

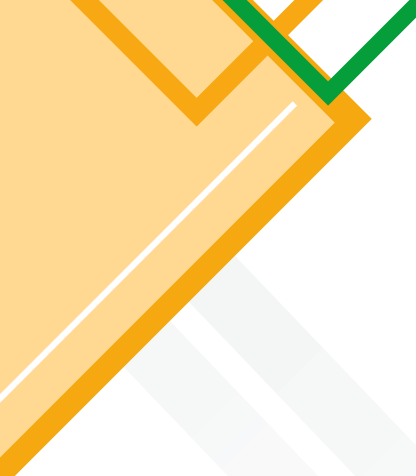


CAUCA

Plan de Energización Rural Sostenible



Universidad
del Cauca



EQUIPO UNICAUCA:

Juliana Sarmiento

Claudia Escobar

Maximiliano Bueno López

Julián Andrés Andela

EQUIPO UPME

Johanna Larrota Cortes

Manuel Peña Suarez

Oficina de gestión de proyectos de fondos

EQUIPO IPSE

Leonardo Aponte Pulido

Supervisor IPSE



CAUCA

Plan de Energización Rural Sostenible



Universidad
del Cauca



Proyecto PERS Cauca

Cartilla para la formulación de proyectos energéticos productivos

Entidades aliadas:

*La unidad de planeación minero energética upme es una unidad administrativa
especial del orden nacional –UPME-
Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para zonas no
interconectadas –IPSE-*

Universidad del Cauca

Octubre de 2023



Contenido

1. INTRODUCCIÓN DE LA CARTILLA

9

- 1.1. CONTEXTO DE LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI).
- 1.2. CONTEXTO DEL TÉRMINO COMUNIDADES ENERGÉTICAS (CE).
- 1.3. CONCEPTOS BÁSICOS ENERGÉTICOS Y NORMATIVAS EN LA GESTIÓN Y FORMULACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS.
- 1.4. IMPORTANCIA DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS PRODUCTIVOS SOSTENIBLES EN ZNI.
- 1.5. TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA (TEJ)

2. GENERALIDADES SOBRE FORMULACIÓN DE PROYECTOS PRODUCTIVOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN ZNI

18

- 2.1. PERFIL
- 2.2. ETAPA DE PRE-FACTIBILIDAD.
- 2.3. ETAPA DE FACTIBILIDAD.
 - 2.3.1. CONTRIBUCIÓN PLANES DE DESARROLLO
 - 2.3.2. PROBLEMÁTICA
 - 2.3.3. PARTICIPANTES
 - 2.3.4. POBLACIÓN
 - 2.3.5. OBJETIVOS
 - 2.3.6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS
 - 2.3.6.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES ENERGÉTICAS Y DEMANDA.
 - 2.3.6.2 METODOLOGÍA UPME: EL PLAN INDICATIVO DE EXPANSIÓN DE LA COBERTURA ELÉCTRICA – PIEC
 - 2.3.6.3 METODOLOGÍA HOMER

2.4. EVALUACIÓN MULTICRITERIO: ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE UN PROYECTO ENERGÉTICO

2.5. SOSTENIBILIDAD SOCIAL Y ECONÓMICA

2.5.1. SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA-FINANCIERA:

2.5.2. HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN: EL COSTO NIVELADO

DE LA ENERGÍA - LCOE Y EL COSTO DE ELECTRIFICACIÓN EQUIVALENTE – LEC

2.6. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL:

2.7. SOSTENIBILIDAD TÉCNICO – PRODUCTIVA.

3. PLANEACIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES.

50

3.1. ROL DE LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN LA PLANEACIÓN DE PROYECTOS.

3.2. LA GRAN APUESTA POR LA TEJ

3.3. DISEÑO Y DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS.

3.4. ACEPTACIÓN DE LA ALTERNATIVA ENERGÉTICA DESDE EL PUNTO DE VISTA CULTURAL Y AMBIENTAL.

3.5. DISEÑO Y DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN ZNI.

3.6. INTEGRACIÓN A LAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE.

3.7. CREACIÓN DE ESPACIOS DE DIALOGO Y TOMA DE DECISIONES CONJUNTAS.

4. DIMENSIONAMIENTO DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS.

58

4.1. PROYECTOS ENERGÉTICOS INTEGRALES

4.2. PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA SOSTENIBLE.

5. MISIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA.

61

- 5.1. ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN ZNI.
- 5.2. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS.
- 5.3. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

6. DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS FUTURAS DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN ZNI.

64

- 6.1. PROMOCIÓN DE LA APROPIACIÓN LOCAL DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES.
- 6.2. PLAN NACIONAL DE SUSTITUCIÓN DE LEÑA (POLÍTICA DE SUSTITUCIÓN DE LEÑA).
- 6.3. ESTRATEGIA CLIMÁTICA DE LARGO PLAZO EN COLOMBIA.
- 6.4. CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS.





1. INTRODUCCIÓN DE LA CARTILLA

En los últimos años en Colombia el término transición energética ha venido tomando fuerza con el gran objetivo de generar sostenibilidad y la necesidad de promover fuentes de energías renovables. En ciertas partes del territorio colombiano denominadas zonas no interconectadas (ZNI) este tipo de transición se presenta como un desafío significativo. Estas áreas remotas y aisladas geográficamente se enfrentan a grandes dificultades para acceder a servicios energéticos sostenibles y confiables. No son pocos los factores negativos que limitan un verdadero cambio basado en el interés general que deriva de la transición energética impulsando un camino diferente, apostando por:

- *Iniciativas de una transición que genere una verdadera transformación socioeconómica en la búsqueda de una base fundamental para una vida justa, equitativa y digna para todas las personas.*
- *Una transición democrática que se implante sobre la nueva base de un pacto social que pueda determinar su alcance, transcendencia, con el objetivo de reivindicar la vida digna de todas las personas que habitan las ZNI.*
- *Por último, una transición sostenible que permita avanzar en una transformación tecnológica, socioeconómica enmarcada en los límites ambientales que por hoy sufre el planeta.*

Teniendo en cuenta este entorno, en Colombia ha surgido una idea de implementación de soluciones in-

novadoras para abordar esta problemática. Una de las propuestas más prometedoras implementada en el nuevo plan de desarrollo colombiano es la adopción del modelo de comunidades energéticas. Estas comunidades se caracterizan por su capacidad de generar, almacenar y distribuir energía renovable de manera colaborativa y descentralizada, permitiendo a las ZNI avanzar hacia la autosuficiencia energética y reducir su dependencia de fuentes contaminantes y mejorar a una calidad de vida digna.

La presente guía tiene como objetivo brindar una visión general y práctica sobre la implementación de proyectos energéticos productivos en las ZNI, con un enfoque especial en el modelo de comunidades energéticas en Colombia. En el transcurso de la guía se explorarán los fundamentos teóricos, las mejores prácticas y los aspectos claves que se deben considerar para el desarrollo de proyectos energéticos en estas comunidades.

Deseamos que esta guía sea una herramienta valiosa y práctica para todas aquellas personas involucradas e interesadas en promover soluciones energéticas sostenibles en las ZNI

1.1. CONTEXTO DE LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI).

Las zonas no interconectadas (ZNI), también conocidas como áreas remotas o aisladas reconocidas en Colombia desde el año 1994 a través de la ley 143 del mismo año en la que se define en su artículo 11°, como aquellas regiones geográficas que no están conectadas o abastecidas por la red eléctrica principal o que tienen una conexión eléctrica limitada dependiente de energías no convencionales. Estas zonas pueden incluir áreas rurales alejadas y áreas montañosas de difícil acceso.

Las primeras zonas que se comprenden como no interconectadas se ubican en los siguientes departamentos de Colombia: Amazonas, Antioquia, Arauca, Caquetá, Casanare, Cauca, Choco, Guainía, Guaviare, Meta, Nariño, Putumayo, Vaupés, Vichada.

La energía juega un papel fundamental en el desarrollo social de cualquier comunidad, la falta de acceso a la electricidad es uno de los principales desafíos en estas zonas. Las razones detrás de esta falta de interconexión se derivan de la lejanía geográfica, la falta de infraestructura adecuada, los altos costos de extensión de la red eléctrica convencional, las limitaciones técnicas o los malos manejos económicos por parte del estado.

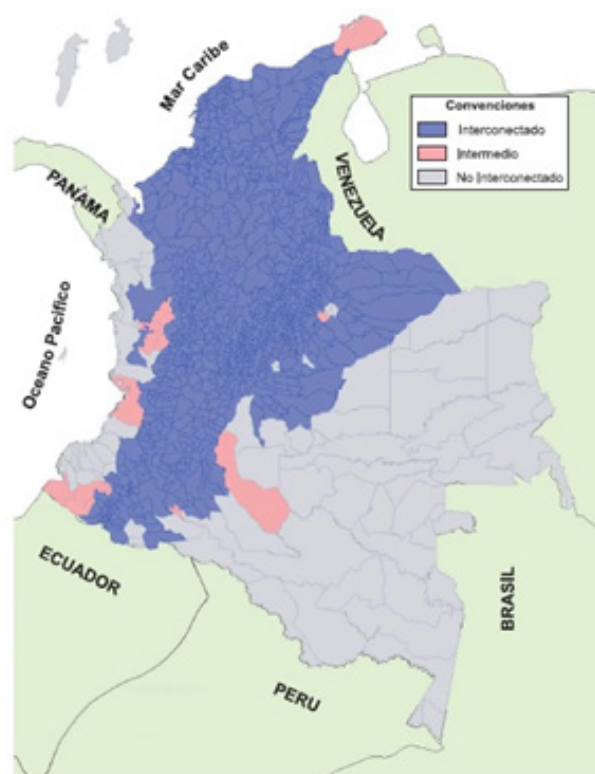


Figura 1. caracterización energética en las ZNI

Las disponibilidades de los servicios energéticos modernos tienen un gran impacto significativo en sectores tan importantes como la salud, educación, seguridad, productividad económica y la calidad de vida en las comunidades.

1.2. CONTEXTO DEL TÉRMINO COMUNIDADES ENERGÉTICAS (CE).

El Contexto de comunidades energéticas (CE) tiene varios antecedentes de tipo contextual y normativo. En los países europeos desde hace un tiempo se viene reconociendo la importancia de los valores democráticos y sociales con respecto a la gestión de los recursos y con una mayor atención en el tema energético. Desde una perspectiva global y de la gestión de organismos multilaterales como las Naciones Unidas, no se debe dejar de lado la formulación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con base en garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna y la gestión de modelos de transición energética en los cuales las CE tienen un papel fundamental.

Si en Colombia se habla de la transición energética el modelo de CE tiene un papel fundamental, ya que los proyectos comunitarios de energía son la posibilidad de que los movimientos sociales, las comunidades del sector urbano, comunidades campesinas y las comunidades aisladas en las zonas rurales o ZNI, puedan ser actores generadores de energía dentro del marco de una soberanía o modelo energético popular. Con las CE se busca transformar el papel de consumidor pasivo y dependiente, y eliminar la idea de que no es posible producir y gestionar la propia energía.

Con el modelo de CE se busca el beneficio social, económico y ambiental de las propias comunidades, esto gracias a la gestión y participación que podrán tener en la administración de soluciones energéticas. Algunas de las principales ventajas para las organizaciones sociales en la búsqueda del aumento de sus capacidades productivas a partir del modelo de CE son:

- *Incentivar el dialogo entre miembros de la comunidad para consolidar el objetivo compartido y lograr una ventaja del conocimiento y la experiencia del grupo para llevar a cabo las iniciativas.*
- *Reconocer las oportunidades más relevantes para producir y utilizar energías renovables con el fin de expandir sus beneficios.*
- *Contribuir en el desarrollo de las capacidades técnicas en el tema de energías renovables y financiar el conocimiento necesario para el desarrollo de planes de negocio para las iniciativas energéticas.*
- *De tratarse de alianzas con organizaciones o entidades, las comunidades deberán aportar en desarrollar una comprensión del contexto, valores y las necesidades locales.*

El desarrollo de las CE no es un asunto simple, existen una gran diferencia social y cultural en términos de política nacional muchos factores son índices de la desigualdad en la que se encuentran algunas comunidades de otras.



Figura 2. Actores participantes en las comunidades energéticas [Realización propia]

El Ministerio de Minas y Energía en uno de sus documentos "Dialogo Social para definir la hoja de ruta para la Transición Energética menciona a las comunidades energéticas" (2022) como "Prosumidores (productores - Consumidores) de comunidades territoriales, étnicas, rurales, urbanas e industriales", da como a entender la necesidad de ser comunidades consumidoras coordinando su propia producción. Teniendo en cuenta el Plan de Desarrollo (2022 - 2026) se plantea la gran importancia del rol de las Comunidades con sus propias prácticas, ancestrales y comunitarias de todas las regiones del país, las planificaciones territoriales por medio de la implementación de proyectos de energía limpia, cambio climático e infraestructura social.

1.3. CONCEPTOS BÁSICOS ENERGÉTICOS Y NORMATIVAS EN LA GESTIÓN Y FORMULACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS.

A continuación, se dan algunas definiciones fundamentales que se emplean comúnmente en la formulación de proyectos energéticos con fines productivos:

Sostenibilidad: La sostenibilidad energética conlleva al desarrollo y el empleo de fuentes de energía de manera responsable, equilibrada a largo plazo, teniendo en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales.

Energías Renovables: El término Energías Renovables es de vital importancia para poder elaborar una sostenibilidad energética. Este tipo de fuentes de energía constan de recursos naturales que son de cierta manera inagotables y generan un impacto ambiental mucho menor a comparación de los combustibles fósiles. Invertir en la generación energética renovable es contribuir al cambio climático en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mitigación del cambio climático que se está viviendo hoy en día.

Eficiencia Energética: La eficiencia energética consta de la optimización en el uso de la energía, adquiriendo maximizar el rendimiento y minimizar las pérdidas en los procesos de producción, consumo y distribución. Buscando promover la eficiencia energética adoptando tecnologías y prácticas que reduzcan la demanda energética y ayuden a mejorar la productividad energética.

Pobreza energética: De acuerdo con Bouzarovski & Petrova (2015). La pobreza energética se refiere a la limitada capacidad de un hogar para acceder económica y materialmente a servicios domésticos de energía, y así satisfacer sus necesidades básicas. Es de considerar que la pobreza energética va a variar según el contexto, y aunque en términos generales se refiere al acceso y capacidad de pago, variables como bajos ingresos del hogar, insuficiente calidad energética de la vivienda o precios elevados de la energía, constituyen o demarcan esa pobreza energética.

