



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Propuesta metodológica para la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia con soluciones aisladas

Edwin Giovanni Rodríguez Guzmán

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Maestría en Contabilidad y Finanzas

Bogotá, Colombia

2023

Propuesta metodológica para la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia con soluciones aisladas

Edwin Giovanni Rodríguez Guzmán

Trabajo de grado de profundización presentado como requisito parcial para optar al título
de:

Magíster en Contabilidad y Finanzas

Director:

Profesor Luis German Ome

Línea de profundización:

Finanzas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Maestría en Contabilidad y Finanzas
Bogotá, Colombia

2023

(Dedicatoria o lema)

A mi familia

Declaración de obra original

Yo Edwin Giovanni Rodríguez Guzmán declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Edwin Giovanni Rodríguez Guzmán

Fecha 30/07/2023

Fecha

Resumen

Propuesta metodológica para la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia con soluciones aisladas

El presente documento comprende el trabajo final realizado para obtener el título de magíster en Contabilidad y Finanzas, con énfasis en la línea de Finanzas y bajo la modalidad de “Estudio de Caso”. El objetivo principal es desarrollar una propuesta metodológica para la evaluación financiera de proyectos de electrificación rural en Colombia (ex ante), utilizando soluciones aisladas por parte de los formuladores de los proyectos. En primer lugar, se realiza una caracterización de la situación problemática y se describe la relevancia social de la evaluación financiera de estos proyectos en Colombia, con el propósito de alcanzar la meta de universalización energética en las zonas no interconectadas del país. Posteriormente, se procede a realizar una exhaustiva revisión de la literatura que fundamenta el tema de estudio, enfocándose en la identificación de las principales variables que impactan financieramente los proyectos de electrificación rural en países en vías de desarrollo. Además, se realiza una revisión de las lecciones aprendidas de este tipo de proyectos en el país, presentados en convocatorias para obtener recursos públicos, y se toman en cuenta las recomendaciones proporcionadas por expertos en el proceso de viabilización de dichos proyectos. A través de esta revisión, se identifican los aspectos clave que deben ser considerados en la evaluación financiera de dichos proyectos. De esta manera, se proporciona una base sólida para la propuesta metodológica que se desarrollará en este trabajo de grado.

Palabras clave

Energización Rural, Evaluación financiera de proyectos de energización, Sistemas Fotovoltaicos, SISFV y Flujo de Caja Descontado.

Abstract

Methodological proposal for the financial evaluation of rural electrification projects in Colombia with stand-alone solutions.

This document comprises the final work carried out to obtain the Master's degree in Accounting and Finance, with an emphasis on the Finance line and under the modality of "Case Study." The main objective is to develop a methodological proposal for the financial evaluation of rural electrification projects in Colombia, using isolated solutions by the project formulators. First, a characterization of the problem situation is conducted, and the social relevance of the financial evaluation of these projects in Colombia is described, with the purpose of achieving the goal of energy universalization in the non-interconnected areas of the country. Subsequently, an exhaustive literature review is conducted, which underpins the study topic, focusing on the identification of the main variables that financially impact rural electrification projects in developing countries. Additionally, a review of lessons learned from this type of projects in the country, presented in calls for obtaining public resources, is conducted, and the recommendations provided by experts in the process of viability of such projects are taken into account. Through this review, the key aspects that must be considered in the financial evaluation of such projects are identified.

