organizada – E.S.P.

La necesidad nace y se expresa directa o indirectamente a partir de la comunidad quien solicita un servicio para nuestro caso el de energía eléctrica con miras a mejorar una falencia, de esta forma propone su participación en la posible solución. Es así que se requiere que luego de expresar una necesidad la comunidad debe organizar como piensa desarrollar el proyecto, como plantea su preservación y sostenimiento, para que los recursos sean sostenibles a mediano y largo plazo, y no que sea una solución pasajera y los recursos empleados en la misma se desvanezcan a muy corto tiempo.

Se sugiere que la comunidad conozca sus integrantes, las condiciones en las que viven, las posibilidades de crecer con los recursos que tiene pero mejor aún programar dicho crecimiento con metas claras de desarrollo, con expectativas de mejorar su entorno de vida día a día. Este proyecto tipo debe como se mencionó anteriormente nacer en la comunidad, expresada ante la alcaldía o ente territorial, formulada por dicho ET y presentada como un proyecto con garantías de sostenibilidad a mediano y largo plazo. Debe evidenciar la apropiación de la comunidad y su preservación como resultado de las bondades del mismo.

#### 4.4.4. Operador de Red

El objetivo de estas empresas es el de prestar un servicio público a una comunidad y velar por el buen funcionamiento, para ello dispondrá del conocimiento de sus técnicos para instruir a la misma comunidad en los cuidados básicos, en la preservación de los equipos, en el mantenimiento técnico y la instrucción necesaria para diagnosticar cualquier anomalía en el caso de requerirse la atención técnica especializada.

Cualquiera de estas tres (3) organizaciones (Entidad Territorial, Comunidad organizada y Operador de Red), que decida llevar a cabo el proyecto y posteriormente operarlo, deberá cumplir todas las condiciones establecidas para adelantar la Administración, Operación y

##### Mantenimiento del proyecto.

Es evidente que de las tres (3) opciones, aquella que ofrece mayores garantías para el proyecto, son los Operadores de red por diferentes razones, entre ellas las siguientes: Son entidades ya conformadas como ESP lo que disminuiría tiempo y recursos al proyecto, cuentan con mayor músculo económico en caso de imprevistos lo que garantiza la ejecución y Administración, Operación y Mantenimiento del proyecto. Por lo anterior se recomienda utilizar la opción del Operador de Red. No obstante lo anterior, el prestador del servicio se debe definir antes de solicitar los recursos para implementar este proyecto tipo.

### 4.5. ¿Se cumple con las condiciones de implementación?

**Capacitación técnica:** El Sistema debe tener un responsable que permita conservar los equipos y mantenerlos en las mejores condiciones, se sugiere que sea una empresa prestadora de servicio público, comunidad agrupada y/o organizada, para ejemplo la junta de acción comunal, etc., que se haga responsable del mantenimiento básico del proyecto financiado por el estado.

Para la entrega del sistema solar fotovoltaico a cada uno de los beneficiarios debe tenerse en cuenta que solo será posible una vez exista un responsable por el equipo donde el mismo opere, de igual manera deberá registrarse su geoposición y adjuntarse fotos como evidencia del montaje y entrega de los equipos en el lugar, casa y responsable(s), en acta donde se corrobore por parte del usuario la entrega y condiciones de la misma.

**Capacitación a toda la comunidad en el uso de SHS<sup>7</sup>:** Claramente como parte de la socialización y al momento de entrega de cada uno de los equipos, el acta de entrega y recepción de los mismos debe incluir la certificación del usuario que previamente tuvo capacitación en el uso de los equipos en mención.

Se recomienda disponer en el desarrollo del proyecto de sistemas de medidores pre-pago de manera que se creen incentivos para un consumo adecuado de electricidad, usos productivos de la energía, procedimientos de planificación para la disposición de baterías obsoletas y deterioradas con el objetivo de minimizar el impacto medioambiental, y sistemas de monitoreo basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para desarrollar los mecanismos de supervisión adecuados de los sistemas que

<sup>7</sup> "Sistemas solares domésticos."

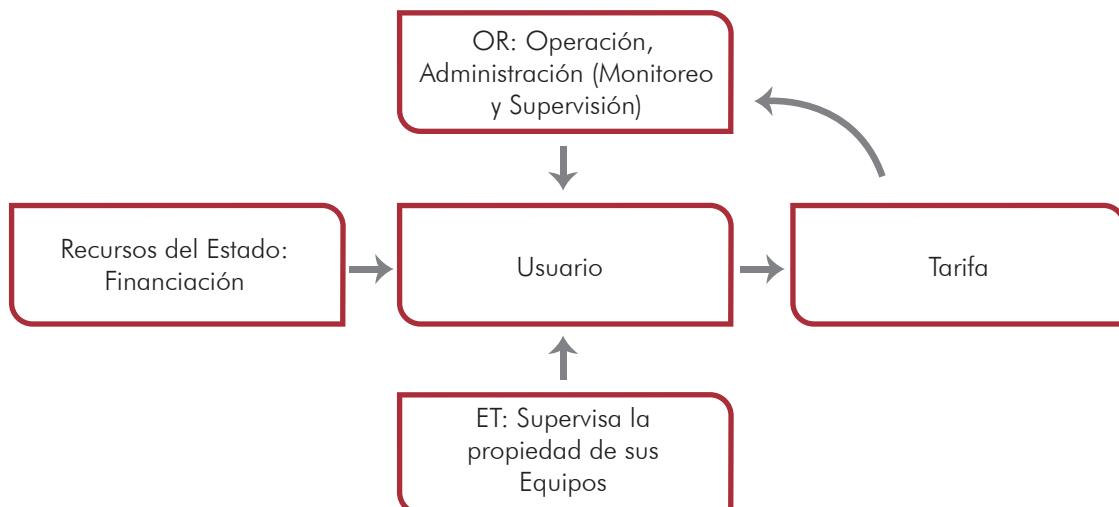
puedan ser utilizados por las responsables correspondiente.