Conciencia ambiental y ecológica: Se define como un espacio para implementar, pero también para aprender y generar conocimiento. En estas comunidades, se promueve la educación y conciencia ambiental, para fomentar prácticas sostenibles y un estilo de vida más responsable con el medio ambiente.

Recursos Energéticos: Los recursos energéticos renovables son aquellas fuentes de energía que son naturalmente renovables y prácticamente inagotables a escala humana. Estos recursos se caracterizan por su capacidad de reabastecimiento o regeneración en el transcurso del tiempo, su diferencia con los recursos no renovables es el uso de los combustibles fósiles.

Fuentes No Convencionales de Energía Renovable – FNCER: Mediante la ley 1715 de 2014 en Colombia se definieron las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) como aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero teniendo en cuenta que en Colombia no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se tiene una amplia comercialización de ellos.

¿CUÁLES SON LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES?

- **Energía Solar:** La energía solar se produce a partir de la radiación solar y es aprovechada mediante paneles solares fotovoltaicos o sistemas de concentración solar. Esta fuente es abundante y ampliamente disponible, especialmente en regiones con altos niveles de radiación solar.

- **Energía Eólica:** Este tipo de energía es obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste en el movimiento de las masas de aire.

- **Energía Hidroeléctrica:** La energía hidroeléctrica se obtiene por medio del flujo o caída del agua en ríos o presas, en las cuales las centrales hidroeléctricas generan electricidad a través de turbinas movidas por el agua en movimiento.

- **Energía Biomasa:** La energía biomasa se obtiene a partir de la combustión de la materia orgánica tales como los residuos agrícolas, forestales o de origen animal. La biomasa se puede utilizar para la generación de electricidad, calor o biocombustibles.

- **Energía Geotérmica:** La energía geotérmica requiere del aprovechamiento del calor interno de la tierra para generar electricidad o calor. Se trata de la extracción de energía térmica de yacimientos geotérmicos o en parte del aprovechamiento del gradiente de temperatura de la corteza terrestre.

- **Energía Mareomotriz:** Esta energía de los mares es obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que comprende fenómenos naturales marinos como lo son las mareas, el oleaje, las corrientes marinas, los gradientes térmicos oceánicos y los gradientes de salinidad, entre otros posibles.

En el modelo de comunidades energéticas el concepto de Recursos Energéticos Distribuidos es de gran importancia. Para más información sobre esto se puede consultar el enlace <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PEN.aspx>

- **Plan Energético Nacional (PEN):** El plan energético nacional es un documento con una prospectiva energética en la cual plantea escenarios indicativos de largo plazo para la consecución de los objetivos de política pública. Planteando escenarios de largo plazo en los que se puede identificar el rol que juega la tecnología en el abastecimiento energético, la reducción de costos y los compromisos ambientales del país. El propósito del PEN 2020 – 2050 es proponer una visión de largo plazo para el sector energético en Colombia y explorar la diversidad de caminos para poder lograrlo.

1.4. IMPORTANCIA DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS PRODUCTIVOS SOSTENIBLES EN ZNI.

Los proyectos energéticos sostenibles en Colombia siendo implementados en las ZNI son claves para el acceso universal a la energía, la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y la independencia energética impulsando el desarrollo local y productivo. Este tipo de iniciativas son esenciales para avanzar en el cambio hacia un futuro más sostenible y equitativo con el medio ambiente y el ámbito energético.

La energía tiene un propósito y en los proyectos actuales no se busca solo llevar el servicio y aumentar la cobertura, se busca que la energía traiga un beneficio productivo a las comunidades, el cual les permita generar ingresos que garanticen la sostenibilidad de la solución energética. En la mayoría de las ZNI en Colombia la Disponibilidad a Pagar (DAP) de los usuarios es muy baja y los subsidios entregados por el gobierno nacional no son siempre suficientes, por lo tanto

se hace necesario generar ingresos y esto se logra a partir de la utilización del recurso energético el cual promueve la creación de pequeñas empresas y negocios los cuales normalmente utilizan recursos agrícolas o las habilidades creativas de las comunidades, por ejemplo para la fabricación de artesanías u otras expresiones culturales.

Algunos conceptos a considerar en este tipo de proyectos son:

- *Independencia Energética:* La mayoría de los proyectos energéticos que son implementados en las ZNI permiten reducir la dependencia de fuentes no convencionales, generando su propia energía renovable con el fin de llegar a una autosuficiencia y generando una menor vulnerabilidad a interrupciones en su suministro energético.
- *Acceso Energético:* EL acceso energético en estas zonas es muy limitado e inexistente, la mayoría de los proyectos energéticos sostenibles, como la energía solar, eólica, biomasa, térmica o mareomotriz entre otras, pueden proporcionar una mayor calidad de vida, educación, salud, promoviendo un gran desarrollo socioeconómico.
- *Innovación Tecnológica:* Los proyectos energéticos sostenibles en las ZNI buscan fomentar la innovación tecnológica en el campo energético renovable. Este tipo de proyectos impulsan la investigación y el desarrollo de soluciones más eficientes y asequibles, ya que por medio de esto se puede tener un mayor impacto positivo en el modelo de comunidades energéticas y las ZNI proporcionando una adopción generalizada de todo tipo de energías limpias a nivel local y mundial.

- *Educación y conciencia ambiental: Mediante estos proyectos se brindan oportunidades para la educación de las comunidades y la conciencia ambiental. Este tipo de iniciativas permiten a las comunidades aprender sobre la importancia de las energías renovables, el uso de la eficiencia energética, el cambio climático y la protección del medio ambiente y sus costumbres. Mediante estos pasos se puede generar un cambio de mentalidad y empezar a promover la mayoría de las prácticas sostenibles.*
- *Impulso a la transición energética en Colombia: Con estos proyectos no solo se benefician las comunidades o zonas mencionadas, sino que también impulsa y contribuye a la transición energética en todo el país. Este tipo de iniciativas pueden demostrar la viabilidad y la mayoría de los beneficios que tienen las energías renovables, lo que puede inspirar en las regiones del país y ayudar a la adopción de soluciones energéticas sostenibles en todo el país.*

Los proyectos energéticos sostenibles en las ZNI y CE desempeñan un gran papel en la formación de un desarrollo hacia la transición con sistemas energéticos sostenibles limpios y equitativos.

1.5. TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA (TEJ)

¿QUÉ ES LA TEJ EN COLOMBIA?

En Colombia la transición energética justa por medio del Ministerio de Minas y Energía implica la migración planificada y equivalente de una matriz energética que se compone de combustibles fósiles hacia las fuentes de energías renovables y bajas en la emisión de carbono. Por ende, a diferencia de una simple transición tecnológica, la TEJ se enfoca en varios aspectos (sociales, económicos), de los cuales vamos a mencionar los más relevantes:

- *Participación ciudadana:* La TEJ involucra a las comunidades por medio de la toma de decisiones sobre la planificación, ejecución de proyectos energéticos. La toma de decisiones de manera colectiva es considerada una de las necesidades y preferencias más relevantes por parte de las comunidades.

- *Equidad social:* La TEJ busca garantizar los beneficios y las oportunidades que se pueden generar por medio de la nueva economía energética de manera equitativa por todos los sectores de la sociedad. Esto incluye asegurar que las comunidades más vulnerables no se sigan viendo perjudicadas y tengan acceso a una energía limpia, confiable y renovable.

- *Desarrollo regional sostenible:* La TEJ considera las características específicas de cada región y sus capacidades para generar energía renovable. Por medio del desarrollo se busca fomentar proyectos que busquen el beneficio propio de las comunidades (energéticas) locales, con la finalidad de contribuir al desarrollo, la creación de empleo y una economía sostenible.

- *Legitimidad de los trabajadores:* Por medio de la TEJ se busca un trato justo de los trabajadores de las industrias relacionadas con los combustibles fósiles que pueden verse afectados por la transición a energías limpias.

La TEJ es un enfoque global para la transformación del sistema energético, que va más allá de la tecnología y se centra en la equidad, la inclusión social, la protección laboral y el empoderamiento de las comunidades. Es un enfoque necesario para abordar tanto los desafíos climáticos como las necesidades y derechos humanos, creando un camino hacia un futuro energético sostenible y equitativo.

Para más información sobre la TEJ se puede consultar el enlace <https://www.minenergia.gov.co/es/servicio-al-ciudadano/foros/documentos-de-la-hoja-de-ruta-de-la-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica-justa/>

2. GENERALIDADES SOBRE FORMULACIÓN DE PROYECTOS PRODUCTIVOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN ZNI

Todo proyecto trata de dar una respuesta adecuada al planteamiento de una necesidad humana por satisfacer, en ese sentido debe contar con la aceptación y respaldo de la comunidad a la cual pretende beneficiar. El gran reto para los formuladores y evaluadores de proyectos es lograr maximizar el aporte a una economía, sin generar un gran costo social y ambiental. Particularmente esta sección describe el proceso que permite viabilizar económicamente un proyecto energético en zonas no interconectadas del territorio colombiano, ajustado a unas condiciones técnicas determinadas, todo en armonía con el entorno social y natural que será afectado por las acciones del proyecto.

En primer lugar, se presenta el contenido del estudio de pre-factibilidad, posteriormente el de factibilidad, haciendo énfasis en la metodología de estimación de tarifas, la sostenibilidad financiera y finalmente en las necesidades de información para la construcción de la ficha MGA.

2.1. PERFIL

El perfil parte de una idea que normalmente nace de la comunidad y sus necesidades energéticas, lo anterior garantiza la sostenibilidad de los proyectos ya que la solución no será una imposición o llegará a afectar las dinámicas propias de una comunidad sino que resolverá una problemática identificada por ellos mismos. Dentro del proceso de construcción de la idea se identifican posibilidades productivas que tendría la comunidad con la llegada del servicio de energía.

El perfil del proyecto se basa en el análisis de información secundaria proporcionada por diferentes entidades, entre estas vale la pena mencionar:

1. *Alcaldía municipal*
2. *Gobernación del Departamento*
3. *Ministerio de Minas y Energía*
4. *Ministerio de agricultura*
5. *IDEAM*
6. *ONGs*
7. *Organizaciones sociales*
8. *Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)*
9. *Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE)*
10. *Agencia para la Renovación del Territorio (ART)*
11. *Cámara de Comercio*
12. *Operador local de energía*
13. *Universidades Públicas y Privadas*

Se examinan también documentos de proyectos similares, se estudian mercados y beneficiarios. Esta información es crucial para evaluar alternativas, calcular costos y beneficios preliminares, y tomar decisiones informadas. La recopilación de datos de origen secundario sirve como base para la preparación y evaluación de distintas alternativas. También se realiza un análisis financiero preliminar para estimar costos y beneficios, proporcionando una visión inicial de la viabilidad económica del proyecto.

El perfil también incluye un análisis detallado de la viabilidad legal e institucional, asegurando el cumplimiento normativo y mitigando riesgos legales. Con esta información, se seleccionan las alternativas que merecen estudios más detallados, optimizando el uso de recursos y tiempo. En casos donde las opciones no cumplen con los criterios o presentan riesgos insuperables, se considera aplazar o descartar el proyecto.

En resumen, este perfil inicial es el nivel mínimo necesario para la inscripción en el BPIN de proyectos energéticos productivos, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones estratégicas y el desarrollo futuro del proyecto.

2.2. ETAPA DE PRE-FACTIBILIDAD.

Esta etapa se basa principalmente en la elaboración de una caracterización energética, social, ambiental y económica de la zona del proyecto. Para ello se realiza una recopilación de información secundaria de las bases de datos oficiales disponibles a nivel local y nacional, de manera que permita realizar un análisis general de la situación energética en los sectores residencial, comercial e institucional/industrial.

El documento de Pre-Factibilidad inicia describiendo el proceso que permitió identificar y perfilar de forma preliminar, algunas iniciativas o proyectos energéticos integrales, es decir que satisfagan las necesidades básicas de cobertura energética para las comunidades y que al mismo tiempo promuevan o fortalezcan sus apuestas productivas, con las características PERS (sostenibles: económica, tecnológica, ambiental y socialmente). También incluye el análisis preliminar de las alternativas energéticas, actividades necesarias para avanzar en la formulación del proyecto y la identificación de posibles esquemas de financiación.

En una primera fase se pueden identificar cientos de iniciativas o proyectos para una región, sin embargo, mediante la aplicación de diferentes criterios multidimensionales de priorización, (ver figura 3), se irá focalizando el análisis hasta llegar al proyecto que pasará a etapa de factibilidad, garantizando su cierre financiero, con el propósito de ser postulado a alguno de los diferentes fondos de financiación, los cuales se describen a continuación.

- **FENOGE:** Este fondo es administrado por el Ministerio de Minas y Energía y tiene como objetivo promover los proyectos de energías renovables y la eficiencia energética en Colombia, proporcionando una financiación a través de líneas de crédito y otros mecanismos para apoyar la inversión en tecnologías sostenibles.

- **FAZNI:** Es el Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas. Es una cuenta especial de manejo de recursos públicos, de acuerdo con la ley y con las políticas de energización que para las zonas no interconectadas ha determinado el Ministerio de Minas y Energía, conforme con los lineamientos de política establecidos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social en documentos tales como los Documentos Conpes 3108 de 2001 y 3453 de 2006, para financiar planes, programas y/o proyectos priorizados de inversión para la construcción e instalación de la nueva infraestructura eléctrica y para la reposición o la rehabilitación de la existente, con el propósito de ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las Zonas No Interconectadas.

- **FAER:** El Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas, creado por el Artículo 105 de la Ley 788 de 2002 y reglamentado con el Decreto 1122 de 2008, permite que los entes territoriales con el apoyo de las Empresas Prestadoras del Servicio de Energía Eléctrica en la zona con la finalidad de viabilizar la interconexión al Sistema Interconectado Nacional -SIN.



Figura 3. Estudio de factibilidad [Realización propia]

- **PRONE:** El Programa de Normalización de Redes Eléctricas fue creado mediante la Ley 1117 de 2006, consiste en la financiación por parte del Gobierno Nacional de planes, programas o proyectos elegibles de conformidad con las reglas establecidas en el Decreto 1123 de 2008 y las normas que lo sustituyan o complementen. Es importante tener presente que a través del PRONE no se puede financiar compra de predios, servidumbres y ejecución de planes de mitigación ambiental.

- **SGR:** El sistema General de Regalías es un esquema de coordinación entre las entidades territoriales y el gobierno nacional a través del cual se determina la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, y uso eficiente de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables precisando las condiciones de participación de sus beneficiarios.