Keywords: Rural energization, financial evaluation of rural energization projects, photovoltaic systems, Solar Home System and Discounted cash flow

Contenido

| | Pág. |
|---|-------------|
| Contenido | |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Relevancia organizacional y social..... | 1 |
| 1.2 Situación caracterizada | 3 |
| 1.3 Objetivos..... | 11 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 11 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 11 |
| 2. Contexto y caracterización del caso..... | 13 |
| 2.1 Contexto de las Zonas No Interconectadas en Colombia | 13 |
| 2.1.1 Caracterización de usuarios ZNI..... | 15 |
| 2.2 Caracterización Proceso de evaluación financiera de proyectos de energización para zonas no interconectadas en Colombia | 16 |
| 2.2.1 Criterios para el proceso de evaluación de los proyectos de energización rural | 16 |
| 2.2.2 Caracterización de los proyectos presentados durante 2020 y 2021 | 19 |
| 3. Explicaciones teóricas o referentes conceptuales para la interpretación del caso | 23 |
| 3.1 Revisión de referentes en la literatura | 23 |
| 3.2 Referentes conceptuales a partir de la opinión de expertos en evaluación de proyectos de energización rural en Colombia | 33 |
| 4. Propuesta metodológica de evaluación financiera de proyectos de energización rural | 40 |
| 5. Aprendizajes del caso para el proceso formativo..... | 55 |
| 6. Conclusiones y recomendaciones..... | 57 |
| Anexo A: Metodología..... | 67 |
| Anexo B: Caracterización de usuarios en la ZNI..... | 77 |
| Anexo C: Caracterización proyectos presentados 2020-2021 | 80 |
| Anexo D: Glosario y ejemplos de la propuesta | 83 |

Lista de figuras

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1-1: Impacto del acceso a la energía..... | 2 |
| Figura 2-1: : Caracterización energética ZNI | 14 |
| Figura 2-5: Valor promedio por usuario por Departamentos | 20 |
| Figura 2-6: Costo por usuario por nivel de radiación | 21 |
| Figura 3-3: Mapa de relaciones de palabras clave | 23 |
| Figura 4-3 Módulos y actividades relacionadas con le evaluación financiera de proyectos en la MGA | 41 |
| Figura A-1: Multimetodología aplicada al trabajo final..... | 67 |
| Figura A-2: Documentos por año | 70 |
| Figura A-3: Documentos por países..... | 74 |
| Figura B-1: Material predominante paredes Material predominante pisos..... | 79 |
| Figura B-2: Actividades familiares identificadas | 79 |
| Figura C-1: Costo promedio por usuario y región..... | 82 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1-1: Instituciones involucradas en la gobernanza eléctrica, Colombia. | 5 |
| Tabla 1-2: Caracterización proyectos de energización presentados para evaluación... | 8 |
| Tabla 4-1: Ubicación del SISFV | 43 |
| Tabla 4-2: Ejemplo de cálculo de Costo por usuario- Cu (\$/usuario/ día) | 49 |
| Tabla 4-3: Traslado de costos al usuario del SISFV | 50 |
| Tabla 4-4: Flujo de Caja Descontado para una SISFV | 51 |
| Tabla A-1: Soporte mesas de trabajo con expertos | 69 |
| Tabla A-2: Documentos revisión de literatura | 71 |
| Tabla A-3: Proyectos evaluados y viabilizados 2020-2021 | 75 |
| Tabla B-1: Costo promedio sustitutos de energéticos..... | 77 |
| Tabla B-2: Sustitutos energéticos para iluminar..... | 78 |
| Tabla C-1: Proyectos evaluados por el IPSE por fondo | 80 |
| Tabla C-2: Proyectos y usuarios beneficiados por departamento | 81 |
| Tabla D-1: Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una vivienda dispersa en el municipio de Uribía, La Guajira..... | 85 |
| Tabla D-2: Ejemplo de costos directos comunes a un SISFV en estudio de mercado | 85 |
| Tabla D-3: Ejemplo tasas de primas de seguros asociadas a un proyecto de energización rural..... | 86 |
| Tabla D-4: Ejemplo de cálculo de Eficiencia del SISFV | 86 |
| Tabla D-5: Ejemplo tasas de falla anual de unidades constructivas SISFV..... | 87 |
| Tabla D-6: Ejemplo tiempo y costo de visita por cuadrilla según el tipo de atención (horas x técnico) | 87 |
| Tabla D-7: Ejemplo personal administrativo del operador..... | 88 |
| Tabla D-8: Ejemplo servicios generales asociados al operador | 89 |
| Tabla D-9: Ejemplo cálculo de depreciación Unidad Constructiva | 89 |