**Tarifas:** Establecidas para que la comunidad realice el mantenimiento básico de los sistemas (lectura de medidores, mantenimiento de paneles) y se encarga de recolectar las recursos por cada usuario

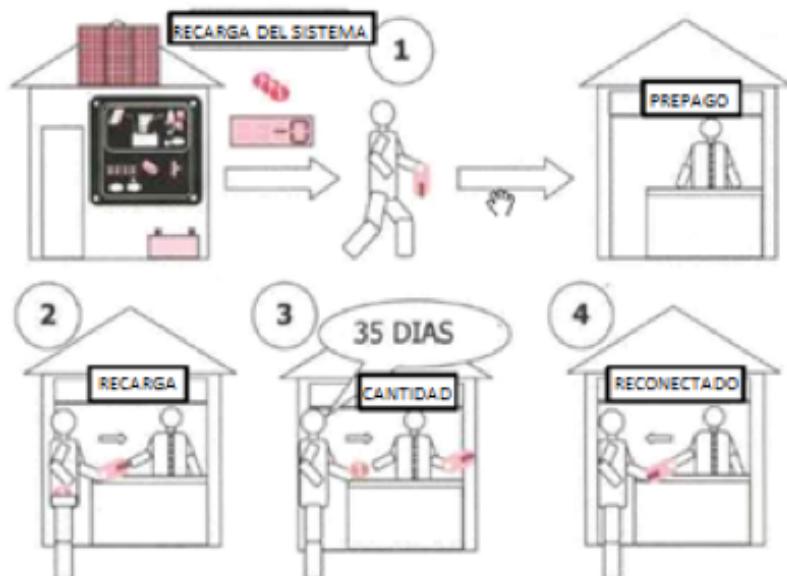
definidos por la propia comunidad, y que contemplan los costos asociados a la visita de un técnico especialista de sistemas solares trimestralmente o según corresponda para realizar labores de mantenimiento y seguimiento que requieren de un conocimiento técnico mayor.

Modelo de Sostenibilidad

Esquema de Sostenibilidad y Gestión para Proyectos Tipo de Energía Solar Fotovoltaico para sitios Aislados



Fuente: Modelo de Sostenibilidad – UPME



Fuente: Programas de electrificación rural aislada en el Ecuador:  
Cero viviendas sin luz y luz para el Sumak Kawsay

El Sistema de Recaudo será un servicio de Prepago para garantizar una cartera mínima y así en lo posible no afectar el sostenimiento general del sistema, disponer de recursos para mantenimiento y eventualidades que se presenten en el sistema (AOM). Este dispositivo encargado de la gestión del sistema (carga, potencia consumida, daños posibles, etc.), deberá ir instalado dentro del gabinete con los demás equipos, permitiéndole al usuario administrar el consumo de su energía de

diversas maneras, a saber, número de días de servicio, carga en potencia o su equivalente en dinero.

Dichas recargas de energía podrán ser adquiridas en centros de acopio, de forma similar a como se recarga el servicio de comunicación celular, ej. a través de una agencia de comercialización ante la empresa prestadora del servicio o los centros autorizados para dicho recaudo.



# 5. Condiciones a cumplir para implementar el proyecto



El objetivo del presente proyecto tipo es simplificar el proceso de formulación teniendo en cuenta el detalle de la demanda y del recurso, sin que esto represente un proceso detallado de cálculos para el diseño, pero que permita la implementación de sistemas ajustados a las necesidades.

Un proyecto tipo de sistemas solares fotovoltaicos aislados debe permitir cierta flexibilidad en su diseño de tal manera que considere la características propias de

la demanda a atender y del recurso solar disponible. En este caso la demanda a atender para un Sistema Solar Aislado (SSA), hace referencia a un hogar rural unifamiliar y el proyecto al conjunto de hogares que van a recibir la SSA.

El presente proyecto presenta una sencilla guía donde que debe tener en cuenta los siguientes criterios, los cuales se deben cumplir en su totalidad para poder ser implementado.

Tabla 1. Criterios para la implementación del modelo de diseño

Criterio	Descripción	Condición
Ubicación	Zona no interconectada o aislada	Se deberá verificar que no se encuentre en planes de interconexión en los próximos 5 años
Dispersión	Distancia entre los hogares a atender	Se debe verificar mediante georreferenciación que los hogares no se encuentran agrupados o concentrados
Usuarios	# Viviendas mínimas para ejecución del proyecto	Se deberá contar al menos con 20 usuarios sin servicio
Recurso	Radiación solar	Utilización del mapa de radicación solar del IDEAM
Piso térmico	Se tendrán variaciones dependiendo del piso térmico	Menor a 1000 msnm Mayor a 1000 msnm
Solución Solar Aislada SSA	Sistema que se instalará para cada usuario	Relacionar los criterios de piso térmico y recurso solar

Fuente: Ministerio de Minas y Energía

## 5.1 ¿Qué se debe conocer o hacer para cumplir con los requisitos?

Los estudios y diseños que debe adelantar para identificar si cumple con los criterios mencionados en la tabla anterior son:

**a)** Ubicación de predio para cada solución individual: Esto consiste en ubicar el predio destinado para la construcción, identificar el área ( $m^2$ ), la pendiente (%) y linderos. Asegurar que el predio no cuenta con servicio de energía eléctrica ni se encuentra en los planes de interconexión al Sistema Interconectado Nacional SIN o a los sistemas de distribución local SDL en los próximos 5 años. Esto debe corroborarse con el prestador del servicio de energía eléctrica. (Valor S/N).

**b)** Dispersión: se debe georreferenciar la ubicación de cada hogar que se va a beneficiar del proyecto de tal manera que pueda verificarse que son usuarios dispersos y no concentrados o agrupados (Valor mapa de georreferenciación o coordenadas de los hogares).

**c)** Cuantificar el total de usuarios que serán atendidos por el proyecto, al menos serán 20 hogares de tal manera que puedan optimizarse los recursos de transporte, logística e instalación. De no contar con el mínimo de