- **OBRAS POR IMPUESTOS:** El mecanismo de pago de Obras por Impuestos es un modo de extinguir las obligaciones tributarias del impuesto a la renta y complementarios, el cual fue creado mediante la reforma tributaria del 2016 y busca que las empresas realicen con sus impuestos proyectos de trascendencia económica y social en los diferentes municipios definidos como las Zonas más Afectadas por el Conflicto Armado – ZOMAC. La UPME tiene la función de emitir los conceptos técnicos y financieros de los proyectos de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y gas combustible por redes presentados bajo la modalidad tipo fiducia o tipo convenio, que les permita la viabilidad sectorial.

2.3. ETAPA DE FACTIBILIDAD.

Esta etapa requiere capturar información primaria, por tal motivo es indispensable contar con el aval de los líderes comunitarios, que deben ser representantes de Juntas Administradoras Locales (JAL) o Consejos Comunitarios, también se sugiere hacer una socialización de la iniciativa o proyecto, con el fin de compartir información clara, tiempos de ejecución para cumplir con las expectativas de los miembros de la comunidad.

El contenido mínimo del estudio de factibilidad es:

1. Contribución planes de desarrollo
2. Problemática
3. Participantes
4. Población
5. Objetivos.
6. Análisis de alternativas energéticas
7. Evaluación multicriterio: Análisis de sostenibilidad
8. Actividades requeridas
9. Inversión aproximada
10. Conclusiones

A continuación, se describe el propósito e información requerida en algunas secciones del documento de factibilidad.

» 2.3.1. CONTRIBUCIÓN PLANES DE DESARROLLO

Es importante diferenciar entre 3 instrumentos de planificación: Plan, Programa y Proyecto. El plan es la carta de navegación que un país, una región, localidad, sector, o una empresa define para un periodo determinado. Es un instrumento elaborado a partir de un diagnóstico, para un período específico. Se ejecuta mediante Programas, que son la combinación del plan que integra y articula sectores, recursos humanos, tecnológicos y financieros para lograr resultados previamente establecidos. Permite asignar responsabilidades específicas y recursos para ejecutar en un período específico. Lo anterior se concreta en proyectos, que es el conjunto de actividades planificadas, ejecutadas y supervisadas con el fin de crear un bien o servicio único.

Considerando que los proyectos serán postulados a fuentes de financiación pública, el propósito de esta sección es exaltar la compatibilidad del proyecto a financiar con la visión de planeación del desarrollo en el territorio, desde sus diferentes niveles. Desde lo nacional, departamental y municipal se identifica el plan de desarrollo vigente, la estrategia, la línea y por último el programa, si está especificado.

» 2.3.2. PROBLEMÁTICA

Esta sección presenta de forma estructurada y concreta los antecedentes, la justificación, el planteamiento del problema, la localización del proyecto y el árbol de problemas. Los antecedentes exhiben aquellos hitos que podrían explicar las causas de la problemática. La justificación trata de responder por qué el proyecto

es necesario y pertinente, así como que podría continuar ocurriendo si no se atiende la problemática. El planteamiento del problema debe ser conciso presentando información que permita comprender las consecuencias de no intervenir la problemática. Y la localización debe georreferenciar el área de influencia del proyecto, resaltando aquellos aspectos del entorno que son o pueden ser afectados por la problemática a resolver, se sugiere apoyarse en mapas y/o imágenes satelitales (o de dron si es posible).



Figura 4. Árbol de problemas [Realización propia]

El árbol de problemas es un esquema que facilita la visualización y conexión entre las causas, los efectos y el problema central. Estos elementos son claves para la formulación pertinente de los objetivos del proyecto. En la figura 4 se presenta un ejemplo de un árbol de problemas para un proyecto productivo energético que busca aumentar la productividad de los cultivos de arroz de una comunidad

» 2.3.3. PARTICIPANTES

Se describen cada uno de los actores que construyen, ejecutarán, supervisarán alguna fase del proceso de pre-inversión, inversión y operación del proyecto. Específicamente se pide asociar a cada participante con su interés o expectativa, su posición, que puede ser de opositor, cooperante o beneficiario, así como detallar cuál será su contribución o gestión a lo largo de la gestación y ejecución del proyecto. Esta parte es clave para evitar la reconfiguración de los grupos de trabajo, así como para mantener claros los alcances del proyecto.

» 2.3.4. POBLACIÓN

Es necesario resaltar las condiciones de vulnerabilidad de la población que será intervenida con las acciones del proyecto, preferiblemente ubicada en zona PDET o ZOMAC, comunidades afrodescendientes, indígenas o campesinos afectados por los efectos del conflicto armado, que hagan parte de la sociedad civil organizada, bajo la cobertura de un Consejo Comunitario, Resguardo Indígena o Juntas Administradoras Locales (JAL), esto con el fin de lograr un mayor impacto sobre el territorio.

A través de trabajo de campo se debe levantar información primaria, a través de encuestas, diálogos semiestructurados, encuentros con actores claves de la comunidad, con estrategias que permitan conocer la población objetivo de la intervención, desde sus dinámicas sociales, productivas, comerciales y su relación con el entorno natural.

» 2.3.5. OBJETIVOS

A partir de la identificación del problema central y sus efectos, es posible construir los objetivos del proyecto, que deben estar limitados a las posibilidades de intervención durante el tiempo de ejecución del proyecto como a la disponibilidad de recursos para financiarlo. El problema central debe permitir formular el objetivo general, así como las causas guían la estructuración de los objetivos específicos.

Para abordar mejor este punto, la Figura 5 plantea un ejemplo de árbol de problema y solución de objetivos generales y específicos de un caso de estudio en el cual se busca aumentar la productividad de los pescadores a partir del uso de sistemas de refrigeración.

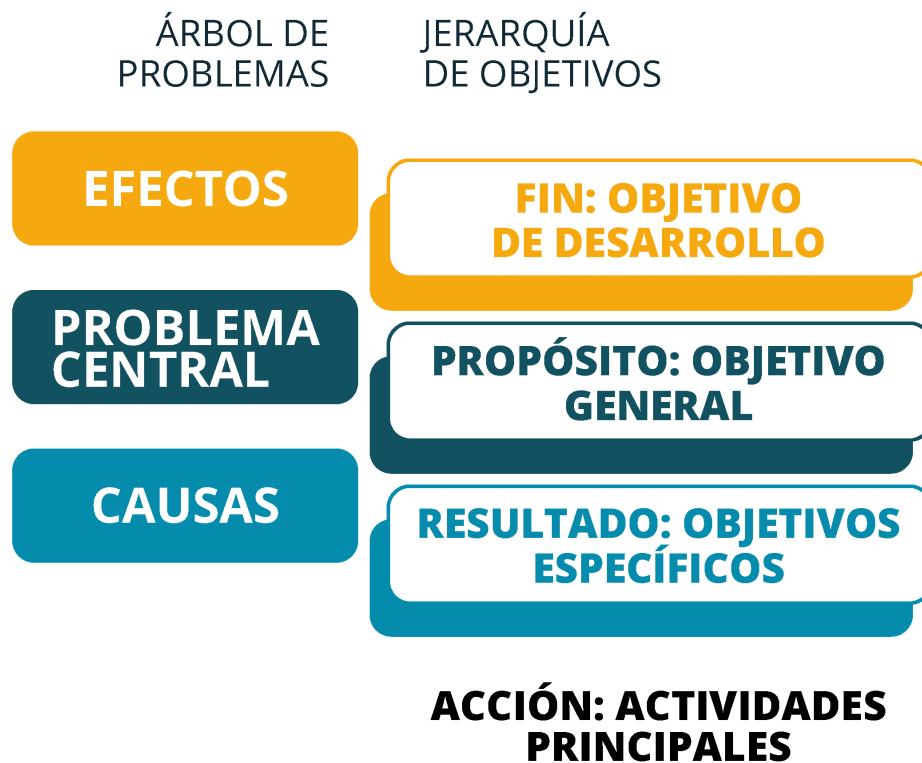


Figura 5. Árbol de problemas y objetivos principales [Realización propia]

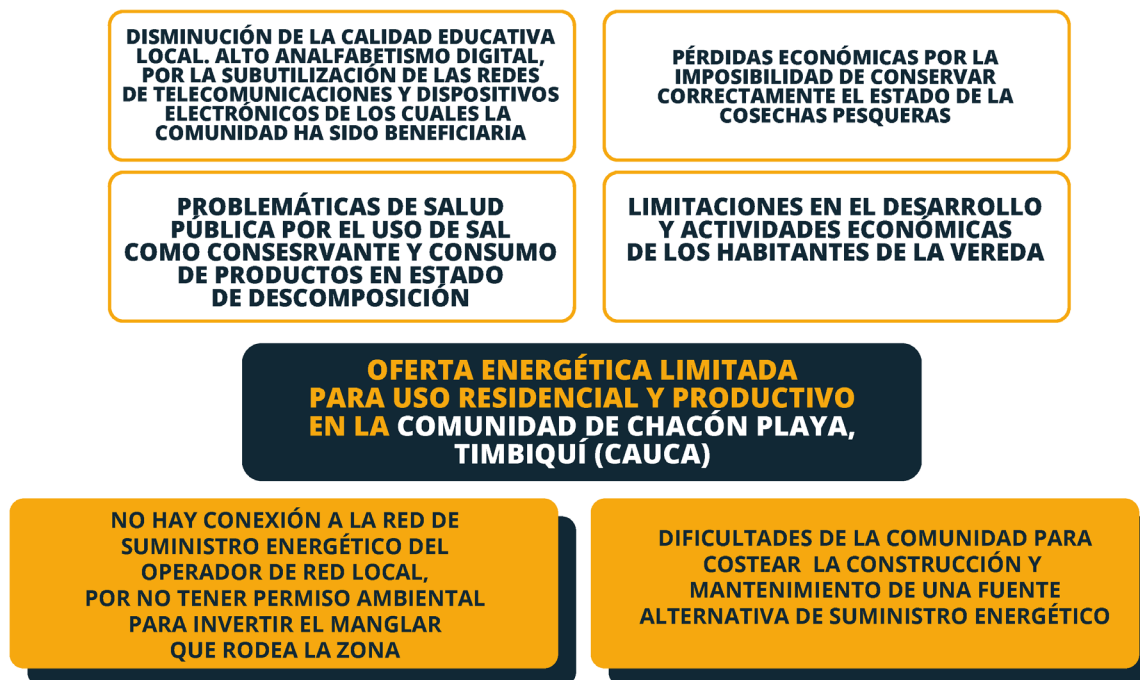


Figura 6. Árbol de problemas y solución de objetivos [Realización propia].

Para el ejemplo planteado en la Figura 6 se considera el siguiente objetivo general:

Ampliar la cobertura de energía eléctrica para uso residencial y productivo en el corregimiento Chacón Playa- Municipio de Timbiquí.

Los objetivos específicos para el mismo caso de estudio son los siguientes:

- *Implementar una solución fotovoltaica Off Grid (sistema de energía solar independiente de la red eléctrica convencional. Este sistema se utiliza típicamente en áreas remotas o lugares donde el acceso a la red eléctrica es limitado o inexistente. En este contexto, "Off Grid" significa literalmente "fuera de la red".) a través de una microrred que garantice el suministro continuo de energía para viviendas de la comunidad de Chacón Playa.*
- *Fortalecer el proceso de producción de pesca mediante el uso de un sistema de refrigeración a partir de energías alternativas, para mejorar los ingresos de la comunidad de Chacón Playa.*

En este ejemplo se puede observar una problemática de salud pública por el uso de sal como conservante y consumo de productos en estado de descomposición debido a la falta de unidades de refrigeración y además disminución de la calidad educativa local por la subutilización de las redes de telecomunicaciones y dispositivos electrónicos de los cuales la comunidad ha sido beneficiaria pero no puede utilizarlos por falta de energía eléctrica.

El árbol de problemas permite también identificar la que causa el problema definido (causa relacionada) y asociarlo con un objetivo (objetivo relacionado). La tabla 1 permite observar este proceso para el ejemplo planteado donde el proceso productivo asociado es la pesca.

CAUSA RELACIONADA	OBJETIVO RELACIONADO
Problemáticas de salud pública por El uso de sal como conservante y consumo de productos en estado de Descomposición.	Implementar una solución fotovoltaica OffGrid a través de una microred que garantice el suministro continuo de energía para viviendas de la comunidad de Chacón Playa.
Disminución de la calidad educativa Local. Alto analfabetismo digital, por la subutilización de las redes de Telecomunicaciones y dispositivos Electrónicos de los cuales la comunidad Ha sido beneficiaria	
Pérdidas económicas por la imposibilidad de conservar correctamente el estado de las cosechas pesqueras.	Fortalecer el proceso de producción de pesca mediante el uso de energías alternativas en pro de dinamizar la actividad económica de los habitantes del corregimiento de Chacón Playa
Limitaciones en el desarrollo y actividades económicas de los habitantes de la vereda.	

Tabla 1 Objetivos relacionados [Realización propia]

» 2.3.6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

Esta sección describe las alternativas de energización que podrían mitigar o solucionar la problemática de cobertura y/o calidad en los territorios. Las estrategias que permitirán aumentar la cobertura en algunas zonas del país viene siendo objetivo de debate político en los últimos años, especialmente teniendo en cuenta la firme apuesta hacia la transición energética, como el camino a seguir para lograr cambios positivos sustanciales. Por ende, el primer paso es evaluar y planificar cada una de las necesidades, recursos, posibles soluciones de los sistemas que se pueden obtener de cada uno de los proyectos que promueven las comunidades organizadas. A continuación, se presentan los principales elementos que guiarán el proceso de toma de decisiones sobre la alternativa energética seleccionada, la cual posteriormente se someterá a una evaluación multicriterio que permitirá definir la viabilidad del proyecto energético.

» 2.3.6.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES ENERGÉTICAS Y DEMANDA.

Colombia es un país que cuenta con muchos recursos naturales y a su vez del tipo energéticos renovables, debido a su ubicación geográfica, es importante destacar la viabilidad y el desarrollo de recursos con los que cuenta los departamentos puesto que, dependerán de los diversos factores; como las características específicas con las que cuenta la región, sus políticas energéticas, las creencias de territorios con las que cuentan las comunidades, las inversiones en infraestructura y la participación activa de los actores gubernamentales y privados.