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

| Símbolo | Término | Unidad SI | Definición |
|------------|------------------------|-----------|---|
| <i>kWh</i> | Kilovatio hora | 3,6 MJ | Kilovatio de potencia sostenida durante 1 hora. |
| <i>Wp</i> | Watt pico o Vatio pico | W | Potencia nominal de un panel fotovoltaico |

Abreviaturas

Abreviatura Término

| | |
|-------|---|
| AMGC | Administración, mantenimiento y gestión comercial |
| AOM | Administración, Operación y Mantenimiento |
| DCF | Flujo de Caja Descontado/ |
| ICEE | Índice de Cobertura Eléctrica |
| MGA | Metodología General Ajustada |
| MGN | Marco Geoestadístico Nacional |
| ODS | Objetivos de Desarrollo Sostenible |
| PGN | Presupuesto General de la Nación |
| SISFV | Sistema Individual Solar Fotovoltaico |
| VPN | Valor Presente Neto |
| TIR | Tasa Interna de Retorno |
| WACC | Costo promedio ponderado de capital |
| ZNI | Zonas no Interconectadas |

1. Introducción

1.1 Relevancia organizacional y social

Según (Delapedra-Silva, et al., 2022), alrededor de 733 millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a la electricidad. En América Latina, se estima que 17 millones de personas viven en pequeñas comunidades aisladas y dispersas, lo que dificulta lograr un acceso total a la electricidad. Las zonas rurales presentan tasas de electrificación aún bajas, especialmente en América Central, la región andina y la Amazonía. Las limitaciones de acceso en estas áreas se deben a la pobreza de la población y a las complejas características geográficas de algunas regiones. Además, los retrasos en la implementación de políticas de electrificación y el uso de diseños inadecuados también contribuyen a las bajas tasas de acceso (Eras, et al., 2023).

La falta de acceso a la electricidad en las zonas rurales de países en desarrollo agrava los desafíos de pobreza. Aunque en algunos países hay personas que se encuentran por encima del umbral de pobreza, la falta de acceso a la electricidad limita el desarrollo y aumenta la desigualdad. Estos problemas revelan la existencia de obstáculos sistémicos, como políticas insuficientes para el acceso a la energía, falta de infraestructura y altos costos de conexión. Aunque no resolvería todos los problemas, un mejor acceso a la energía podría tener un impacto significativo en estas circunstancias (International Energy Agency, 2017).

La ausencia del servicio de energía eléctrica tiene un impacto significativo en diversos aspectos de la vida diaria de las personas y el progreso de las comunidades. Esto dificulta el acceso a servicios fundamentales como la iluminación, la calefacción, la refrigeración, el suministro de agua potable, las comunicaciones y el transporte. Estas limitaciones pueden afectar negativamente la calidad de vida de las personas, especialmente en áreas rurales y remotas (IRENA, 2014).

La energía eléctrica desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico. La falta de electricidad obstaculiza la creación y el funcionamiento de empresas, el uso de maquinaria y tecnología moderna, la productividad agrícola, la generación de empleo y la conexión a redes comerciales y de comunicación. Además, la carencia de energía eléctrica en escuelas y centros de salud restringe el acceso a una educación de calidad y a servicios de atención médica adecuados (IRENA, 2016).

Figura 1-1: Impacto del acceso a la energía



Fuente: Elaboración propia con base en los informes de IRENA 2014 y 2016.