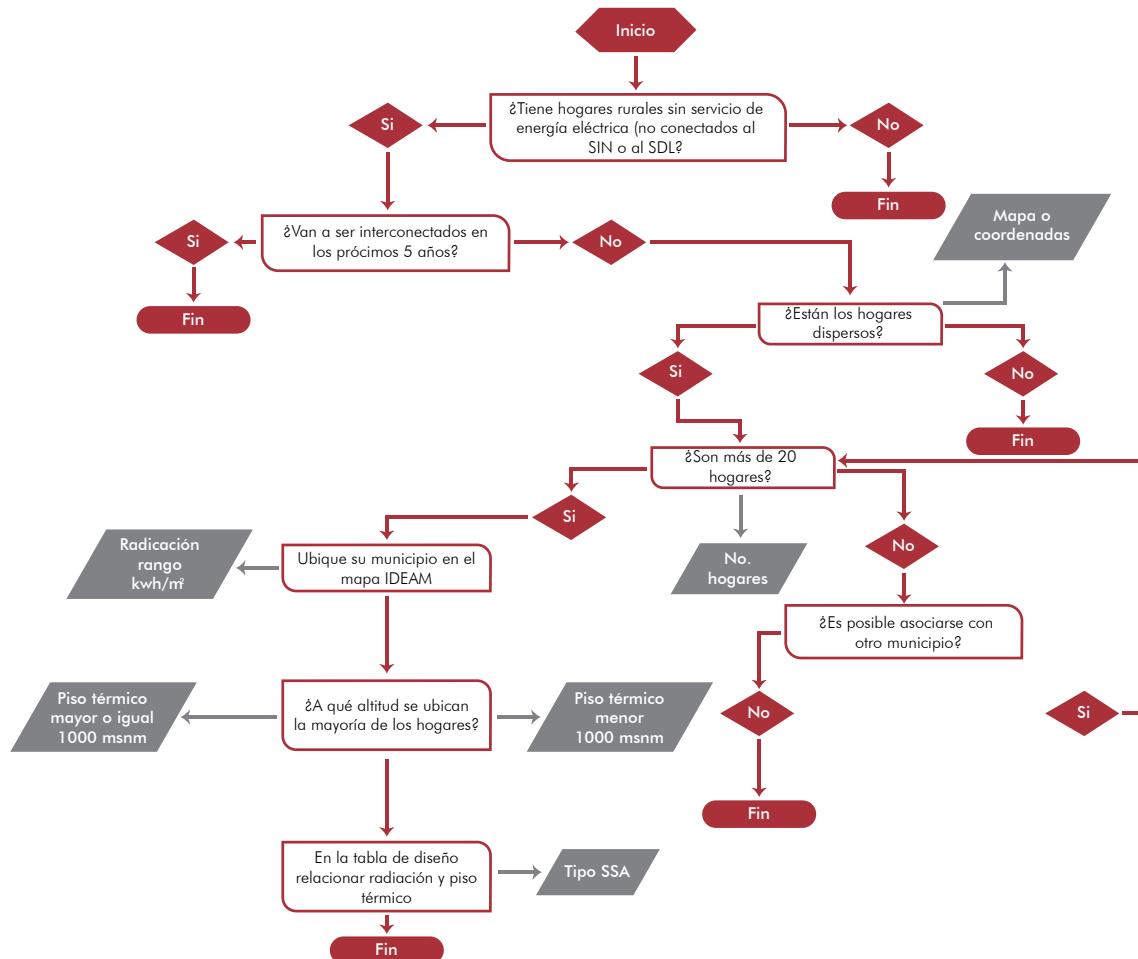
20 usuarios será posible presentar el proyecto conjuntamente con otro municipio.

**d)** Ubicar el municipio en el mapa de radicación del IDEAM para determinar el recurso solar disponible en  $kWh/m^2$ , esto permitirá saber la cantidad promedio de recurso solar disponible para ubicarlo en la tabla de diseño de la solución solar (Valor rango  $kWh/m^2$ ) (Ver anexo 1).

**e)** Identificar si la mayoría de predios se encuentran en piso térmico cálido (menos de 1000 msnm) o en piso templado frío (mayor a 1000 msnm), esto permitirá ubicarlo en la tabla de diseño de la solución solar (Valor mayor 1000 msnm o menor a 1000 msnm).

**f)** Solución solar aislada (SSA), se deberán relacionar los criterios de recurso y piso térmico para encontrar la solución solar adecuada, allí se define el tamaño, configuración y costo aproximado. (valor SSA).

A continuación se presenta el diagrama del proceso de la escogencia de la SSA. Elaborado por la UPME con apoyo del Programa de Energía Limpia para Colombia USAID.



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética - UPME

## 5.2 ¿Se cumple con las condiciones de implementación?

a) En caso de cumplir, se debe adecuar el proyecto a la realidad del municipio. Para ello se debe disponer de un profesional o técnico que se encargará del diseño e instalación de los sistemas solares en cada uno de los predios

escogidos para tal fin.

b) Se deben obtener el valor de los siguientes criterios (en gris en el diagrama de flujo).

Usuarios	Cantidad de usuarios
Radiación	Valor de rango en kWh/m <sup>2</sup>
Piso térmico	Mayor o menor de 1000 msnm
SSA	Tipo

Fuente: Ministerio de Minas y Energía



## 6. Alternativa propuesta

En Colombia existen dos tipos de zonas en lo que se refiere a la prestación del servicio de energía eléctrica:

- a) Las zonas del Sistema Interconectado Nacional (SIN).
- b) Las Zonas No Interconectadas (ZNI), y de acuerdo con la normatividad vigente<sup>8</sup>, son los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al SIN, ya sea por aspectos geográficos, técnicos o como sucede en muchos casos por los elevados costos de conexión por usuario. Las ZNI están ubicadas en lugares de difícil acceso, carecen de servicios públicos, de infraestructura y presenta dificultad para acceder a la comunicación.

Las constantes preocupaciones con el medio ambiente, la amenaza de escases de combustible fósil, el inminente calentamiento global, los impactos generados por emisiones de gases de efecto invernadero y de dióxido de carbono son factores que impulsan el desarrollo de las energías renovables, limpias y sustentables como lo son las Celdas Solares Fotovoltaicas, las cuales minimizan el impacto ambiental; esta energía, generada por el sol, no necesita ser extraída como el caso de la energía fósil, ni es necesario transportarla hasta el lugar que se requiere, no genera emisión de gases ni de ruido, ni precisa de combustibles para su funcionamiento, tampoco requiere de grandes construcciones para su implementación y tiene requerimientos mínimos de cuidado y mantenimiento.

Su instalación puede llegar a ser más ventajosa que otras alternativas de solución desde el punto de vista económico, si se compara en muchos casos con la extensión de redes para conectarse al SIN; adicionalmente, Colombia es un país que cuenta con zonas que poseen un alto potencial energético solar por su ubicación y radiación, ya que se encuentra en la zona ecuatorial, lo que hace que se ubique en la zona tórrida o intertropical, región de bajas latitudes, ocasionando que cuente con la misma iluminación solar todo el año.

En términos generales, las Celdas Solares Fotovoltaicas consisten en instalaciones destinadas a convertir la radiación solar en energía eléctrica. Existen tres tipos de instalaciones fotovoltaicas<sup>9</sup> dependiendo de su conexión:

- a) Móviles, aquellas que pueden cargarse y utilizarse en diferentes lugares.
- b) Aisladas de la red eléctrica, son estacionarias y autónomas.
- c) Las interconectadas a la red eléctrica.

Por otro lado, estas soluciones pueden requerir el acoplamiento de elementos adicionales a los paneles fotovoltaicos como son el regulador/controlador solar de carga, el inversor y las baterías. Así mismo, se pueden caracterizar en dos grupos:

- a) Soluciones integradas a una microred
- b) Soluciones individuales, que a su vez se clasifican de la siguiente forma:

<sup>8</sup> Numeral 22, Artículo 5, Ley 1715 de 2014 "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional"

<sup>9</sup> Fuente: Propuesta de estándares Técnicos para Soluciones Solares Aisladas en ZNI, elaborado por la USAID para el programa de Energía Limpia para Colombia.