Las zonas que permiten un aprovechamiento de las distintas fuentes de energías renovables son evaluadas, por medio de su disponibilidad del recurso y su infraestructura necesaria para posibilitar el desarrollo de los proyectos. También cabe resaltar las condiciones ambientales y sociales que pueden habilitar o reducir el aprovechamiento eficiente, sostenible y competitivo. La mayoría de los recursos deben ser lo suficiente para poder lograr su transformación por medio de tecnologías existentes.

El análisis del potencial de producción en las ZNI se debe a un activo diferente, esto se puede determinar tanto por la escala del proyecto o por las condiciones de la prestación del servicio en estas zonas, teniendo en cuenta que la mayoría de población se encuentra dispersa en los diferentes asentamientos que componen su comunidad. La evaluación de los recursos considerados como fuentes no convencionales ha sido responsabilidad de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), estos estudios deben ser actualizados con cierta frecuencia en especial para la (Biomasa, Geotermia). Dado que esta evaluación brinda una visión general, su objetivo es identificar cual es el potencial de producción de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) disponibles en todo el país, se mencionarán los tipos de recursos que pueden dar soluciones energéticas a las diversas problemáticas con las que cuenta el departamento.

- *Energía Hidroeléctrica: En Colombia se cuenta con varios embalses y ríos, por los cuales se brinda un gran potencial para la generación de energía hidroeléctrica. Dado que en la mayoría de departamento ya se cuenta con un central Hidroeléctrica. Por otro lado, tenemos las PCH (pequeñas centrales hidroeléctricas), este tipo de generación se puede construir al filo de río o embalses para el almacenamiento de los caudales captados de la fuente hídrica. Sus ventajas son los precios de generación y la capacidad instalada por unidades generadas. Por otro lado, las desventajas que presentan es que son sensibles ante los fenómenos (niño, niña) y su necesidad de redes complementarias. Este tipo de alternativa constituye un sistema centralizado, mediante el adicionamiento a la central generadora por lo que es necesario la construcción de una subestación elevadora y redes de distribución complementarias. La tabla 2 muestra la clasificación para este tipo de solución energética.*

FN CER		HIDROELÉCTRICA				
CATEGORÍA	PICO 5kW	MICRO 50kW	MINI 500kW	PCH 10-20MW	MEDIANAS 20-100MW	GRANDES> 100MW

Tabla 2 Clasificación de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas [Realización propia]

En el año 2015, la UPME publicó un atlas con el potencial Hidro energético de Colombia, orientado en el aprovechamiento a través de las centrales filo de agua variando sus longitudes de conducción (200m, 1000m, 5000m), los resultados fueron expuestos para diferentes dimensiones de proyectos, dando como resultado 2MW (pico centrales de capacidad inferior a 5 kW), 15 MW (micro centrales de capacidad inferior 50kW), 143MW (para minicentrales de capacidad inferior a 500kW), 4786MW (para pequeñas centrales de capacidad 10 – 20 MW), 8113MW (para centrales medianas de capacidad 20MW – 100 MW) y por ultimo 43.129 MW (para grandes centrales de capacidad mayor a 100 MW), este estudio se elaboró con una estimación del 95% del caudal dando así la probabilidad de obtener un potencial de generación del 952.083 TJ/años.

La Figura 7 muestra algunos de los mapas obtenidos los cuales pueden ser consultados en su totalidad en la página web de la UPME.



Potencial hidroenergético por subzona hidrográfica
longitud de conducción 200 M



Grandes centrales hidroeléctricas

Figura 7. Potencial hídrico Colombia [realización UPME]

ENERGÍA SOLAR

Colombia, posee un alto nivel de radiación solar, esto significa que existe un gran potencial de la energía solar y la convierte en una fuerte candidata para ser implementada en las ZNI, este tipo de alternativa cuenta con 4 diferentes configuraciones básicas:

- *Sistemas centralizados (+ almacenamiento):* este tipo de sistemas son granjas solares implementadas en ciertas localidades, donde los usuarios se encuentran ubicados, para este sistema es necesario construir las redes de media tensión y de baja, por medio de sus diseños de generación y siempre se tendra un respaldo mediante la implementación de bancos de baterías para almacenar la energía que no se alcanza a consumir en el día a día.

- *Sistemas híbridos:* Los sistemas híbridos son implementados en localidades o comunidades donde los usuarios finales se encuentran ubicados. Para ello es necesario la construcción de redes de media y baja tensión de acuerdo con el modelo de generación que se vaya a implementar. Este tipo de sistema involucra la fuente de generación solar y otra o más tipos de generación (solar + PCH, solar+ eólica, solar+termica). Este tipo de sistemas son confiables y sus costos de elaboración no son tan elevados.

- *Soluciones solares individuales:* esta alternativa se utiliza particularmente en las ZNI donde las poblaciones se encuentran dispersas. Es una alternativa eficiente y su instalación, transporte y tiempo ejecución son rápidos.

- *Generación GD (solar distribuida):* los sistemas pequeños de generación permiten suplir necesidades propias de los usuarios ubicados cerca de los sitios de consumo, para Colombia, la CREG ha definido Autogenerador a pequeña escala (AGPE) y Autogenerador a gran escala (AGGE). Mediante un análisis se logró determinar un potencial técnico económico de 20GW, por medio de la implementación de 8.5 millones de instalaciones, que pueden producir 18.1 TWh al año. Este potencial es conformado por la potencia instalable a nivel comercial, industrial y oficial.

Los PERS (Planes de Energización Rural Sostenible) son uno de los insumos que se puede emplear para tener más exactitud en el recurso energético disponible. La Figura 8 permite observar el potencial solar obtenido directamente de los resultados del PERS Cauca.

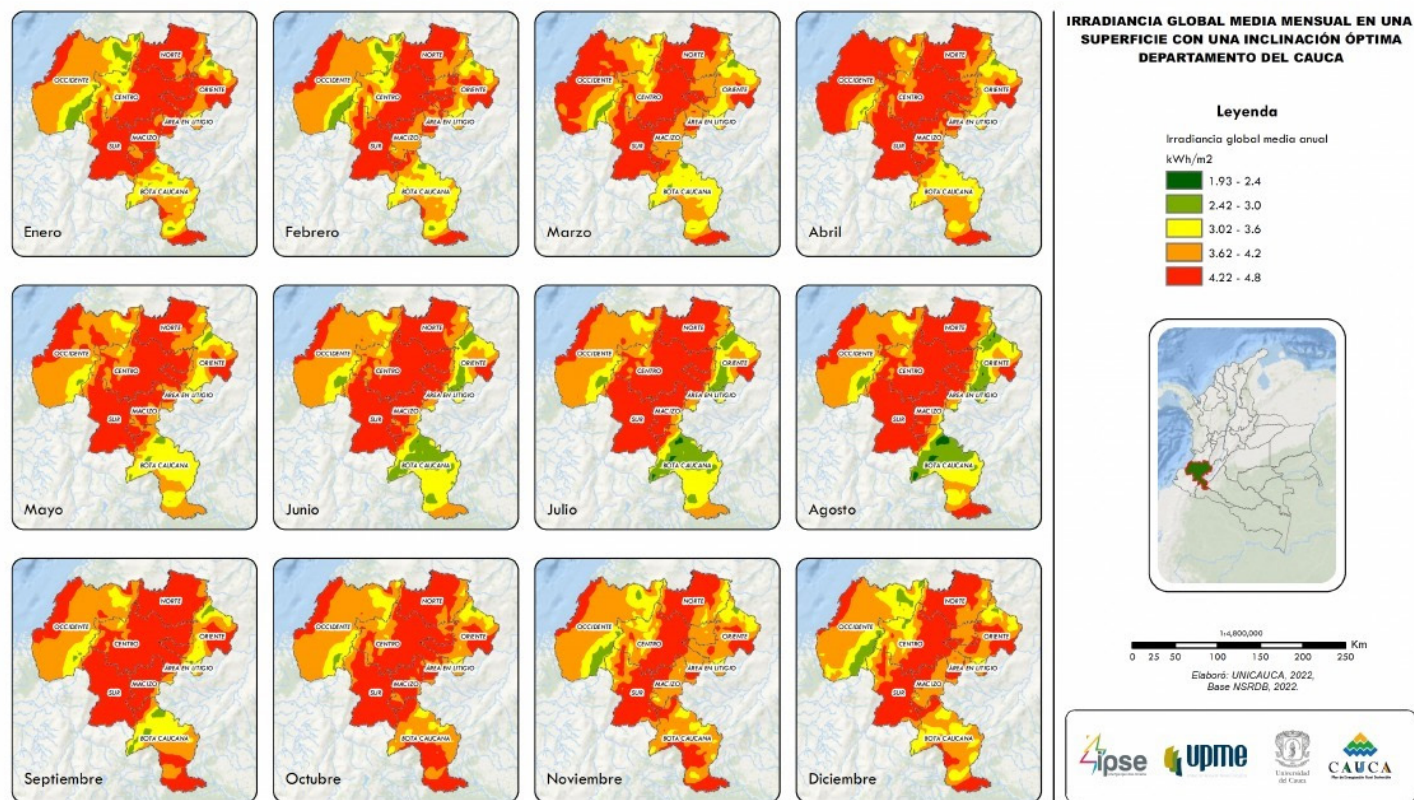


Figura 8. Recurso solar en el Departamento del Cauca [Realización PERS]

- **Energía eólica:** El potencial eólico del país es alto en las regiones costeras, pero existen algunas zonas ventosas en las cuales se podrían adecuar sistemas de generación eólica. El potencial eólico costa adentro (onshore – es un término de energía eólica para describir la ubicación de los parques o granjas eólicas que se sitúan en tierra firme, es decir, en terrenos terrestres, no en el mar o en aguas profundas.) puede determinarse por medio del atlas de viento y energía eólica publicado por la UPME. Se estima que la potencia instalable para este tipo de recurso energético En Colombia es de 35.000 MW, que puede llegar a producir 39.600 TJ / año.

Para tener un contexto más claro sobre el recurso eólico es posible nuevamente consultar los resultados de los PERS. La figura 9 muestra una actualización del recurso eólico en el Departamento del Cauca

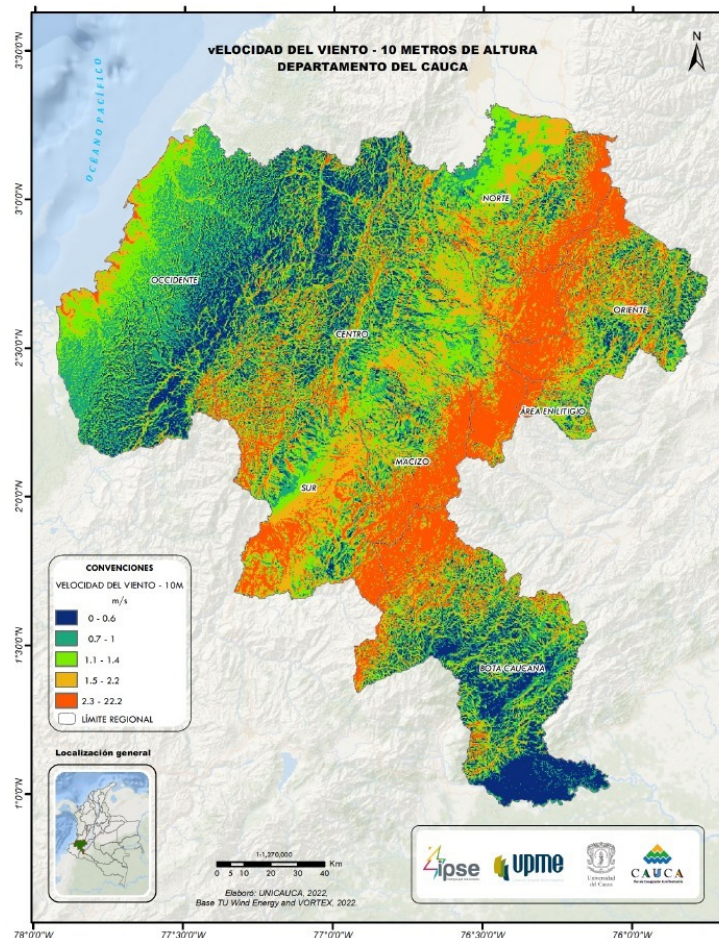


Figura 9. Recurso eólico en el Departamento del Cauca [Realización PERS]

- *Biomasa: La biomasa es la energía presente y aprovechable de la materia orgánica. Esta puede ser obtenida de fuentes forestales, cultivos energéticos, residuos agrícolas, residuos agropecuarios o residuos urbanos, para la producción de portadores energéticos como biodiesel o biogás, con el fin de aprovechar su generación térmica para la producción de electricidad a través de intercambios iónicos.*

El potencial de energía de la biomasa ha sido estimado por medio de dos enfoques:

- *Dimensionamiento del potencial energético bruto: este dimensionamiento es un estudio realizado por la UPME en el año 2009. En él se incluyen los residuos agrícolas, pecuarios y sólidos orgánicos urbanos para lograr determinar el potencial energético que se puede obtener a nivel municipal.*
- *Aprovechamiento para la producción de biogás destinado a la generación de energía eléctrica o para su consumo final como gas: un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia & TECSOL en el año 2018. Para este se adicionaron los residuos de procesos industriales con la finalidad de determinar el potencial, por medio de una escala departamental, elaborando un potencial teórico nacional de 53.558 TJ/año.*

» 2.3.6.2 METODOLOGÍA UPME: EL PLAN INDICATIVO DE EXPANSIÓN DE LA COBERTURA ELÉCTRICA – PIEC

Según lo establecido en el Decreto 1623 de 2015, el PIEC es la base para que el Ministerio de Minas y Energía determine las necesidades y prioridades de desarrollo de infraestructura para extender la cobertura del servicio público domiciliario de energía eléctrica en SIN así como en las ZNI.

Mediante la aplicación de esta metodología PIEC, se busca primordialmente evaluar y seleccionar la mejor alternativa en aras de garantizar el desarrollo de proyectos de electrificación rural. Los objetivos del PIEC son: (A) Identificar las necesidades del servicio de energía; (B) Cuantificar las inversiones que deben realizarse para alcanzar la universalización de servicio de energía eléctrica.

Para ello el PIEC analiza las alternativas de: (i) Interconexión al SIN; (ii) Generación aislada con solución individual solar fotovoltaica; y (iii) Soluciones aisladas híbridas para microrredes. Con estas alternativas se evalúa la solución más económica para brindar el servicio de energía eléctrica.

El proceso metodológico inicia con:

La identificación de las necesidades del servicio en cada SITIO

La disponibilidad de la infraestructura eléctrica del SIN. Identificación de los potenciales energéticos a partir del Atlas Solar, el Atlas de viento, Atlas de Biomasa elaborados juntamente con IDEAM.