Cuando no se cuenta con electricidad, las personas suelen recurrir a fuentes de energía convencionales y no sostenibles, como la quema de biomasa (leña, carbón vegetal) y el uso de lámparas de queroseno. Estas prácticas pueden tener consecuencias desfavorables para la salud, el medio ambiente y la situación económica de las familias. (WHO, 2017)

La falta de acceso a la electricidad en países en vías de desarrollo implica limitaciones en el acceso a servicios básicos, obstáculos para el desarrollo económico, impactos en la educación y la salud, dependencia de fuentes de energía no sostenibles y desigualdades sociales. Abordar esta brecha energética es crucial para promover un desarrollo sostenible e inclusivo en estas regiones. (WHO, 2015)

En el mercado actual existen tecnologías renovables e instrumentos financieros que pueden llegar a considerarse eficientes para reducir la brecha energética, su aplicación por medio de proyectos debe procurar apoyar la creación de empleo acompañado de un efecto directo en los ingresos de la comunidad beneficiaria, mejorando los niveles de la calidad de vida de la población, especialmente la educación, salud, tecnología y bienestar. Uno de los mayores desafíos es crear vínculos entre la comunidad, el gobierno y los privados para la generación de políticas de electrificación rural (F.S. Javadi, 2013).

1.2 Situación caracterizada

En Colombia existen 13,4 millones de viviendas, de los cuales 2 millones (15%) se encuentran en zonas rurales dispersas (DANE, 2018), de este grupo de viviendas, 818 mil (41%) aún no tienen disponibilidad del servicio de energía eléctrica (UPME, 2019) y 441.000 se encuentran en las zonas más apartadas de Colombia, descritas en el presente documento como zonas no interconectadas-ZNI (IPSE, 2021) y corresponde al 53% del territorio nacional por municipios. Estas zonas se encuentran en municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (Ley 855 de 2003), conformadas por viviendas en zonas aisladas, de difícil acceso con una densidad de población muy baja e inexistencia de infraestructura básica. El Estado Colombiano en el numeral 1.3.1.3. del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera, en desarrollo de la “Reforma Rural Integral”,

se comprometió a la implementación del Plan Nacional de Electrificación Rural, PNER, el cual fue creado mediante Decreto 884 de 2017.

Además, el gobierno de Colombia se ha comprometido a cumplir la meta de garantizar el acceso universal al servicio de energía eléctrica para el año 2030, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esta meta se enmarca en el Objetivo 7 de los ODS, "Energía Asequible y No Contaminante", implica lograr una cobertura del 100% en todo el país, incluyendo las Zonas No Interconectadas (ZNI) (DANE, 2018). Es importante destacar que el acceso a la energía eléctrica no se limita únicamente a esta nueva meta, sino que también desempeña un papel crucial en el logro de muchos otros ODS, como la igualdad de género, la reducción de la pobreza y la mejora de la salud. El acceso a la electricidad tiene un impacto significativo en la vida de las personas y representa un requisito previo necesario para avanzar en el desarrollo socioeconómico. (WHO, 2015))

En el Plan Nacional de Desarrollo 2022- 2026 "Colombia, potencia mundial de la Vida", establece lineamientos para la electrificación rural del país mediante el modelo de comunidades energéticas, a través del uso de fuentes no convencionales de energías renovables (FNCER) (DNP, 2023).

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los esfuerzos históricos del gobierno central de Colombia para ampliar la cobertura de electrificación rural son insuficientes para alcanzar la meta de universalización para el año 2030. Además, se debe tener en cuenta el aumento en la demanda debido al crecimiento de la población y la coyuntura posconflicto que atraviesa el país. Ante esta responsabilidad, es necesario continuar con los esfuerzos de financiación de soluciones utilizando recursos del Presupuesto General de la Nación y adoptar enfoques audaces que impulsen la financiación de estas soluciones mediante mecanismos innovadores, como los contemplados en el Plan Nacional de Desarrollo.

Para acelerar la implementación de soluciones, se requiere la colaboración y coordinación de entidades del sector minero energético, así como la participación del sector privado. En este sentido, el Decreto 1082 de 2015 establece una serie de incentivos para involucrar a empresas del sector privado en las etapas de diseño, implementación, puesta en marcha, administración y mantenimiento de la infraestructura, con el objetivo de mejorar la calidad de los servicios públicos para la población. Este proceso fortalecería la matriz energética

de las zonas apartadas de Colombia, basándose en principios de eficiencia económica y competencia, y continuaría la política de reducción de barreras para la entrada de nuevos inversionistas (BID, 2017).