- i. Sistemas Pico – Fotovoltaicos (SPF). Estos sistemas picos, entre 5 Wp y 20 Wp, son los más sencillos pero también los más limitados en cuanto a su capacidad de generación de energía y atención de demanda de uso.
- ii. Sistemas Solares Residenciales (SSR). Estos sistemas pueden operar en un mayor rango de potencias, entre 100 Wp y 2 kWp o más según necesidades, y dependiendo de las cargas podrán requerir únicamente energía en DC o en AC, requiriendo así un inversor.
- iii. Soluciones interconectadas a micro redes.

Para la definición de normas y estándares mínimos de calidad<sup>10</sup>, se determinaron los componentes principales de este proyecto tipo (Panel, Regulador de Carga Solar, Inversor y Batería), que deben cumplir con la siguiente normatividad técnica:

#### a) Paneles Fotovoltaicos:

Deben cumplir con las especificaciones contempladas en la norma IEC-61730 de 2009, sobre seguridad en módulos fotovoltaicos, ésta norma está dividida en dos partes, en la IEC 61730- 1<sup>[11]</sup>, requisitos para la construcción y la IEC 61730-2<sup>12</sup> requisitos para las pruebas. Dependiendo del tipo de panel a instalar, la normatividad técnica aplicable es así:

- i. Paneles de Silicio Cristalino: norma NTC 2883 de 2006.
- ii. Paneles fotovoltaicos de película delgada (Thin Film): norma NTC 5464 de 2010.
- iii. Paneles en condiciones especiales<sup>13</sup>: norma NTC 5512 de 2013.

#### b) Regulador de Carga Solar:

Se debe cumplir con la norma NTC6016 de 2013, la cual define los requisitos de comportamiento y rendimiento de los controladores de carga de batería y todas las que apliquen para estos reguladores.

#### c) Inversores:

Para Artefactos electrodomésticos y similares: norma NTC2183 de 2014 y NTC5759 de 2010, que establecen las pautas de medida de rendimiento de los acondicionadores de potencia usados en los sistemas fotovoltaicos aislados y en los conectados a la red eléctrica.

#### d) Baterías:

Se debe cumplir la norma NTC 5287 de 2009, la cual suministra la información necesaria referente a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típicos utilizados para verificar la eficiencia de las baterías.

Para el cumplimiento de las normas anteriormente enunciadas, se debe justificar éstos requisitos mediante la presentación del certificado emitido por algún laboratorio acreditado por el ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation).

En todos los casos se deben buscar proveedores que garanticen los estándares de calidad y seguridad de los productos, mediante la certificación de cumplimiento de normas mínimas y todos los elementos debe tener su respectivo etiquetado en el que se incluya el fabricante y los parámetros del equipo.

<sup>10</sup> ARTÍCULO2.2.3.3.2.2.3.6, Decreto 1623 de 2015 "Estándares de calidad de sistemas aislados individuales. El MME establecerá los estándares de calidad mínimos que deben cumplir los sistemas aislados individuales para garantizar la prestación del servicio. Los estándares incluyen la calidad del servicio y, en los casos en los que las inversiones se hagan con recursos públicos, las especificaciones técnicas mínimas de los equipos. El promedio de generación de estas soluciones será igual o menor al consumo básico de subsistencia."

<sup>11</sup> Adoptada para Colombia bajo la norma NTC 5899-1 de 2011.

<sup>12</sup> Adoptada para Colombia bajo Norma NTC 5899-2 de 2011.

<sup>13</sup> Paneles expuestos a atmósferas húmedas altamente corrosivas, como los ambientes marinos

Teniendo en cuenta los pasos enunciados en el numeral 5.1, una vez se tenga los valores de radiación y piso térmico se debe proceder a buscar el tipo de alternativa de acuerdo al siguiente cuadro. Allí se debe relacionar el

valor de la radiación que se obtuvo en el mapa IDEAM con la altitud de la mayoría de los hogares y se debe obtener un tipo de solución (entre A-H). Solo una solución se va a adaptar a las condiciones del municipio.

Tabla 2 Selección SSA por radiación y piso térmico

<b>Rango de radiación kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>Piso térmico menor a 1000 msnm</b>	<b>Piso térmico mayor o igual a 1000 msnm</b>
<b>2,5-3,0</b>	SSA TIPO A	SSA TIPO E
<b>3,0-3,5</b>		
<b>3,5-4,0</b>	SSA TIPO B	SSA TIPO F
<b>4,0-4,5</b>		
<b>4,5-5,0</b>	SSA TIPO C	SSA TIPO G
<b>5,0-5,5</b>		
<b>5,5-6,0</b>	SSA TIPO D	SSA TIPO H
<b>6,0-6,5</b>		

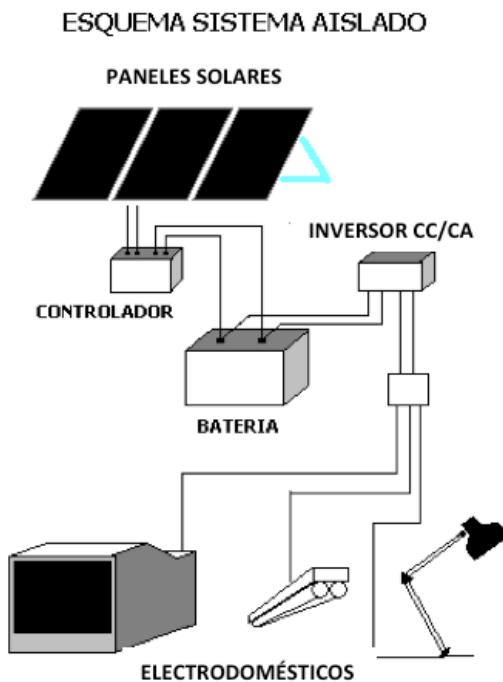
Fuente: Ministerio de Minas y Energía

Por ejemplo, si un municipio tiene una radiación entre 4,0-4,5 kWh/m<sup>2</sup> y la mayoría de los usuarios están en el piso térmico menor a 1000

msnm la SSA será tipo B. Una vez que se haya encontrado el tipo de SSA se debe consultar en la tabla 3 las especificaciones técnicas.

## 6.1 Sistema Fotovoltaico

Se propone la implementación de un sistema solar fotovoltaico que estará compuesto por los elementos descritos en el siguiente diagrama:



Fuente: <http://www.sitiosolar.com/la-electrificación-solar-fotovoltaica-de-hogares/>

En el Sistema Fotovoltaico a instalar, como solución individual para un hogar rural, la cantidad de paneles va en relación a la radiación de la localidad y la cantidad de baterías del

banco va de acuerdo al consumo promedio del hogar, ésta relación de elementos se puede observar en la Tabla 2 Especificaciones SSA.