Para cada uno de los sitios se evalúa inicialmente la alternativa de interconexión dependiendo de la cercanía a la infraestructura eléctrica (redes del SDL, Transformadores del SUI). Luego para los Sitios que estén fuera del área de influencia de las redes de MT y BT y si la agrupación de viviendas sin servicio en cada sitio es superior a 25 viviendas, se estima el costo de una microrred.

Para el caso que la cantidad de viviendas sin servicio sea menor a 25 usuarios, se considera como mejor alternativa la solución individual aislada. Estas alternativas tipo OFF GRID se suman a la solución de interconexión previamente descrita, completando así para cada uno de los Sitios la mejor alternativa posible, y cuantificando el costo de universalización.

» 2.3.6.3 METODOLOGÍA HOMER

El software Homer (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) es una herramienta computacional que permite analizar la viabilidad y comportamiento de sistemas energéticos discriminando los perfiles de carga y las fuentes energéticas según la dinámica y estructura al diseñar en una solución de suministro eléctrico.

HOMER-Pro tiene una versión de optimización (Homer Optimizer) que simplifica el proceso de diseño e identifica diferentes opciones de diseño para microrredes de menor costo. El software permite personalizar las propuestas de diseño con diferentes tipos de recursos energéticos (biomasa, hidroeléctrica, solar, viento, máquinas diésel), parámetros económicos (tiempo de vida del proyecto, tasa de descuento), características de la demanda (curva de demanda, energía diaria escalable), entre otros.

El Software simula diferentes combinaciones de equipos eléctricos, considerando todos los posibles tipos de sistemas y clasifica éstos de acuerdo con criterios de optimización para determinar la mejor propuesta de diseño.

Las principales variables de entrada para la aplicación en el software Homer se presentan en la Tabla 3.

VARIABLE DE ENTRADA	UNIDADES
CURVA DIARIA DE GENERACIÓN	
IRRADIACIÓN MEDIA DIARIA	kWh/m²
CURVA DIARIA DE LA DEMANDA	
ENERGÍA DE LA DEMANDA	kWh
TAMAÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	km
TAMAÑO DEL STRING DE BATERÍAS	
ESTADO INICIAL DE CARGA DE LAS BATERIAS	%
ESTADO FINAL DE CARGA DE LAS BATERIAS	%
EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS MAYORES (PANELES SOLARES, INVERSOR, BATERÍAS)	%
COSTO DE LOS EQUIPOS MAYORES (PANELES SOLARES, INVERSOR, BATERÍAS)	USD
COSTO DE REEMPLAZO DE LOS EQUIPOS MAYORES (PANELES SOLARES, INVERSOR, BATERÍAS)	USD
VIDA ÚTIL DE LOS MAYORES (PANELES SOLARES, INVERSOR, BATERÍAS)	AÑOS
TASA DE DESCUENTO	%
TIEMPO DE VIDA DEL PROYECTO	AÑOS

Tabla 3. Variables de entrada método HOMER [Realización Propia]

2.4. EVALUACIÓN MULTICRITERIO: ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE UN PROYECTO ENERGÉTICO

Una vez es seleccionada la alternativa tecnológica de generación de energía que se instalará a la población objetivo, de manera efectiva y eficiente, es necesario definir la conveniencia social, económica-financiera y ambiental del proyecto. Esta evaluación debe ser lo más integral posible, incluyendo en el análisis de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, funcionamiento técnico, viabilidad económica e impactos sociales.

La implementación de la metodología para el análisis de la mejor alternativa para satisfacer la necesidad energética de una comunidad en particular en ocasiones es tan puntual y específica como el requerimiento mismo de la comunidad, puesto que cada comunidad tiene prioridades propias en lo relacionado al desarrollo mismo de su infraestructura energética para satisfacer dicha necesidad. Es por ello que implementar una metodología u otra sin escuchar en primera instancia a la comunidad puede encadenar en la no aceptación por parte de las comunidades de las soluciones energéticas que se hayan planeado o proyectado puesto que en muchos escenarios estas iniciativas van en contra de la tradición cultural y ancestral de la comunidad ya que se relaciona con el uso de las fuentes hídricas, el sol, el viento, el fuego, puesto que han desarrollado sus economías con base en el respeto mismo por sus tradiciones ancestrales.

Ahora bien, en aras de exponer una propuesta energética integral sostenible en el tiempo donde interactúen factores tales como la administración, operación y mantenimiento del proyecto se plantea en este documento de forma general unos lineamientos basados no solo en las visitas a campo con las comunidades e información recolectada mediante encuestas, sino también un análisis del recurso energético disponible (convencional o renovable), así como la distancia a puntos de conexión o fronteras comerciales del operador de red (OR) de la zona, planes de expansión del mismo operador de red, así como un amplio ejercicio de consulta académica de diversos y bien documentados informes.

2.5. SOSTENIBILIDAD SOCIAL Y ECONÓMICA

Un proyecto energético será viable desde el punto de vista social en la medida que se pueda identificar su contribución potencial al desarrollo de la población, y especialmente su impacto sobre los más vulnerable hacia la pobreza. Es importante hacer énfasis en cómo las condiciones de vida y/o las condiciones productivas de los habitantes del territorio son afectadas por la deficiencia energética. Este diagnóstico debe ser soportado en trabajo de campo con las comunidades, para verificar sus condiciones actuales y proyectar los efectos que tendrían si son intervenidos a partir de las acciones del proyecto. Identificar costos evitados es una alternativa válida para resaltar los posibles impactos del proyecto.

» 2.5.1. SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA-FINANCIERA:

Algunos de los aspectos financieros a tener en cuenta son:

- *Costos iniciales de capital:* Este tipo de proyectos de energización renovable requiere una inversión inicial y significativa para la adquisición e instalación de equipos, como los mencionados anteriormente con sus respectivos equipos de control, los cuales puedes variar según su tipo y el tamaño del proyecto a ejecutar.
- *Vida útil y ciclo de vida:* Los proyectos energéticos renovables tienen una vida útil estimada, que se puede variar según el tipo de tecnología que se requiera, el tipo de análisis financiero debe abarcar la depreciación de los activos a lo largo de su ciclo de vida.
- *Generación y venta de energía:* La generación de energía renovable, permite mediante su ciclo de recolección producir una venta de energía a la red eléctrica o algunos otros tipos de clientes que se consideren, se pueden generar ingresos a partir de la venta de energía como un componente fundamental para la recuperación de la inversión y la obtención de beneficios individuales o comunitarios.

- *Costos de financiamiento: La tasa de interés y los términos del financiamiento (prestamos, créditos, capital propio, financiamiento gubernamental), esto puede impactar el costo total de proyecto y en su viabilidad financiera.*

A continuación, se describen los principales componentes del análisis económico-financiero del proyecto.

INGRESOS

Reconociendo que los recursos públicos para financiar este tipo de proyectos son escasos, es necesario verificar la sostenibilidad financiera del mismo, a partir de la cuantificación de las entradas y salidas del flujo de caja del proyecto. En primer lugar, las entradas del flujo de caja se estiman bajo diferentes escenarios que contemplen, por ejemplo:

- I) *La simulación con una factura por el servicio, que aplique para comunidades en condiciones socioeconómicas similares pero que cuenten con la prestación del servicio de energía eléctrica.*
- II) *La disponibilidad a pagar (DAP), manifestada por las comunidades a través de encuestas previamente realizadas.*
- III) *La tarifa dispuesta según la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), según las resoluciones vigentes.*

Frente a este último escenario se debe tener en cuenta en la proyección de los ingresos del proyecto energético, la normatividad que regula la estimación de las tarifas. En Colombia la cadena de prestación del servicio de energía eléctrica se realiza en 5 pasos: La Generación, transmisión, distribución, comercialización y consumidor final (ver gráfico XX). Una de las mayores problemáticas para el sector eléctrico es el incremento de la energía en sus tarifas, con el pasar del tiempo uno de los retos del Gobierno Nacional es garantizar una justa tarifa hacia sus consumidores, por consiguiente, uno de los decretos impulsado por el Ministerio de Minas y Energía aclara los lineamientos de una política para promover la eficiencia y la competitividad del servicio de energía eléctrica en todo el territorio nacional.



Figura 10. Cadena de prestación del servicio de energía eléctrica. [Realización MME.]

ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO.

Cada proyecto que se piense elaborar es único, lo importante es poder saber adaptar esa necesidad a las características específicas del proyecto y a las condiciones del mercado financiero, para poder lograr esto se requieren de ciertos pasos los cuales dan una idea de planificación para poder estructurar un proyecto viable:

- *Fase de preparación: Identificación de la oportunidad, en este punto se requiere una caracterización socioeconómica, la cual abarque una identificación de la problemática, un alcance de la solución, una localización, un plan de desarrollo y un análisis de alternativas.*
- *Solicitud de financiamiento gubernamental: Se debe presentar una solicitud formal de financiamiento a través de un programa gubernamental destinado para la ejecución y elaboración de proyectos energéticos renovables.*
- *Asignación de fondos: Los proyectos que serán seleccionados recibirán una destinación de fondos del programa al que hayan aplicado.*
- *Desarrollo y diseño detallado: Se debe trabajar en el diseño técnico detallado del proyecto, y en la adquisición de terrenos (si se requieren) y su obtención de permisos.*
- *Inicio del proyecto: Se lleva a cabo la ejecución del proyecto implementando el tipo de alternativa más rentable en la zona.*
- *Finalización del proyecto: Una vez se ha desembolsado completamente todo el financiamiento y el proyecto ya se encuentra en funcionamiento sostenible, se considera que el estado ya ha cumplido con su deber.*

» 2.5.2. HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN: EL COSTO NIVELADO DE LA ENERGÍA - LCOE Y EL COSTO DE ELECTRIFICACIÓN EQUIVALENTE – LEC

El costo nivelado de la energía es un indicador financiero que permite analizar y comparar distintos proyectos de generación de energía de distintos tamaños y tecnologías, llevando los proyectos a una unidad común al permitir comparar y evaluar los proyectos en términos de costos, y facilitar la toma de decisiones.

El Objetivo del LCOE es evaluar el costo total del proyecto en su vida útil versus la energía total generada, y esto se logra mediante las siguientes expresiones:

$$\text{LCOE} = \frac{\text{COSTO TOTAL VIDA UTIL}}{\text{GENERACIÓN TOTAL DE ENERGÍA}}$$

$$\text{LCOE} = \frac{\text{COSTO FIJO ANUAL} + \text{COSTO VARIABLE ANUAL}}{\text{GENERACIÓN DE ENERGÍA ANUAL}}$$

Figura 11. Evaluación costo [Realización propia]

El LCOE se puede interpretar como el valor mínimo al cual se puede vender la energía producida. Si el precio de venta es menor al LCOE, significa que el proyecto no cubriría sus propios costos.

De otro lado la herramienta IntiGIS, es un potente SIG que evalúa opciones de electrificación (Convencional o renovable) en un territorio y considera la mejor opción (la más competitiva) en función de una serie de parámetros técnicos, económicos y geográficos, esta herramienta basa su método en el Coste de electrificación equivalente – LEC.

El costo de electrificación equivalente permite la evaluación del coste del sistema energético a implementar, incluyendo todos los gastos a lo largo de su vida útil entre los cuales se incluyen la inversión inicial total y parcial, operación y mantenimiento del proyecto (O&M), así como el combustible o fuente energética principal, fósil o renovable.

En general el LEC es la cantidad de ingresos por unidad de energía eléctrica producida que se necesita para amortizar el coste del sistema energético durante su tiempo de vida útil.

Esta metodología promueve analizar las (6) seis variables de entrada del tipo ráster* georreferenciados que se exponen a continuación.

- 1) Área de influencia del proyecto.
- 2) Densidad e la demanda.
- 3) Tipo de recurso renovable.
- 4) Distancia a la Red de media tensión (MT).
- 5) Longitud media a las redes de baja tensión (BT).
- 6) Factor de capacidad** (teniendo en cuenta la estimación anual del consumo).

(*) Ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura. Fuente: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>.

(**) El factor de capacidad es un indicador numérico adimensional que define la relación entre la energía producida en un periodo de tiempo determinado y la energía que se hubiese producido en ese mismo periodo si se hubiese trabajado a pleno rendimiento (Nieves 2011)

2.6. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL:

En todos los países que han apostado por una transición energética tienen como parte fundamental darle una mayor prioridad a el componente ambiental en todos los proyectos energéticos sostenibles, por ende, se busca una integración consciente y estratégica de prácticas, tecnologías y ciertas medidas con el fin de minimizar la mayor cantidad de impactos que sean negativos hacia el medio ambiente, con el fin de promover la conservación de los recursos naturales. Por medio de este enfoque se tienen 3 pilares fundamentales:

- *Se buscar preservar la biodiversidad y proteger la mayor cantidad de ecosistemas, por medio de la evaluación y minimización de los impactos ambientales que se generan durante la etapa del proyecto, se deben identificar y proteger las áreas de mayor sensibilidad, con el fin de evitar la degradación de hábitat natural.*
- *Buscar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por medio de la implementación de tecnologías limpias, fomentando las energías renovables. Esto implica que se genere electricidad de manera más sostenible y emiten menos gases contaminantes.*
- *Fomentar la eficiencia energética como una medida clave con el fin de reducir el consumo de recursos, ya sean naturales o de otro tipo que puedan generar un gran impacto ambiental. De manera que el diseño y la implementación de los sistemas y tecnologías que pueden maximizar la producción y el uso eficiente de la energía.*

De esta manera el componente ambiental en los proyectos energéticos sostenibles genera beneficios tanto para el medio ambiente, sino que también contribuye al desarrollo sostenible y a la creación de comunidades energéticas más resilientes.

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS

¿QUÉ ES UN IMPACTO AMBIENTAL?

Se presentan de manera muy general, los efectos principales positivos y negativos que se exponen al instalar y operar equipos de generación energética fotovoltaica y los beneficios que prestan al servicio energético en las comunidades.

Como consiguiente se describen los impactos más relevantes de cada uno de los componentes ambientales que se consideran al generar las actividades correspondientes a la implementación de un proyecto energético.