Para alcanzar la meta de universalización energética, es fundamental contar con una coordinación efectiva entre diferentes entidades y agilizar los procesos de planificación y verificación de requisitos para la asignación de recursos. Además, se debe fortalecer la inclusión del componente financiero en las metodologías de formulación de proyectos de inversión, tanto para el diseño e implementación de nueva infraestructura eléctrica como para la mejora de la infraestructura existente. Esto implica ampliar la cobertura y mejorar la calidad del servicio de energía en las áreas rurales que lo necesiten.

En Colombia, el gobierno impulsa la electrificación rural a través de la financiación de soluciones energéticas basadas en fuentes no convencionales. Este esfuerzo se lleva a cabo en colaboración con entidades del sector de minas y energía, incluyendo el Ministerio de Minas y Energía, la UPME, la CREG y el IPSE.

Tabla 1-1: Instituciones involucradas en la gobernanza eléctrica, Colombia.

| Institución | Objetivo | Función |
|---|--|---|
| Ministerio de Minas y Energía (MME) | Gobernanza (SIN, ZNI) | Formular y adoptar políticas encaminadas al aprovechamiento sustentable de los recursos mineros y energéticos para contribuir al desarrollo económico y social. |
| Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) | Planificación (SIN, ZNI) | Planificar el desarrollo minero y energético, apoyar la formulación e implementación de políticas públicas y generar conocimiento e información para un futuro sustentable. |
| Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) | Regulación (SIN, ZNI) | Regular los sectores energéticos, incluidos la electricidad, el gas natural, el gas licuado de petróleo y los combustibles líquidos, para sustentar el desarrollo; regula los monopolios; incentiva la competencia y satisface las necesidades de usuarios y empresas |
| Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) | Control y vigilancia (SIN, ZNI y otros servicios públicos) | Promover y proteger los derechos y deberes de los usuarios y prestadores de los servicios públicos domiciliarios y la prestación de estos servicios esenciales de manera sustentable y de calidad. |

| Institución | Objetivo | Función |
|--|---|---|
| Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas en ZNI (IPSE) | Planificación - Estructurar e implementar proyectos fuera de la red (ZNI) | Atender las necesidades energéticas de los habitantes que no cuentan con este servicio; identificar, implementar y monitorear soluciones energéticas sustentables con criterios de eficacia, eficiencia y efectividad en ZNI. |

Fuente: (Garces, et al., 2021)

Los recursos asignados al sector, especialmente los provenientes del Presupuesto General de la Nación (PGN), se destinan a inversiones en el IPSE y a los Fondos de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI), el Fondo de Apoyo a la Electrificación Rural (FAER), el Programa de Normalización de Redes Eléctricas (PRONE) y el Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE). Además, el Plan Todos Somos Pazcífico (PTSP) también destina recursos para este fin. El gobierno está incentivando la inclusión de otras fuentes de financiación, como la cooperación nacional e internacional, a través de asociaciones público-privadas (APP), obras por impuestos, bonos verdes y acciones de responsabilidad social empresarial por parte de empresas privadas.

Para el proceso de selección de proyectos para financiar en los fondos públicos se utilizan multiplicidad de criterios en la evaluación de los proyectos de energización rural, especialmente en el componente financiero. Los manuales, guías o modelos para la presentación de proyectos a estos fondos fueron expedidos en 2006¹ y 2011², 2019³ en algunos casos son diferentes para cada uno de los fondos, utilizando variables y criterios diversos para el mismo fin, o criterios muy generales que no precisan los requerimientos necesarios para que los estructuradores utilicen los parámetros de manera homogénea en los proyectos, quedando a interpretación de cada actor involucrado tanto la estructuración como la evaluación y viabilización de proyectos en muchos de sus componentes (MME - UPME, 2018).