Tabla 3 Especificaciones SSA

TIPO	SSA TIPO A		SSA TIPO E	
		Cantidad		Cantidad
Potencia Sistema (Wp)	1560		1240	
Panel (Wp)	260	6	310	4
Arreglo paneles	2 String de 3 paneles en serie por string		2 String de 2 paneles en serie por string	
Inversor	1200VA / 48Vdc / 120Vac	1	1200VA / 48Vdc / 120Vac	1
Regulador (A-V)	35 A-150 V	1	30 A-150 V	1
Batería (Ah-V)	220 Ah- 12V	4	150 Ah- 12V	4
Banco baterías	Arreglo en serie a 48 V		Arreglo en serie a 48 V	
TIPO	SSA TIPO B		SSA TIPO F	
		Cantidad		Cantidad
Potencia Sistema (W)	1240		930	
Panel (Wp)	310	4	310	3
Arreglo paneles	2 String de 2 paneles en serie por string		1 String de 3 paneles en serie por string	
Inversor	1200VA / 48Vdc / 120Vac	1	1200VA / 48Vdc / 120Vac	1
Regulador (A-V)	30 A-150 V	1	20 A-150 V	1
Batería (Ah-V)	220 Ah- 12V	4	150 Ah- 12V	4
Banco baterías	Arreglo en serie a 48 V		Arreglo en serie a 48 V	
TIPO	SSA TIPO C		SSA TIPO G	
		Cantidad		Cantidad
Potencia Sistema (WP)	1040		780	
Panel (Wp)	260	4	260	3
Arreglo paneles	1 String de 4 paneles en serie por string		1 String de 3 paneles en serie por string	
Inversor	1200VA / 48Vdc / 120Vac	1	1200VA / 48Vdc / 120Vac	1
Regulador (A-V)	20 A-150 V	1	20 A-150 V	1
Batería (Ah-V)	220 Ah- 12V	4	150 Ah- 12V	4
Banco baterías	Arreglo en serie a 48 V		Arreglo en serie a 48 V	
TIPO	SSA TIPO D		SSA TIPO H	
		Cantidad		Cantidad
Potencia Sistema (WP)	930		620	
Panel (Wp)	310	3	310	2
Arreglo paneles	1 String de 3 paneles en serie por string		1 String de 2 paneles en serie por string	
Inversor	1200VA / 48Vdc / 120Vac	1	1200VA / 48Vdc / 120Vac	1
Regulador (A-V)	20 A-150 V	1	15 A-150 V	1
Batería (Ah-V)	220 Ah- 12V	4	150 Ah- 12V	4
Banco baterías	Arreglo en serie a 48 V		Arreglo en serie a 48 V	

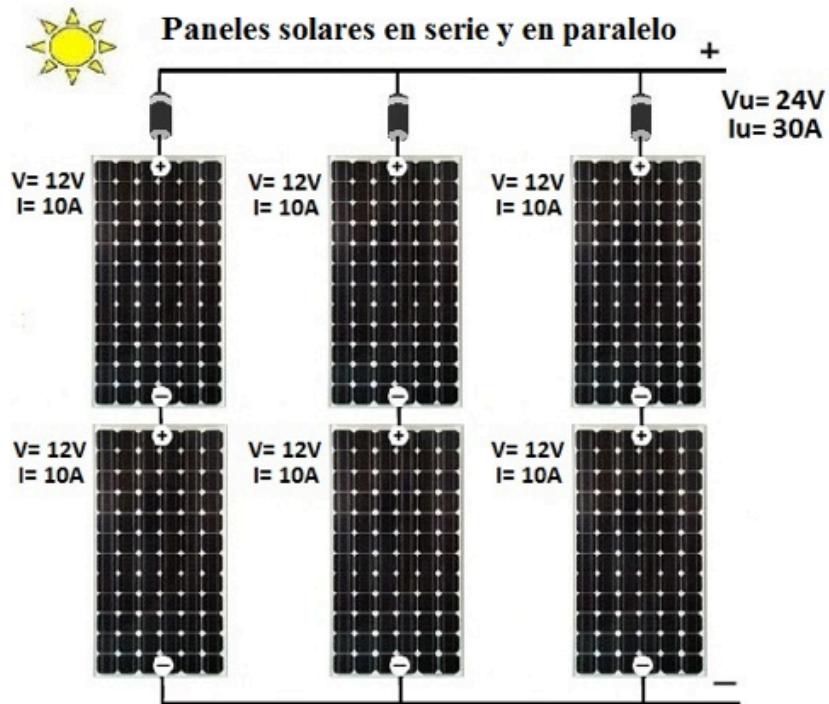
Fuente: Ministerio de Minas y Energía

NOTA: Las baterías descritas en los diferentes tipos de sistemas deben ser de alto ciclaje, es decir que la ficha técnica debe enunciar un valor superior a 1000 ciclos para una profundidad de

descarga (DoD) del 50%, a una temperatura de 20-25°C.

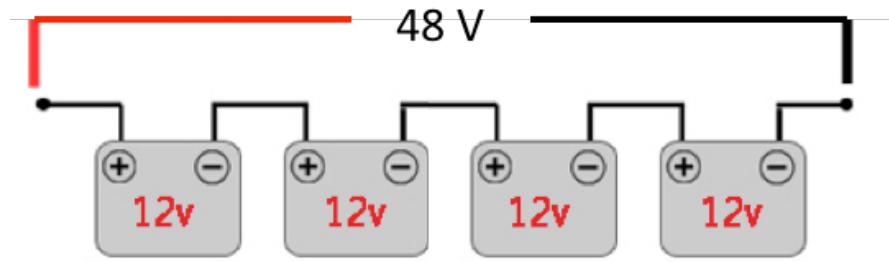
A continuación se presentan ejemplos de los arreglos de paneles solares y batería.

Ejemplo 1. Arreglo paneles: 3 strings, cada uno con 2 paneles en serie



Fuente: Programa de Energía Limpia para Colombia USAID

Ejemplo 2. Arreglo de 4 baterías en serie a 48 V



Fuente: Programa de Energía Limpia para Colombia USAID

## 6.2. Cargas

En cuanto a las cargas (electrodomésticos a usar), se estima que el consumo promedio de energía mensual para altitud igual o inferior a 1000 msnm es de 95 kWh/mes y para altitud superior a los 1000 msnm es de aproximadamente 65 kWh/mes.

El sistema fotovoltaico se calcula para un día y medio de autonomía, 36 horas aproximadamente de disponibilidad de energía

permanente las 24 horas; es muy importante considerar que el elemento más costoso dentro del sistema es la batería y que esta solución tiene energía finita, es decir que la energía de las baterías se agotará si se conectan electrodomésticos muy grandes, muy viejos, ineficientes, en mayores cantidades de las diseñadas o se dejan encendidos cuando no se están usando.