- *Generación de residuos sólidos y peligrosos: La generación de residuos sólidos y peligrosos conllevan a un impacto negativo que tiene lugar tanto a nivel local como aledaño. Este impacto se debe al manejo inadecuado que se les da a las baterías, inversores y otros equipos eléctricos que componen un sistema de energía solar, que al cumplir su vida útil se convierten en residuos peligrosos. Este tipo de impacto es posible ser revertido a medio plazo por medio de la implementación de protocolos para el uso, transporte y disposición final de baterías y otros residuos peligrosos. Por medio de normas técnicas para su manejo, como lo establecen los documentos RESPEL y RAEE.*

- *Generación de residuos sólidos convencionales: Los residuos sólidos convencionales son un impacto negativo de carácter puntual y de muy baja importancia, se generan por el mal manejo de las basuras que provienen de los empaques, embalajes y envolturas de los equipos. Por ellos es posible revertirlo a corto plazo mediante la implementación de programas de clasificación y disposición final de residuos sólidos.*

- *Remoción de la cobertura vegetal: La remoción de la cobertura vegetal es muy necesaria para permitir la instalación y operación de los equipos para la generación de energía, se requieren más áreas despejadas para permitir la máxima exposición ya sea a la radiación solar, caudal de agua entre otros, por ende, la vegetación que pueda interferir con los equipos deber ser talada, este aspecto implica a sistemas centralizados o híbridos.*

- *Afectación del paisaje, restricción del uso de suelo: La afectación del paisaje y la restricción del uso de los suelos son un impacto negativo de carácter puntual y baja importancia, que se genera en el lugar de instalación de los equipos correspondientes a la generación de energía, ya sean centralizados o individuales. Como parte inicial, el impacto sobre el paisaje es medio irreversible y puede producir cambios en el terreno destinado para la instalación de los equipos. Por otro lado, si se tienen soluciones individuales, el impacto sobre el paisaje es mínimo y las áreas requeridas para la cimentación e instalación de los equipos es reducida, generando un impacto de un bajo significado, por ende, en proyectos en los que se utilizan equipos que se instalan en los techos (paneles solares), se puede considerar*

un impacto positivo y de alta importancia, ya que se evita la utilización de terrenos y por lo tanto, la modificación o cambio del uso del suelo.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES PARA LOS PROYECTOS.

- **Permisos de Ocupación de Cauces, Playas y lechos:** Para la construcción de obras hidráulicas, en las que se ocupa el cauce ya sea de una corriente o depósito de agua, se debe tramitar una solicitud de permiso de ocupación de cauces. Igualmente se requerirá permiso en el momento que se desea hacer la ocupación ya sea permanente o transitoria de las playas, lechos, entre otros.

Para poder solicitar este permiso se requiere de los siguientes pasos:

1. Tramitar el formulario único nacional de solicitud de permiso de ocupación de cauce establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible.
2. Certificado de existencia y representación legal para personas jurídicas, expedido dentro del mes anterior a la presentación de la solicitud, también adjuntar fotocopia de la cedula de ciudadanía para personas naturales.
3. Poder debidamente otorgado, cuando se actúe mediante apoderado.
4. Certificado de libertad y tradición expedido dentro del mes inmediatamente anterior a la presentación de la solicitud, en el cual se acredite la propiedad del predio o

predios en los cuales se encuentre la ocupación de cauce, cuando se trate de predios privados.

5. Autorización del propietario(s) del (los) predio(s).

6. Documento que incluya la siguiente información para cada uno de los puntos objeto de la solicitud:

- a. Descripción del proyecto a ejecutar y de las obras o actividades que requieren la ocupación del cauce. Se deberán incluir cálculos y memorias de las obras (hidrológicos, hidráulicos y estructurales), en medio físico y magnético.
- b. Planos (escala 1:10000 o 1:25000) indicando la ubicación y detalle de las obras a ejecutar, de acuerdo al artículo 2.2.3.2.19.8 del Decreto 1076 de 2015.

7. Copia de la autoliquidación realizada a través de VITAL y del comprobante de pago, tal cual lo establece la Resolución 324 de 2015, modificada por la resolución 1978 de 2018 de la ANLA.

- **Plan de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Baterías Usadas Plomo Acido:** ¿Qué es un plan de gestión de devolución de baterías de plomo acido? El plan de gestión de devolución de baterías de plomo ácido Posconsumo, es un instrumento de gestión, que se deriva de un conjunto de reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos con el fin de facilitar la devolución y acopio de baterías usadas de plomo acido. A este plan se deben acoger los importadores, fabricantes y comercializadores para la recolección de estos elementos cumpliendo su responsabilidad ambiental y empresarial frente a los consumidores.

Para más información consultar el enlace http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/licencia/licencia.htm

2.7. SOSTENIBILIDAD TECNICO – PRODUCTIVA.

Otras formas de buscar la sostenibilidad de los proyectos desde el enfoque técnico y productivo se mencionan a continuación:

- *Aprovechamiento Integral de Residuos Agrícolas:* La transformación de residuos de la cosecha de arroz en fuentes de energía no solo reduce la contaminación ambiental, sino que también contribuye a la gestión sostenible de los desechos agrícolas, promoviendo prácticas respetuosas con el medio ambiente.

- *Capacitación para la Sostenibilidad:* Los programas educativos no solo se centran en la eficiencia energética, sino que también destacan la importancia de la sostenibilidad ambiental. La capacitación comunitaria incluye prácticas agrícolas sostenibles y la importancia de la conservación de recursos naturales.

- *Diversificación de Ingresos Sostenibles:* La generación de ingresos a través de la comercialización de subproductos agrícolas y la venta de energía no solo es económicamente sostenible, sino que también contribuye al desarrollo socioeconómico de la comunidad, mejorando la calidad de vida de manera sostenible.

- *Innovación Continua para la Sostenibilidad:* La inversión en tecnologías avanzadas no solo busca eficiencia a corto plazo, sino que sienta las bases para la innovación continua, adaptándose a las cambiantes demandas ambientales y tecnológicas para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

- *Colaboración para la Sostenibilidad:*

- *Incentivos y Colaboración Intersectorial:* Los incentivos fiscales y financieros promovidos por la colaboración entre el gobierno, la industria y la sociedad civil no solo impulsan la implementación de la iniciativa, sino que también establecen un marco sostenible para la adopción generalizada de prácticas amigables con el medio ambiente.

- *Resiliencia y Autosuficiencia Energética:* La descentralización de la generación de energía no solo minimiza pérdidas en la transmisión, sino que también promueve la resiliencia y la autosuficiencia energética, asegurando un suministro constante y reduciendo la vulnerabilidad a interrupciones externas.

3. PLANEACIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA PLANEACIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS?

La planeación de soluciones energéticas es un paso fundamental para poder asegurar un suministro energético del cual se espera que sea confiable, sostenible y comprometido con el medio ambiente, por el cual permite promover el desarrollo económico y social; cumpliendo con razones de vital importancia las cuales son: sostenibilidad ambiental, seguridad energética, Beneficios económicos y desarrollo comunitario.

Las principales razones para plantear soluciones energética sostenible son:

- *Diversificación de la matriz energética:* Como primer paso es importante fomentar la diversificación de las fuentes energéticas que se tienen en Colombia, con el fin de reducir la dependencia de una sola fuente. Esto implica promover la generación de energías a partir de las fuentes renovables, por las cuales se pueden establecer metas y políticas para aumentar la participación de estas fuentes renovables en la matriz energética del departamento.
- *Promoción de proyectos solares a menor escala:* Fomentar de manera correcta la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en hogares, escuelas, emprendimientos (Comunidades), Comunidades (veredas, barrios, asentamientos) del país, con el fin de generar una estrategia efectiva para el aprove-

chamiento y el potencial solar de las regiones. Implementar programas de incentivo educativo por medio de los PERS y facilitar el acceso al financiamiento y que puedan generar su propia energía.

- *Desarrollo de proyectos hidroeléctricos:* Considerando el gran potencial hidroeléctrico con el que cuentan las regiones, es recomendable trabajar en la identificación de proyectos hidroeléctricos que sean de manera sostenible, con el fin de respetar los aspectos ambientales y sociales. Este tipo de proyectos pueden aumentar la capacidad de generación de energía en el departamento y contribuir a la estabilidad del suministro energético en toda la región.
- *Evaluación del potencial eólico:* Realizar un estudio detallado con el fin de evaluar el potencial eólico en las ZNI de los departamentos. Esto con el fin de ayudar a identificar las zonas con mayores vientos favorables y poder determinar si existe viabilidad de proyectos energéticos eólicos en las regiones.
- *Fortalecimiento de la infraestructura energética:* En Colombia es importante invertir en la mejora y expansión de la infraestructura de la red eléctrica, algunas de las ZNI están cerca a la red eléctrica, con una expansión se puede garantizar un suministro confiable y eficiente. Esto incluye la construcción y el mantenimiento de redes de distribución eléctrica, también el fortalecimiento de la infraestructura y el almacenamiento de energías renovables.

- *Impulso de la eficiencia energética: Promover programas de eficiencia energética por medio del PERS, es un paso fundamental para reducir la demanda energética y maximizar el uso de los recursos disponibles de las regiones. Con la finalidad de realizar campañas de concientización, ofrecer capacitaciones en eficiencia energética y establecer normativas que fomenten practicas eficientes en sectores claves, tanto las comunidades aisladas (ZNI), industria, transporte y edificaciones.*

- *Participación de actores locales y el desarrollo comunitario: Fomentar la participación de los actores locales, comunidades y organizaciones en el desarrollo de proyectos energéticos puede generar beneficios económicos, sociales y ambientales. Se pueden establecer alianzas estratégicas y programas de participación ciudadana por medio del PERS, así de esta manera asegurar que los proyectos energéticos en las regiones sean inclusivos y sostenibles.*

Este tipo de planificación trata de aprovechar los recursos energéticos renovables de los departamentos y lograr promover una transición hacia una matriz energética más sostenible. La mayoría de las planificaciones de los proyectos deben relacionar algunas de las variables que son típicamente analizadas, tanto por la disponibilidad del recurso, el valor de la tierra, acceso a vías y las líneas de transmisión en los casos que se requiera conectar a la red, zonas protegidas, ecosistemas, sitios turísticos, zonas de amenaza sísmica, volcánicas o de inundación.

3.1. ROL DE LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN LA PLANEACIÓN DE PROYECTOS.

Las comunidades energéticas vienen desempeñando un papel fundamental en Latinoamérica y el mundo, en la planeación de proyectos energéticos sostenibles al aportar conocimiento local, participación y facilidad de adaptación a sus necesidades en base a las realidades que cada una de las comunidades afrontan. Al involucrarse las comunidades en los proyectos no solo se tiene una perspectiva alta en el éxito de este, sino que también ayuda a fomentar una mayor aceptación social y una mayor viabilidad a largo plazo.

Como primera parte, el termino comunidades energéticas en Colombia es un término actualmente implementado en el nuevo Plan Energético Nacional, esto aporta un valioso conocimiento local que puede ser utilizado en la planeación de los proyectos. En Colombia los miembros de las comunidades tienen un conocimiento arduo y profundo de su entorno, en el cual se incluyen los recursos naturales disponibles, las condiciones geográficas y las necesidades energéticas con las que cuentan. Este conocimiento local puede ayudar a identificar las oportunidades y desafíos únicos, así como ayudar a maximizar el aprovechamiento de los recursos renovables disponibles en la zona, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, termina y biomasa.

Por otra parte, la participación de las comunidades en la planeación permite que sus voces sean escuchadas y consideradas en la toma de decisiones. Los

miembros de las comunidades son considerados en las etapas iniciales del proyecto, creando un sentido de propiedad y una responsabilidad compartida. Esto ayudara en el aumento de la aceptación social del proyecto, sino que también promueve la transparencia y la confianza entre los diferentes actores involucrados. También desempeñan un papel crucial en la promoción y búsqueda de soluciones energéticas adaptadas a sus necesidades específicas. Cada una de las comunidades tiene su propia demanda y características particulares, al considerar unas demandas, se puede diseñar proyectos energéticos más eficientes y efectivos. La participación de las comunidades ayuda a tener una idea clara de la necesidad, ya sea en áreas locales, rurales y el acceso a servicios básicos o la reducción de la pobreza energética. Esto permite priorizar y adaptar los proyectos a las necesidades reales de la comunidad, generando beneficios directos y tangibles para sus habitantes.

Por último, la participación de las comunidades no solo promueve una mayor aceptación social, sino que también aumenta la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo de los proyectos. La colaboración con las comunidades ayuda a identificar posibles obstáculos y conflictos, y así encontrar soluciones conjuntas. La participación de las comunidades puede fomentar la apropiación del proyecto, lo que conduce a una mejor gestión y estable a largo plazo.

3.2. LA GRAN APUESTA POR LA TEJ

Por medio del Ministerio de Minas y Energía la TEJ tiene como común denominador, generar un desarrollo de estrategias y programas de reconversión laboral y productiva que permita la salida y transformación de economías y capacidades laborales de la actividad extractiva directa, de la industria y el comercio que se ha generado por medio de los combustibles fósiles. Se busca generar acciones comunes en la reconversión laboral que incluyen la implementación de programas de formación y educación, el apoyo financiero para lograr la transición.

La mayoría de los países con potencial en energías renovables a nivel técnico- económico podrán darle un aprovechamiento mayor para lograr una mayor seguridad en independencia energética. Cabe mencionar, que para poder lograrlo se requiere de un rápido desarrollo y despliegue de las tecnologías resilientes e inversiones tanto públicas como privadas. Por otra parte, se requiere una expansión con capacidades de manufactura, ciencia, tecnología e innovación, de tal manera que las relaciones de dependencia energética no se reproduzcan en la dependencia tecnológica. En la actualidad los diferentes países (España, Reino Unido, Vietnam, Indonesia, Sudáfrica, India, Chile y Colombia), Han declarado su compromiso para alcanzar la carbono-neutralidad en el año 2050.

3.3. DISEÑO Y DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS.

En las ZNI, donde el acceso a una red eléctrica convencional es limitado o inexistente, se genera la oportunidad de desarrollar o diseñar comunidades energéticas con el fin de desempeñar un rol importante en el suministro de energías sostenibles y confiables. Este tipo de comunidades energéticas, son tipos de soluciones integrales que fusionan las necesidades con el sistema de soluciones integrales que combinan diferentes fuentes de energías renovables, las comunidades energéticas, tienen como objetivo principal superar los desafíos de acceso energético y ayudar a proporcionar soluciones adaptadas a las necesidades locales. Como se mencionó anteriormente, estas regiones se ubican en áreas remotas, aisladas o zonas rurales.

Su diseño implica una rigurosa evaluación de todo tipo de recurso energético disponible en la zona, en las cuales tenemos las mencionadas anteriormente (solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, térmica, entre otras). Por medio de esta evaluación, se seleccionan las fuentes de energía renovable más apropiadas y se integran con sistemas de almacenamiento. Permite una gestión óptima de la energía y un suministro continuo y estable.