¹ Guía para la formulación y presentación de proyectos a los fondos FAZNI

² la Guía para la formulación y presentación de proyectos de los fondos FAER, FAZNI, SGR, FECF y programa PRONE (MME, 2011)

³ La Guía metodológica para la evaluación de proyectos de redes de distribución de energía eléctrica (UPME, 2019)

Esta situación ha causado demoras, reprocesos y desgaste administrativo por la saturación de la capacidad de las entidades involucradas en el proceso de selección de proyectos, baja ejecución presupuestal y riesgo de cumplimiento de metas de energización rural para lograr la universalización energética, así mismo, el 95% de los proyectos aprobados han presentado fallas en la ejecución por situaciones no previstas en el componente financiero en la etapa de formulación, como adiciones presupuestales a contratos que se encuentran en ejecución del componente de implementación de los proyectos y prorrogas por el no cumplimiento en los tiempos establecidos en la etapa de formulación. En el desarrollo de los proyectos de energización se ha evidenciado diversas dificultades en las diferentes etapas, en el tema financiero se presentan variaciones en los supuestos financieros ocasionados por factores comerciales o cambiarios, problemas asociados al modelo de Administración, Operación y Mantenimiento – AOM, garantías y evaluación de la sostenibilidad financiera (BID - MME, 2021).

Los supuestos en los proyectos, que son interpretaciones y previsiones del futuro, son susceptibles a variaciones y pueden afectar la ejecución y resultados. Estos incluyen las proyecciones de la demanda de energía, el desgaste del sistema de generación, las fluctuaciones en la tasa de cambio de partes importadas del sistema como baterías o inversores, la irradiación solar debido a condiciones atmosféricas y los costos diferenciados en cada región para la administración, operación y mantenimiento (AOM). Para prever y buscar mitigar el impacto de estas variables, es necesario realizar análisis de sensibilidad, los cuales no se evidencian en los proyectos presentados hasta ahora. Los análisis de sensibilidad permiten evaluar cómo cambios en estas variables afectan los resultados financieros y determinar estrategias de mitigación de riesgos adecuadas. Así mismo, las comunidades se ven afectadas por no contar con el servicio de energía eléctrica en el año que se presentaron los proyectos, en muchos casos deben volver a realizar nuevamente todo el proceso en nuevas convocatorias de las siguientes vigencias.

Consultores externos contratados por el IPSE, entes territoriales, empresas prestadoras de servicios y algunas comunidades organizadas formulan proyectos para participar en las convocatorias para la obtención de recursos de alguno de estos fondos de financiación del PGN, los cuales son presentados ante el IPSE para su viabilización y verificación de requisitos financieros, administrativos y técnicos, de acuerdo a las metodologías descritas para cada uno de los fondos de financiación. En el periodo 2020 y 2021 fueron presentados

168 proyectos que beneficiaban a 68 mil nuevos usuarios, el 87% de los proyectos no cumplían los requisitos y fueron devueltos para ajustes, del total de proyectos sólo 72 (43 %) fueron viabilizados, 22 (13%) en la primera etapa de revisión y 50 (30%) luego de corregir fallas en la estructuración inicial, los 96 restantes (57%), que beneficiaba a 39 mil usuarios, no cumplieron con requisitos a pesar del acompañamiento brindado por parte del IPSE para el ajuste de inconsistencias, durante dicho periodo se presentaron 309 versiones, en las causales de devolución se destaca fallas en la estructuración financiera de los mismos y sostenibilidad de los proyectos energéticos incierta y poco viable.