De manera indicativa se muestra a continuación el cuadro de cargas empleado en el diseño de los sistemas, este será muy importante para hacer sensibilización con la comunidad ya que del

buen uso y selección de los electrodomésticos dependerá el funcionamiento y durabilidad de sistema solar fotovoltaico.

Tabla 4 Cargas de electrodomésticos

Electrodoméstico	Potencia (W)	Cantidad	Horas de uso
Nevera 222 L Tipo A	180	1	NA
Televisor 24" led	120	1	4
Toma para celular	50	1	5
Bombillos Led	11	5	4
Otros usos	200	1	5

### 6.3. Proceso constructivo

El proceso constructivo es el conjunto de fases, sucesivas o simultáneas (traslapadas) en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto de infraestructura; en este caso, la instalación de un sistema fotovoltaico para la producción de electricidad de uso doméstico.

A continuación, se muestra un diagrama del proceso constructivo básico, anotando que algunas de las actividades descritas se podrán realizar de manera simultánea, pero siempre iniciando con la localización del proyecto.





Fuente: Grupo de estructuración de proyectos

Los aspectos técnicos que se describen a continuación, deberán ser corroborados con el resultado del estudio de suelos del área en donde se va a implementar el proyecto.

El estudio de suelos, hace referencia a la inspección visual y a un levantamiento de información en el lugar, tales como la cota o altura máxima histórica del nivel de agua época invernal, descripción de la vegetación en el caso de ver la posibilidad de interconexión entre viviendas.

### Especificaciones Generales

Este documento es complementado con especificaciones y presupuesto del sistema a instalar. En todos los casos los Análisis de Precios Unitarios (APU) deben incluir los rendimientos

de las actividades, cubrir los costos de materiales y sus desperdicios comunes, mano de obra, prestaciones sociales, impuestos, tasas y contribuciones decretados por el gobierno nacional, departamental o municipal, herramientas, maquinaria o equipos, transportes de materiales, regalías, obras temporales, obra falsa (formaletas), servidumbres y todos los demás gastos inherentes al cumplimiento del contrato, incluso los gastos de administración imprevistos, y utilidades del constructor.

De igual forma, desde la orden de iniciación y entrega de la zona de las obras al contratista y hasta la entrega definitiva de las obras a la entidad territorial, el contratista está en la obligación de señalizar las áreas correspondientes a lo contratado como prevención de riesgos a los usuarios y personal que trabajará en la obra, de

acuerdo con las especificaciones vigentes sobre la materia.

El constructor deberá mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de las mismas y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos.

La entidad contratante se debe reservar el derecho de exigir el reemplazo o reparación,

por cuenta del contratista, de aquellos equipos que a su juicio sean inadecuados o ineficientes o que por sus características no se ajusten a los requerimientos de seguridad o sean un obstáculo para el cumplimiento de lo estipulado en los documentos del contrato. Los equipos deberán tener los dispositivos de señalización necesarios para prevenir accidentes de trabajo. Los equipos a instalar, deberán cumplir con los estándares mínimos de calidad y certificación para garantizar la perdurabilidad de los mismos enunciados en el numeral 2.

## 6.4. Realizar obras preliminares

Dentro de estas actividades se encuentran aquellas necesarias para empezar la ejecución de la obra, tales como: localización y replanteo, y dependiendo de su tamaño será necesario

otras actividades tales como: adecuación del terreno, limpieza, descapote y nivelación del terreno.

## 6.5. Localización y Replanteo

El estudio de localización tiene como objetivo seleccionar la ubicación más conveniente para el proyecto, es decir, aquella que frente a otras opciones posibles, produzca el mayor nivel de

beneficio para los usuarios y la comunidad. El panel solar se debe ubicar, a ser posible, en un lugar que no genere sombras y que tenga la menor pérdida por caída de tensión.

## 6.6. Adecuación del terreno

En esta actividad se deberá realizar la preparación del terreno para la adecuación de la zona en donde se llevará a cabo la respectiva instalación de la unidad solar; consiste en limpiar y despejar toda el área de rastrojo, maleza, bosque o pastos. Se debe hacer hincapié que el impacto que tendrá la instalación fotovoltaica

será mínimo y podrá seguir su actividad agrícola normalmente, siempre y cuando los nuevos cultivos no generen sombras. En caso de que las sombras producidas por la naturaleza sean inmodificables, habrá que hacer replanteo o nuevo cálculo en el campo de generación fotovoltaico.

## 6.7. Instalar sistema de celdas solares

Serán las actividades necesarias para ubicar los paneles solares fotovoltaicos en la estructura soporte y se dará la orientación e inclinación necesarias para un buen funcionamiento.

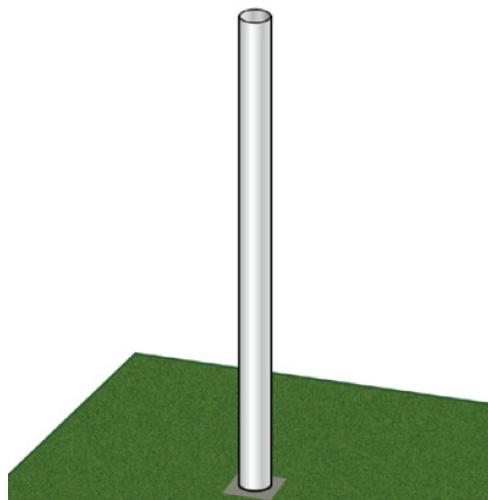
La instalación eléctrica deberá cumplir con el RETIE- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

## 6.8. Excavación para soporte y ubicación

La base soporte podrá ser tipo celosía o tipo poste y tendrá las dimensiones adecuadas según el peso de paneles y los esfuerzos dinámicos del viento que va a soportar. Esta estructura podrá ser de aluminio, acero galvanizado o con tratamiento ante agentes corrosivos, también puede ser en madera tratada o fibra de vidrio. Cuando se habla de tipo poste, éste podrá tener un diámetro aproximado de 4 pulgadas, según

carga a soportar y una altura de 2 a 2,5 m.

La excavación para el soporte de la estructura, tendrá la profundidad adecuada, según la cantidad de paneles a instalar, la dureza del terreno y por corrientes de viento, podrá variar entre una profundidad u otra, una profundidad media para instalar dos paneles está entorno de 60 cm a 80 cm.



Fuente: Programa de Energía Limpia para Colombia USAID

Vale la pena resaltar que el poste podrá ser circular, cuadrado o cualquier otra geometría

que cumpla con la resistividad de cargas portantes y esfuerzos dinámicos.

## 6.9. Instalación celdas solares

En las regiones de Sudamérica (hemisferio sur), se recomienda que los paneles solares se encuentren dirigidos al norte. Las regiones que se encuentran en el hemisferio norte, los paneles se dirigirán al sur.