El desarrollo de las comunidades energéticas implica la participación de la comunidad y de los actores locales del proceso, incluyendo la identificación de necesidades específicas energéticas, la creación de capacidades locales, generación de empleo, promoción de educación y concientización sostenible.

En resumen, el diseño y desarrollo de las comunidades energéticas en las ZNI por parte del PERS representa una solución innovadora y sostenible con el fin de satisfacer las necesidades energéticas de las comunidades remotas o aisladas del departamento. Integradas por fuentes de energía renovable, suministros de energía confiable y sostenible. Por medio de la participación de los miembros de la comunidad y actores locales que son esenciales para el éxito de los proyectos con el fin de generar un desarrollo energético inclusivo y participativo.

Las comunidades buscan a través de la llegada de la energía promover los siguientes procesos productivos:

- Atracción turística.
- Producción de bebidas y alimentos típicos
- Aumento de producción agrícola

Por otra parte, se tienen algunos retos en Colombia en los cuales se identificaron las barreras críticas para el despliegue de comunidades energéticas después de revisar el contexto y considerar las lecciones de algunas comunidades:

- Elevados costos de inversión en activos energéticos y mano de obra experta.
- La complejidad de los procedimientos de conexión a la red.
- Falta de figuras reguladoras adecuadas sobre autoconsumo colectivo.
- Requisito legal de ser una empresa de servicios públicos para instalar generadores distribuidos.
- Falta de incentivos o apoyo institucional para motivar a las comunidades a desarrollar comunidades energéticas.

3.4. ACEPTACIÓN DE LA ALTERNATIVA ENERGÉTICA DESDE EL PUNTO DE VISTA CULTURAL Y AMBIENTAL.

Para poder lograr una aceptación de alternativas energéticas teniendo en cuenta el aspecto cultural y ambiental, es importante abarcar distintos enfoques en los que las comunidades priorizan, los cuales son los siguientes:

- *Contribución y asesoría comunitaria:* Este enfoque involucra de manera permanente a la comunidad en el proceso de toma de decisiones, tanto de la etapa inicial, su participación debe ser activa y por medio de una consulta o asesoría comunitaria permite a los miembros de dichas comunidades expresar sus preocupaciones, necesidades, aporte de ideas con el fin de que se sientan parte del proyecto. Por medio de este proceso contribuir confianza a las alternativas que sean seleccionadas para generar confianza y con el fin de que sean vistas como un esfuerzo colectivo que respete las necesidades y las perspectivas culturales de dicha comunidad.
- *Conciencia y educación:* Concientizar y educar por medio de proyectos energéticos a las comunidades, es un paso fundamental para generar una aceptación más simple de las alternativas energéticas. Es importante comunicar y concientizar los beneficios ambientales y culturales de las nuevas opciones energéticas, destacando como se alinean los valores y las prácticas locales. Transmitir información clara y accesible sobre el impacto ambiental positivo y las ventajas culturales que pueden ayudar a la comunidad a comprender y apreciar su importancia.

- *Mitigación de impactos ambientales: Para lograr una gran aceptación es importante que la alternativa energética propuesta minimice los impactos ambientales negativos. Teniendo en cuenta que se puede realizar evaluaciones ambientales exhaustivas y la aplicación de medidas de mitigación apropiadas. Comunicar de manera concisa y transparente las acciones que se están tomando para proteger y conservar el entorno natural para reforzar la aceptación ambiental de la alternativa que sea seleccionada.*

- *Valores culturales y adecuación a las practicas: Por medio de las alternativas energéticas es fundamental que sea compatible con las prácticas y valores culturales de la comunidad. Para poder lograr esto como primer paso y el más fundamental se deben respetar las tradiciones y costumbres locales. Así como evitar cualquier impacto negativo en los lugares sagrados, el patrimonio o las actividades culturales. La adaptación a la tecnología y las soluciones energéticas que se tienen a las necesidades y demandas específicas de las comunidades contribuyen a generar una mayor aceptación cultural.*

- *Monitoreo y seguimiento: Una vez sea implementada la alternativa energética, es importante realizar un seguimiento constante de los impactos culturales y ambientales, evaluar continuamente su aceptación en la comunidad. Esto permite ajustar y adaptar la estrategia según sea necesario y asegurándose de que se estén cumpliendo los compromisos y expectativas que se han establecido en el transcurso de su implementación.*

3.5. DISEÑO Y DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN ZNI.

El diseño y desarrollo de comunidades energéticas en ZNI, requiere de un enfoque cuidadoso y adaptable a todo tipo de necesidad que requiera la comunidad, por medio de la evaluación de los recursos energéticos disponibles y planificar un sistema energético por medio de ellos, con la finalidad de que integre un sistema de fuentes renovables con su almacenamiento de energía. La participación comunitaria es esencial para comprender las necesidades y preocupaciones locales, generando un sentido de pertenencia y responsabilidad compartida. Por otro parte es importante asegurar el financiamiento adecuado para establecer un modelo sostenible. Para la comunidad es una oportunidad de capacitación y generación de empleo local, en el desarrollo de capacidades y beneficios económicos. El cumplimiento de los objetivos sociales y ambientales se deben realizar por medio del monitoreo y las evaluaciones continuas al rendimiento de los sistemas.

Para lograr un diseño y desarrollo más rentable se recomiendan los siguientes pasos: generar una evaluación de recursos energéticos, tener una planificación del sistema energético al cual se quiere aplicar por medio de los recursos energéticos que se tengan, diseño e infraestructura tecnológica, participación comunitaria y la participación política, capacitación y generación de empleo, financiamiento y modelo de negocios. Al abordar este tipo de pasos de manera integral, se puede lograr una implementación exitosa y sostenible de la

comunidad energética, brindando acceso a una energía confiable, sostenible y asequible a todas las ZNI.

Se plantean los siguientes pasos:

Objetivos comunitarios: los beneficios o resultados esperados de la solución energética.

Viabilidad social: comprender el contexto social, diseñar estrategias de involucramiento y educación, y redactar acuerdos comunitarios.

Viabilidad técnica: planificación y diseño, instalación, permisos, funcionamiento, gestión, mantenimiento y riesgos.

Viabilidad legal: Formas jurídicas de asociación y cómo participar en el mercado de la electricidad como empresas de servicio público o a través de un representante comercial.

Viabilidad económica: inversión inicial, costos de explotación y mantenimiento, fuentes de ingresos e indicadores financieros.

3.6. INTEGRACIÓN A LAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE.

Para lograr una integración exitosa de fuentes de energía renovable, se requiere de una evaluación cuidadosa del potencial energético, una planificación y diseño adecuado de los sistemas, una infraestructura conjunta de redes inteligentes, una gestión efectiva a la flexibilidad y respuesta de la demanda que se requiera y un monitoreo continuo, con el fin de lograr generar una matriz energética sostenible. Para poder tener una idea más clara se puede generar una visión en la cual lograr una integración de los puntos expuestos anteriormente, los cuales son:

- *Evaluación del potencial renovable: Como parte inicial se realiza una evaluación exhaustiva del potencial renovable con el que cuenta la comunidad o la región, esto implica analizar las características geográficas, climáticas y ambientales para la determinación de las fuentes de energías renovables más viables y disponibles.*

- *Planeación y diseño del sistema: Cuando se tenga una identificación de las fuentes de energía renovables disponibles, como siguiente paso es importante planear y diseñar un sistema energético que aproveche de manera óptima y eficiente las fuentes. Por medio de combinación de tecnologías renovables (híbridos), o sistemas normales dependiendo de la demanda que se requiera.*

- *Infraestructura y redes inteligentes: Para una exitosa integración de fuentes de energía renovables se requiere de una infraestructura adecuada y de redes inteligentes de distribución y transmisión de energía, esto puede implicar el desarrollo de parques a menor escala, ya sean solares, térmicos, eólicos, hídricos, etc. La instalación de sistemas de almacenamiento, generar una red eléctrica para facilitar la interconexión y la gestión eficiente de la energía.*

- *Flexibilidad y respuesta a la demanda: La integración de las fuentes de energía renovable puede beneficiar la flexibilidad de la respuesta en la demanda energética, así como incentivar la participación de los consumidores en la gestión de su consumo y en la adopción de tecnologías. Estas acciones ayudan a equilibrar la generación renovable y la demanda de manera más eficiente.*

- *Monitoreo y optimización:* Por último, es esencial establecer sistemas de monitoreo y seguimiento continuo con el fin de evaluar el rendimiento y la eficiencia de las fuentes de energías renovables que se integren, identificar oportunidades de mejora, estrategias de gestión y optimización en el funcionamiento del sistema.

3.7. CREACIÓN DE ESPACIOS DE DIALOGO Y TOMA DE DECISIONES CONJUNTAS.

La creación de espacios de dialogo, intercambio de conocimiento y toma de decisiones en las comunidades energéticas es esencial para el empoderamiento de los miembros, con el fin de promover la participación y garantizar que los proyectos se adapten a las necesidades y deseos de la comunidad. Por medio de la transparencia, colaboración y la apertura de nuevas ideas es fundamental para la construcción de un enfoque energético sostenible y colectivo.



Figura 12. Comunidades Energéticas. [Realización propia]

4. DIMENSIONAMIENTO DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS.

El dimensionamiento de las soluciones energéticas en Colombia requiere una evaluación de la demanda energética en diferentes sectores y generar una proyección a largo plazo. Uno de los objetivos de esta guía es poder generar un dimensionamiento de las soluciones energéticas en las ZNI, donde poder implementar tecnologías descentralizadas basadas en las fuentes renovables. Se debe considerar el gran potencial de los recursos que se tengan en la zona, por medio de las comunidades es fundamental iniciar procesos inclusivos y sostenibles. Fomentar por medio de la integración a las tecnologías innovadoras y generar políticas favorables, como el monitoreo y la evaluación continua en el rendimiento con la finalidad de mejorar la eficiencia y mejorar las prácticas.

4.1. PROYECTOS ENERGETICOS INTEGRALES

Este enfoque comprensivo tiene como objetivo potenciar la productividad en Colombia mediante la optimización estratégica del uso de la energía en diversos sectores. En el ámbito industrial, proponemos la implementación de tecnologías avanzadas, como sistemas de gestión energética, para mejorar la eficiencia operativa y reducir el consumo energético, al tiempo que enfocamos nuestros esfuerzos en fomentar la adopción de energías renovables.

En este sentido, se promueve activamente la integración de fuentes de energía renovable, como solar y eólica, térmica, entre otras, en instalaciones industriales y comerciales. Este enfoque descentralizado no

solo minimiza las pérdidas en la transmisión, sino que también promueve la resiliencia y la autosuficiencia energética, contribuyendo así a un panorama más sostenible. En el sector del transporte, abogamos por la electrificación como medio para reducir las emisiones y aumentar la eficiencia. Al incentivar la transición hacia vehículos eléctricos y desarrollar la infraestructura de carga correspondiente, podemos lograr mejoras significativas en la eficiencia energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

La estrategia incluye la exploración de tecnologías en instalaciones industriales, rurales, permitiendo la producción simultánea de electricidad, calor y frío. Esta diversificación en la generación energética ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia y sostenibilidad, alineándose con el compromiso de promover prácticas más respetuosas con el medio ambiente. Para garantizar el éxito a largo plazo, se propone un enfoque integral que va más allá de la tecnología, abarcando la capacitación y concientización de empresas y trabajadores. Se desarrollarán programas educativos que destaquen la importancia de la eficiencia energética y proporcionen las habilidades necesarias para su implementación efectiva.

La colaboración intersectorial y la creación de incentivos fiscales y financieros son componentes esenciales de este concepto. Fomentar la sinergia entre el gobierno, la industria y la sociedad civil permitirá la implementación efectiva de estas iniciativas, mientras que los incentivos brindarán el impulso necesario para la adopción generalizada de prácticas sostenibles.

Este enfoque holístico, enmarcado en la colaboración, la innovación tecnológica y la conciencia colectiva, aspira no solo a aumentar la productividad en

Colombia, sino a establecer un paradigma energético más eficiente, basado en energías renovables y la sostenibilidad, que beneficie tanto a la economía como al medio ambiente.

4.2. PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA SOSTENIBLE.

Se plantea una estrategia innovadora para potenciar la productividad en las regiones y el aprovechamiento sostenible de la energía. Esta iniciativa busca no solo incrementar la eficiencia energética, sino también generar ingresos a futuro para garantizar su sostenibilidad a largo plazo, por lo tanto, se plantea:

1. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES ENERGÉTICAS:

Análisis Detallado de Consumos: La evaluación precisa de consumos no solo identifica oportunidades de ahorro de energía, sino que también cuantifica posibles ahorros monetarios asociados.

Evaluación de Fuentes de Energía: La transición a fuentes más eficientes y sostenibles no solo tiene implicaciones ambientales, sino que también puede resultar en ahorros significativos a largo plazo.

2. DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS:

Mapeo de Procesos Actuales: La optimización de procesos no solo mejora la eficiencia energética, sino que también puede reducir costos operativos, generando ahorros financieros directos.

Integración de Tecnologías Eficientes: La inversión en tecnologías eficientes a menudo tiene un costo inicial, pero el retorno de inversión (ROI) a través de ahorros energéticos y reducción de costos operativos compensa estos gastos.

3. ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS Y METAS:

Definición de Metas de Eficiencia Energética: Cada meta establecida debería tener una proyección económica asociada. Establecer metas realistas y alcanzables garantiza que las inversiones estén respaldadas por beneficios financieros.

Implementación de Energías Renovables: Las inversiones en energías renovables pueden generar ingresos adicionales a través de la venta de excedentes energéticos a la red, contribuyendo a la sostenibilidad financiera.

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS:

Evaluación de Tecnologías Emergentes: Evaluar tecnologías emergentes no solo implica consideraciones técnicas, sino también análisis de costos y beneficios para determinar su viabilidad financiera.

Estudio de Viabilidad Económica y Ambiental: La viabilidad económica debe ser una consideración central, asegurando que las inversiones se traduzcan en ahorros monetarios y contribuyan a la rentabilidad a largo plazo.

5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN:

Desarrollo de Planes de Implementación: Planificar la implementación incluye estimaciones de costos, presupuestos y proyecciones de ahorro. Estos elementos son esenciales para una gestión financiera efectiva.

Integración de Sistemas de Monitoreo: El monitoreo constante no solo garantiza la eficiencia operativa, sino que también proporciona datos valiosos para evaluar el retorno de inversión y ajustar estrategias según sea necesario.

6. CAPACITACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN:

Formación del Personal: La formación continua del personal contribuye a una fuerza laboral más competente y eficiente, lo que puede reflejarse en una mayor productividad y, en última instancia, en beneficios económicos.

Sensibilización Ambiental: La cultura organizacional centrada en la sostenibilidad no solo tiene beneficios ambientales, sino que también puede atraer a consumidores conscientes y mejorar la imagen de la marca, afectando positivamente los ingresos.

7. EVALUACIÓN Y MEJORA CONTINUA:

Auditorías Energéticas Periódicas: Las auditorías regulares no solo identifican oportunidades de mejora, sino que también cuantifican los beneficios económicos derivados de las iniciativas implementadas.

Retroalimentación y Adaptación: Utilizar la retroalimentación para ajustar estrategias y tácticas implica una evaluación continua del impacto financiero, asegurando que cada cambio contribuya a la sostenibilidad económica.

La capacitación y concientización comunitaria son componentes fundamentales para garantizar el éxito a largo plazo del proyecto. Los programas educativos se enfocan en empoderar a la comunidad, proporcionándoles las habilidades necesarias para operar y mantener las nuevas tecnologías de manera efectiva. Este enfoque no solo mejora la eficiencia de la implementación, sino que también fortalece el sentido de pertenencia y responsabilidad de la comunidad hacia el proyecto.

La generación de ingresos a través de la productividad es un pilar estratégico. La comercialización de subproductos agrícolas y la venta de energía a empresas locales no solo diversifican las fuentes de ingresos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad eco-

nómica de la iniciativa. Además, se proyecta que esta estrategia generará una sostenibilidad de ingresos a futuro mediante:

Comercialización Continua: La producción constante de subproductos agrícolas y la venta de energía crean una fuente de ingresos sostenible que puede mantenerse a lo largo del tiempo.

Diversificación de Ingresos: La estrategia permite la exploración de múltiples fuentes de ingresos a medida que se desarrollan asociaciones con empresas locales y se identifican nuevas oportunidades comerciales.

Innovación Tecnológica: El enfoque en tecnologías avanzadas abre la puerta a futuras mejoras y optimizaciones, lo que contribuirá a mantener la relevancia y competitividad del proyecto en el largo plazo.

La colaboración intersectorial, respaldada por incentivos locales, es esencial para garantizar el éxito del proyecto. La sinergia entre el gobierno local, la industria y la comunidad crea un ambiente propicio para la adopción generalizada de prácticas sostenibles, estableciendo un paradigma energético más eficiente en la región.

5. MISIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA.

5.1. ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN ZNI.

Para el Ministerio de Minas y Energía, en Colombia las implementaciones de proyectos energéticos en las ZNI involucran una cierta cantidad de aspectos técnicos relevantes, este tipo de aspectos deben ser tratados cuidadosamente y abordados con eficacia, confiabilidad y durabilidad de los sistemas energéticos. Se deben abarcar desde la evaluación de los recursos energéticos disponibles hasta la planificación de la infraestructura necesaria y la consideración de factores regulatorios y financieros disponibles.

Como primer paso se tiene la evaluación detallada del recurso energético que se va a trabajar, esto implica un análisis exhaustivo de las fuentes renovables disponibles (radiación solar, velocidad del viento, potencial hidráulico, cantidad de residuos agrícolas (biomasa), entre otros). Por medio de esta evaluación se obtiene el tipo de tecnología más apropiada para la generación de energía.

El diseño del sistema energético es uno de los aspectos más importantes, de modo que equilibrar la intermitencia de las fuentes renovables con las demandas energéticas es lo crucial. Los sistemas híbridos, los cuales son las combinaciones de múltiples fuentes de energía, junto con los sistemas de almacenamiento,

permiten mantener un suministro constante, almacenado el excedente de energía con el fin de darle uso en los momentos de baja generación energética. Por esta razón la eficiencia energética es lo más esencial, para optimizar la producción y el consumo energético.

La implementación de medidas eficientes, como los electrodomésticos de bajo consumo, tecnologías de iluminación eficiente, la gestión y el monitoreo de los sistemas implementados, la capacitación y el mantenimiento son cruciales para mantener un rendimiento a largo plazo.

Según la IPSE la consideración de los aspectos regulatorios y financieros es esencial para garantizar la viabilidad de los proyectos, cumpliendo con los requisitos regulatorios y obteniendo los permisos necesarios, desarrollar una evaluación de las opciones de financiamiento y desarrollar un modelo de negocios sostenibles para garantizar una inversión a largo plazo.

5.2. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS.

El diseño y dimensionamiento de los sistemas energéticos es un proceso fundamental para garantizar un proceso confiable y eficiente, minimizando el impacto ambiental y maximizando la viabilidad económica. En el PEN presentado por la UPME se tocan varios puntos los cuales algunos ya fueron mencionados anteriormente:

- **Evaluación de la demanda energética:**
 - Realizar un análisis detallado de la demanda energética de la instalación o comunidad en cuestión a trabajar.
 - Considerar los diferentes sectores de consumo, como iluminación, calefacción, refrigeración y si cuentan con procesos industriales.
- **Selección de tecnologías:**
 - Evaluar las fuentes de energía disponibles.
 - Elegir las tecnologías adecuadas para la generación, almacenamiento y distribución de energía.
- **Diseño del sistema energético:**
 - Integrar diferentes tecnologías en un sistema cohesivo que garantice un suministro constante, esto depende de la cantidad de recursos energéticos con los que se cuente.
- **Almacenamiento de energía:**
 - Determinar la capacidad o el tipo de sistema de almacenamiento, como baterías, sistemas de almacenamiento.
 - Evaluar cómo se gestionará y usará la energía almacenada según las necesidades de carga o descarga.
- **Eficiencia energética:**
 - Integrar tecnologías y prácticas de eficiencia, como la cogeneración y la recuperación de calor.
 - Incorporar medidas de eficiencia en la generación y el consumo para maximizar la utilización de la energía generada.
- **Análisis Financiero y viabilidad económica:**
 - Realizar un análisis económico detallado, por medio de los costos de inversión, operación y mantenimiento.
 - Evaluar los posibles ahorros y beneficios, como la reducción de costos de energía y emisiones de carbono.
- **Integración con la red eléctrica:**
 - Evaluar las posibilidades de la integración del sistema energético con la red eléctrica existente.
 - Diseñar sistemas de interconexión y sistemas de respaldo para garantizar la estabilidad y confiabilidad del suministro.

- **Monitoreo y mantenimiento:**

- Establecer sistemas de monitoreo en tiempo real para la supervisión del rendimiento.
- Planificación de rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar el funcionamiento óptimo.

- **Cumplimiento regulatorio y ambiental:**

- Cumplir con los requerimientos en el diseño y regulación locales en base a los términos de los estándares ambientales.
- Consideración de los impactos ambientales y el establecimiento de estrategias para mitigarlos.

- **Planificación a largo plazo:**

- Diseñar el sistema con una visión a largo plazo, considerando el crecimiento de la demanda y la evolución tecnológica.
- Incorporar flexibilidad para futuras actualizaciones y mejoras.

Para poder lograr un buen diseño y dimensionamiento se requiere una metodología integral, multidisciplinaria, considerando la demanda, tecnologías adecuadas, la eficiencia energética con el fin de lograr una viabilidad exitosa en la implementación de los proyectos energéticos sostenibles en diversos contextos.

5.3. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

Para el desarrollo de herramientas de seguimiento y monitoreo, en Colombia por medio del Centro Nacional de Monitoreo (CNM), la IPSE realiza actividades de monitoreo fundamentales para en la prestación del servicio de energía eléctrica en las ZNI, suministrando información oportuna de parámetros eléctricos para la planeación, toma y elaboración de decisiones y soluciones energéticas que ayuden a generar proyectos estructurales energéticos.

Por medio de la telemetría se realiza la medición remota de las variables eléctricas con el fin de realizar el seguimiento a la prestación del servicio de la energía en las ZNI. Generar un monitoreo del consumo de energía eléctrica en tiempo real de las centrales de generación que se implementen en las ZNI.

Los reportes de información de potenciales energéticos que se gestionan por medio del CNM, con la finalidad de trazar estrategias para posibles réplicas de proyectos energéticos y el aumento de la cobertura en las ZNI. Como consiguiente el determinar la energía generada mensualmente, su potencia máxima, la cantidad de horas de prestación del servicio de energía diaria, la calidad del servicio son unos de los factores positivos que por medio de la telemetría se pueden llegar a obtener.

6. DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS FUTURAS DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN ZNI.

6.1. PROMOCIÓN DE LA APROPIACIÓN LOCAL DE LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES.

Promover la apropiación local de los proyectos energéticos sostenibles en las ZNI requiere de un enfoque integral que involucre a la comunidad, a las partes interesadas y poder potenciar cada uno de los recursos energéticos con los que cuenta, para poder lograr ello se plantean algunos aspectos para poder obtener una promoción a la apropiación de ella:

- *Educación y concientización:* educar a la comunidad sobre los beneficios de las energías renovables y sostenibles, así como sobre cómo estos proyectos pueden mejorar su calidad de vida, reducir costos y contribuir a la conservación del medio ambiente.
- *Investigación y evaluación inicial:* Con respecto a lo aprendido por la comunidad depende de ellas realizar un análisis detallado de las condiciones locales, las fuentes de energías disponibles, las necesidades energéticas de la comunidad y las posibles limitaciones técnicas y ambientales.
- *Desarrollo de proyectos a medida:* Diseñar proyectos energéticos adaptados a las características locales y las demandas energéticas que requieran. Como ejemplo se considera la instalación de siste-

mas fotovoltaicos ya que cuentan con una amplia cantidad de radiación solar en la zona a desarrollar el proyecto.

- *Capacitación y formación:* Proporcionar la capacidad a la comunidad local para que puedan participar en la operación y el mantenimiento de los sistemas energéticos. Esto ayuda a empoderar a los residentes para que se conviertan en cuidadores y operadores de las instalaciones.
- *Celebración de logros:* Reconocer y celebrar los logros y beneficios alcanzados a medida que los proyectos se desarrollan, fortalece el compromiso de la comunidad y motiva la participación continua.
- *Replicar:* Con el éxito que se tenga de un proyecto, se utilizan los aprendizajes y las mejoras prácticas para replicar y escalar la apropiación local de proyectos energéticos mediante el PERS haciéndolos sostenibles y duraderos en las ZNI.

La apropiación local de los proyectos energéticos es una apuesta a futuro implicando un enfoque participativo, educativo y colaborativo que involucre a las comunidades en todas las etapas del proceso conlleva a un éxito rotundo y aplicativo a futuro.

6.2. PLAN NACIONAL DE SUSTITUCIÓN DE LEÑA (POLÍTICA DE SUSTITUCIÓN DE LEÑA).

Se considera el PNSL con mayor ambición en electricidad y conservación de usos culturales con estufas eficientes de leña, se consideran nuevas tecnologías como biogás y solar concentrada, en especial para hogares rurales dispersos.

Para la sustitución de fogones tradicionales de leña por estufas eficientes de cocción de leña, se espera que para el año 2030 se tengan instaladas más de 1 millón en las zonas rurales del país.

6.3. ESTRATEGIA CLIMÁTICA DE LARGO PLAZO EN COLOMBIA.

Se modela de forma agregada en los elementos de eficiencia energética y adopción de cocción eléctrica eficiente, con el fin de alcanzar edificaciones 100% electrificadas e zonas urbanas para el 2050. Los elementos relacionados con autogeneración de energía eléctrica se consideran en el módulo de oferta de electricidad.

6.4. CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS.

Consideraciones Ambientales:

- *Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): Realiza una EIA exhaustiva para identificar posibles impactos en el entorno natural, la biodiversidad y los ecosistemas locales.*
- *Selección del Sitio Adecuado: Escoge ubicaciones que minimicen el impacto en áreas sensibles, como humedales, zonas de vida silvestre y hábitats protegidos.*
- *Conservación de la Biodiversidad: Diseña proyectos de manera que no afecten negativamente a la flora y fauna local. Puedes considerar la creación de corredores ecológicos y áreas de amortiguamiento.*
- *Uso Eficiente de los Recursos Naturales: Optimiza la utilización de recursos como el agua y la tierra, minimizando la extracción y el uso innecesario.*
- *Minimización de Residuos y Emisiones: Implementar tecnologías y prácticas que reduzcan al mínimo la generación de residuos y las emisiones contaminantes.*
- *Gestión de Residuos: Establece sistemas adecuados para la gestión de residuos, incluido el reciclaje y la disposición adecuada de los desechos generados durante la construcción y la operación.*

MITIGACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS:

- *Tecnologías de Bajo Impacto: Opta por tecnologías de generación de energía que tengan un menor impacto en el entorno, como paneles solares y aerogeneradores de diseño adecuado.*

- *Planificación del Uso de la Tierra: Diseña cuidadosamente la disposición de las instalaciones para minimizar la alteración del paisaje y evitar la fragmentación del hábitat.*

- *Restauración del Paisaje: Desarrolla planes de restauración del paisaje después de la construcción para devolver el entorno lo más cerca posible a su estado original.*

- *Control de Ruido y Vibraciones: Implemente medidas para mitigar el ruido y las vibraciones durante la construcción y la operación de las instalaciones.*

- *Control de Erosión y Sedimentación: Utilice prácticas de control de erosión y sedimentación para prevenir la contaminación del suelo y del agua durante la construcción.*

- *Promoción de la Educación Ambiental: Educa a la comunidad local sobre la importancia de los proyectos sostenibles y los impactos ambientales positivos que pueden tener.*

- *Monitoreo Continuo: Establece sistemas de monitoreo para supervisar los impactos ambientales y ajustar las operaciones según sea necesario.*

- *Compensación y Compromiso: Considere la posibilidad de implementar medidas de compensación, como la reforestación en áreas afectadas, y trabaja en estrecha colaboración con las comunidades locales para garantizar su participación y beneficio.*

- *Investigación y Desarrollo: Invierte en investigación y desarrollo para mejorar constantemente las tecnologías y prácticas con el objetivo de reducir aún más los impactos negativos.*

- *Transparencia y Divulgación: Mantén una comunicación transparente con las partes interesadas y la comunidad sobre los impactos ambientales, las medidas de mitigación y el progreso del proyecto*

Integrar estas consideraciones y estrategias en la planificación y ejecución de proyectos energéticos sostenibles y renovables ayudará a minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y asegurar que los beneficios sean duraderos y sostenibles.