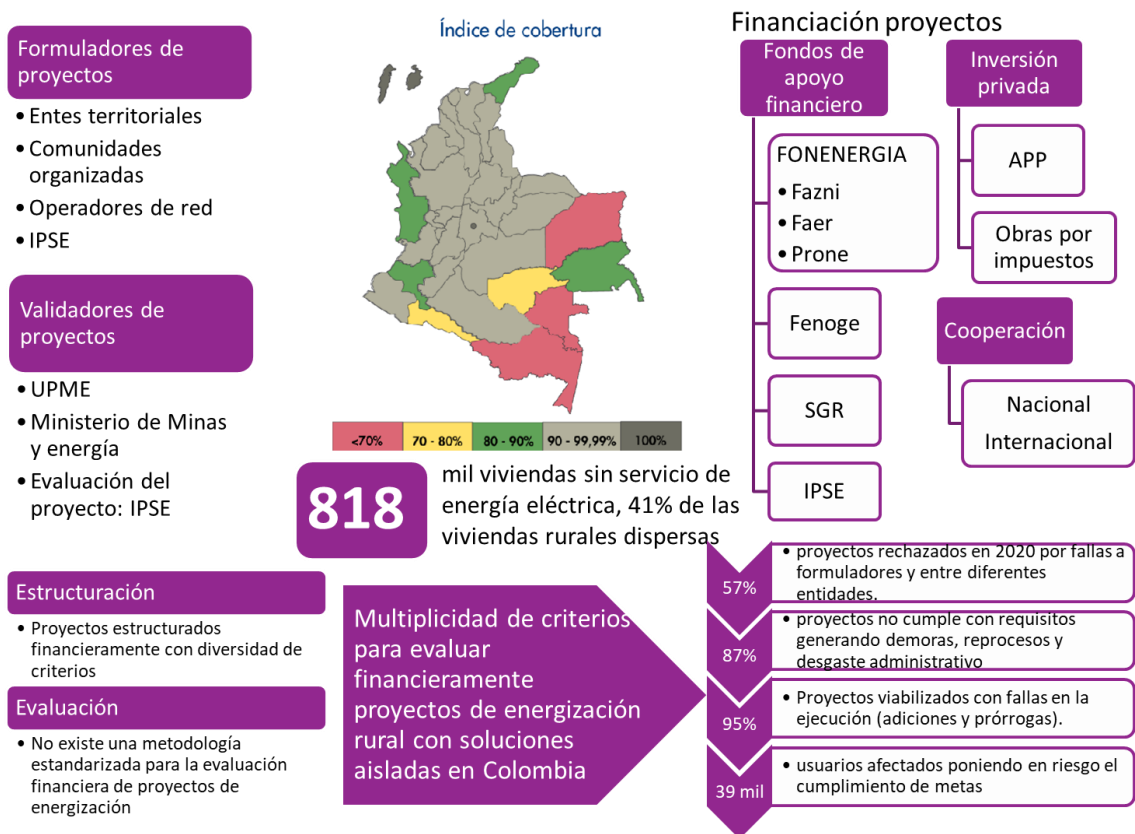
Tabla 1-2: Caracterización proyectos de energización presentados para evaluación

| Proyectos 2020 y 2021 | Número | Beneficiados | Porcentaje Proyectos |
|--|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Presentados | 168 | 68.004 | 100% |
| Viabilizados primera revisión | 22 | 7.852 | 13% |
| Devueltos para ajustes | 146 | 60.152 | 87% |
| Viabilizados luego de corregir | 50 | 20.787 | 30% |
| Rechazados definitivamente | 96 | 39.365 | 57% |
| Veces de presentación | 309 | | |
| Número de repetición presentación por proyecto | $= (309 - 22) / (168-22) = 1,96$ | | |

Fuente: Elaboración propia con base en los proyectos presentados al IPSE en 2020

Una vez viabilizados por el IPSE, los proyectos se presentan ante el Ministerio de Minas y Energía para verificación de requisitos y aval para presentar a cada fondo, en la vigencia 2020 el Ministerio devolvió para ajustes al IPSE cerca del 40% de los proyectos viabilizados (IPSE, 2021).

Figura 1-2: Caracterización situación actual Energización Rural en Colombia.



Fuente: Elaboración propia con base en la caracterización IPSE 2021.