Colombia tiene regiones en el hemisferio norte

y sur, esto se define por la línea ecuatorial. La costa atlántica, santanderes, Antioquia se encuentran en el hemisferio norte, Amazonas se encuentra en el hemisferio sur.

Las coordenadas de Latitud indican si se está en el hemisferio norte o sur, así:

Tabla 5 Latitudes

Ubicación	Latitud
Armenia	04 ° 35'N
Barrancabermeja	07 ° 00'N
Buenaventura	03 ° 53'N
Florencia	01 ° 36'N
Leticia	04 ° 09'S
Puerto Leguízamo	0 ° 12'S

Fuente: Grupo de estructuración de proyectos.

El grado de inclinación de los paneles será la misma que la latitud, en caso de que la latitud sea inferior a diez grados se mantendrá los mismos 10 grados de inclinación para cualquiera de éstas latitudes. Por ejemplo, si la

instalación está en Barrancas – La Guajira, se instalarán los paneles a una inclinación de 12° con respecto a la horizontal o si la instalación está en Armenia, la instalación se hará a 10° de inclinación y orientados hacia el sur.



Fuente: Programa de Energía Limpia para Colombia USAID

Los paneles propuestos son de 60 y 72 células, podrás ser de tecnología policristalino o monocristalino, sin embargo, se contempla la posibilidad de que el sistema funcione

con tecnología amorfo o híbrido (cristalino-capa fina), siempre y cuando cumpla con los estándares técnicos mínimos.

## 6.9.1. Instalar cables y dispositivos de procesamiento de la energía

Dentro de estas actividades se encuentran aquellas necesarias para conectar las celdas solares con los dispositivos que se encargarán

de hacer el almacenamiento, control y entrega de la energía en la vivienda.

## 6.9.2. Excavación zanja para cables

Se hará una zanja para conectar los paneles solares con el regulador de carga. La zanja tendrá de ancho 20 cm y de profundo 25 cm. Se utilizará el mismo material excavado para acondicionar el lugar.

La instalación se hará con tubos galvanizados y

el diámetro será de acuerdo al RETIE, capacidad máxima de conductores por tubo.

Todas las instalaciones deben cumplir con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE y el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050.

## 6.9.3. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra deberá instalarse de acuerdo a las especificaciones técnicas del RETIE. La estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

Se realizará la debida puesta a tierra del rack o gabinete de las baterías, del gabinete de protecciones, del inversor y de la estructura soporte del generador fotovoltaico, unidos a una misma pica a tierra para guardar la equipotencialidad de la instalación.

## 6.9.4. Instalación y conexión de la batería

La función de las baterías en un sistema de celdas fotovoltaicas es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante períodos prolongados de mal tiempo.

Los cables que conectan las baterías con el regulador se deben instalar adecuadamente, en donde el cable de polo positivo de la batería se conecta con el polo positivo del regulador. Así mismo, en la entrada de corriente continua al inversor, se conectará el polo positivo del inversor con el polo positivo de la batería, de igual manera como se conectaron los polos

positivos se conectarán los polos negativos, sin olvidar las protecciones que deben tener estas conexiones.

La batería será almacenada en un gabinete cerrado y ventilado, teniendo en cuenta las dimensiones de las baterías y las conexiones, sin que éstas conexiones lleguen a tener contacto con las paredes del gabinete, la instalación se hará en un lugar seco y debidamente asegurado para que los niños no puedan manipular los aparatos y asegurándose que quede sobre el nivel máximo histórico de inundación.

## 6.9.5. Instalación y conexión regulador

El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo

energía del panel solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si, una vez que se

ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inician procesos en la batería que pueden llegar a ser peligrosos y podrían acortar sensiblemente la vida de la misma. Así mismo, controla la energía que llega del panel solar y regula la energía que sale de la batería para el funcionamiento de los equipos

instalados.

El regulador de carga podrá compartir gabinete con el sistema de protecciones o con el inversor, dependiendo del grado de protección del inversor y sugerencias de ventilación.

## 6.9.6. Realizar instalaciones internas y conexión de equipos en la vivienda

Son las actividades necesarias para la instalación

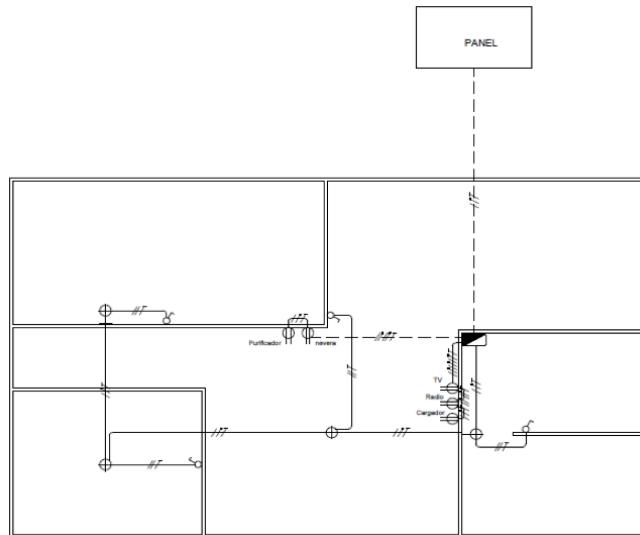
de redes internas y de electrodomésticos.

## 6.9.7. Instalación redes internas

Para la construcción y montaje se aplicarán las Norma ICONTEC 2050 (Código Eléctrico Colombiano), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE y las recomendaciones de los fabricantes de los

equipos a instalar. Todos los materiales utilizados para la construcción de las instalaciones eléctricas deben tener la respectiva certificación y homologación RETIE de Materiales y se debe adjuntar.

Ilustración 4 Instalaciones eléctricas internas (ejemplo)



Fuente: Modelo de diseño - Programa de Energía Limpia para Colombia USAID

## 6.9.8. Realizar gestión social

Es el componente correspondiente al envío de personal para determinar las condiciones sociales, logísticas y de seguridad en la zona de interés. La información que se obtiene en esta etapa ayudará a minimizar riesgos y costos por imprevistos.

Compartir información y experiencias de otros proyectos ya en operación, reducirá la curva de aprendizaje de las nuevas comunidades beneficiarias de la solución.



## 7. Interventoría y supervisión del proyecto

### 7.1. Interventoría

La interventoría consistirá en el seguimiento técnico que sobre el cumplimiento del contrato realice una persona natural o jurídica contratada para tal fin por la entidad territorial.

Se tendrá en cuenta los parámetros del compromiso pactado mediante contrato y se revisará que cumpla los estándares técnicos de los equipos, se realizarán las pruebas necesarias y se dejará en consigna cada uno de los datos que pueden arrojar, dichos datos serán:

- Tensión en circuito abierto de paneles
- Tensión en circuito cerrado de paneles
- Tensión en arreglo de baterías al inicio

o apertura de la instalación.

- Corriente de carga en el momento de la medida.
- Corriente de consumo en DC sin elementos conectados de la vivienda.
- Tensión en AC del inversor
- Corriente de consumo de AC.
- Resistividad de la tierra

Además, se hará inspección visual del estado y posición de los gabinetes y registro fotográfico.

Así como la recopilación de información de cada uno de los equipos y elementos instalados para realizar la georreferenciación.

### 7.2. Supervisión

La supervisión consistirá en el seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico que sobre el cumplimiento del objeto del contrato, es ejercida por la misma entidad estatal cuando no se requieren conocimientos

especializados. Para la supervisión, la entidad territorial podrá contratar personal de apoyo, a través de los contratos de prestación de servicios que sean requeridos.

# 8. Presupuesto y cronograma



## 8.1. Interventoría y Supervisión

La interventoría requiere la realización de un presupuesto específico para la determinación del monto. Sin embargo, según el análisis realizado, se identificó un valor promedio que corresponde aproximadamente al 10-15% del valor total del proyecto.

Para el caso de la supervisión, en caso de que no la realice la misma entidad, se podrá contratar un profesional a través de la modalidad de prestación de servicios. Estas funciones en promedio se ha estimado podrán tener un valor de \$ 3.500.000 por mes sin incluir gastos de viaje.

En ambos casos los valores deben ser determinados con base en el análisis que desarrolle la entidad territorial según las características propias, junto con la determinación del presupuesto específico. Estos valores deberán ser incluidos en el presupuesto del proyecto.

Se recomienda considerar un mes más de desarrollo de las actividades tanto de interventoría como de supervisión para garantizar el cumplimiento final de todo lo definido en los contratos.

## 8.2. Cronograma

Tabla 6. Cronograma de obra para 40 usuarios



Fuente: Grupo de estructuración de proyectos



## 9. Operación y mantenimiento

De acuerdo a los trabajos adelantados por la UPME en el marco de los PERS se ha evidenciado que los habitantes rurales suelen comprar velas para iluminación y pilas para radio y linternas. A partir de la instalación del sistema las familias no dependerán de otros sistemas de iluminación o entretenimiento. Con la instalación de un sistema fotovoltaico que suministre energía para el televisor, radio y de la iluminación se garantiza que los habitantes disminuyan la compra de velas y pilas, por lo que el dinero de dicho gasto debería recaudarse para asegurar el mantenimiento y la operación de las soluciones solares asiladas.

Estas instalaciones requieren un mantenimiento periódico en el que se haga una limpieza general de los paneles, revisión de la operación de los equipos entre otros, además los elementos deben ser reemplazados una vez cumplan su vida útil. Se estima que dando un uso adecuado al sistema las baterías deberán reemplazarse cada 7 años (siempre y cuando se seleccionen las baterías descritas en la NOTA del numeral 6.1), los reguladores cada

10 y los inversores cada 12, por lo tanto es fundamental para asegurar la sostenibilidad de los sistemas diseñar mecanismos de recaudo que cubran estos costos. Este recaudo podrá hacerse vía tarifas y subsidios, y mediante la utilización de mecanismos de medición tipo prepago, en todo caso el esquema de recaudo y aseguramiento del mantenimiento y la operación deberá incluirse dentro de la propuesta del proyecto. Dentro de la presentación del proyecto deberá incluirse el costo estimado de operación y mantenimiento ya sea por kWh o el costo equivalente mensual.

Para la administración de estos recursos en caso de que no sea la empresa de servicios públicos la encargada de la operación y mantenimiento de los sistemas, se hace necesaria la conformación de un comité en la comunidad beneficiada con el proyecto. Se elegirán cuatro (4) personas de la comunidad para que cumplan funciones de TECNICO-GESTOR COMUNITARIO, TESORERO, FISCAL Y SECRETARIO.



### 9.1. Técnico-Gestor Comunitario

#### Funciones

- a) Velar por el buen mantenimiento y funcionamiento de los equipos entregados.
- b) Realizar mantenimiento a los equipos y reparación cuando ésta sea posible.
- c) Reportar y remitir a la empresa ejecutante cuando no sea posible la reparación de alguno de los equipos, siempre y cuando la falla detectada no se deba a mal uso. El reporte a la empresa ejecutante estará sujeto a los tiempos establecidos por el contratista para

atender temas técnicos asociados a la garantía de los equipos.

- d) Realizar recorridos mensuales por las viviendas beneficiadas para verificar el buen uso de los equipos.

#### Remuneración

La forma de pago para el técnico será por obra o prestación de servicio y nunca excederá los valores del salario mínimo legal vigente (se deja a valoración de la comunidad).

## 9.2. Tesorero

### Funciones

- a) Recolectar y administrar los recursos para el mantenimiento de los equipos dentro de los primeros 5 días del mes.
- b) Elaborar y entregar facturas a los beneficiarios del proyecto de los aportes mensuales.
- c) Registrar los ingresos y egresos con sus respectivos soportes en un libro de finanzas.

- d) Reportar mensualmente el cumplimiento de pagos identificando las familias que se encuentran en mora.

### Remuneración

Se sugiere que esta labor sea entendida como un aporte a la comunidad y por lo tanto no debe ser remunerada.

## 9.3. Fiscal

### Funciones

- a) Vigilar el adecuado manejo de los dineros recolectados.
- b) Generar estrategias de pago para aquellas familias que presenten mora en los pagos mensuales.
- c) Aprobar los reportes mensuales del Tesorero.

- d) Realizar mensualmente un reporte con las novedades encontradas.

### Remuneración

Se sugiere que esta labor sea entendida como un aporte a la comunidad y por lo tanto no debe ser remunerada.

## 9.4. Secretario

### Funciones

- a) Canalizar la información que el Comité debe dar a conocer a la comunidad.
- b) Canalizar las inquietudes de la comunidad para darlas a conocer al Comité.
- c) Elaborar comunicados mensuales con las novedades del mes (moras, daños, fechas de reuniones de rendición de cuentas), y en

general de todas las actividades que el Comité realice.

### Remuneración

Se sugiere que esta labor sea entendida como un aporte a la comunidad y por lo tanto no debe ser remunerada.

# Anexos

Este documento cuenta con dos (2) anexos, los cuales serán:

1. Instructivo Lectura de radiación solar para un municipio / localidad
2. Lista de chequeo del proyecto.

Con el apoyo de:



### Programa Nacional de Servicio al Ciudadano

Luz Patricia Cano Muñoz  
Ana Milena Cáceres Castro  
Brigitte Marcela Quintero Galeano  
Rosa Valentina Aceros García