En los apartados anteriores se han abordado los temas de estructuración y evaluación de proyectos. Es importante tener en cuenta que el proceso de estructuración de proyectos es una etapa separada y diferente de la evaluación de proyectos, existe evidencia que sugiere que, al establecer criterios unificados para la evaluación, se puede mejorar el proceso de estructuración, según Kerzner, los criterios de evaluación de proyectos pueden contribuir a mejorar la estructuración de proyectos de diversas formas. En primer lugar, estos criterios pueden ayudar a identificar los objetivos clave del proyecto. Una vez identificados, estos objetivos pueden orientar el desarrollo del plan del proyecto. En segundo lugar, los criterios de evaluación del proyecto pueden facilitar la identificación de los riesgos e incertidumbres asociados con el proyecto. Una vez identificados, estos riesgos e incertidumbres pueden gestionarse para minimizar su impacto en el proyecto. En tercer lugar, los criterios de evaluación del proyecto pueden garantizar que el proyecto se complete dentro del plazo establecido, respetando el presupuesto asignado y cumpliendo los estándares de calidad requeridos. (Kerzner, 2017). En este sentido, una metodología

que definida y estandarice los criterios para la evaluación de proyectos permitirá fortalecer el proceso de estructuración de proyectos.

Este trabajo tiene como objetivo proponer una metodología para evaluar proyectos de electrificación rural con soluciones aisladas, desde la etapa de formulación, en el marco de las directrices contenidas en el Acuerdo No. 084 de 2019, expedido por el Consejo de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, por el cual se establecen las modalidades de Trabajo Final y sus correspondientes Propuestas de Trabajo Final para la Maestría en Contabilidad y Finanzas. La metodología propuesta es para la evaluación por parte del formulador del proyecto, recomendando que incorpore las variables mínimas necesarias y por otra parte use metodologías de general aceptación para evaluar la bondad financiera. Para lograrlo, se seguirán los siguientes pasos: a) Identificación de factores clave: Se consultará a expertos en evaluación financiera de proyectos de este tipo para identificar los factores más importantes a considerar. b) Análisis de proyectos existentes: Se verificará el componente financiero de proyectos presentados a fondos de financiación durante el periodo 2020-2021, con el fin de determinar los factores clave en la evaluación financiera. Se caracterizarán las principales fallas y aciertos encontrados en la evaluación financiera. c) Revisión bibliográfica: Se realizará una revisión de la literatura sobre los factores clave en la evaluación financiera de proyectos de electrificación rural. Se dará prioridad a las experiencias exitosas de países que han logrado avances en la universalización energética en los últimos tres años. Con este enfoque integral, se espera ofrecer una metodología sólida que permita una evaluación financiera más precisa y efectiva de los proyectos de electrificación rural, fortaleciendo así el proceso de evaluación y promoviendo el acceso a energía eléctrica en las comunidades más remotas.

Este trabajo permitirá ofrecer una visión más clara de la problemática a los interesados, proponer criterios homogéneos del proceso que lleva a cabo el formulador para la evaluación financiera de proyectos presentados para concursar por recursos en las convocatorias de financiamiento de los fondos estatales y en especial brindar información y recomendaciones a la estructuración del proceso de evaluación financiera que se está construyendo para la entrada en operación de FONENERGIA; de igual forma, brindar herramientas que permitan usar de manera eficiente los recursos del estado destinados

para tal fin, mejorar el proceso de viabilización de proyectos; así como, fortalecer el proceso de ejecución presupuestal, intensificar el cumplimiento de metas de universalización energética y en última instancia aportar a la dinamización del acceso a la prestación del servicio de energía eléctrica, en las comunidades que habitan las zonas más apartadas del país.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Construir una propuesta metodológica para la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia con soluciones aisladas

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar los factores clave para la evaluación financiera de proyectos de energización rural a partir de la opinión de expertos.

Identificar en la literatura los factores clave de las metodologías de evaluación financiera de proyectos de energización rural.

Identificar las fallas más comunes en la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia a partir de los resultados de las validaciones a los proyectos presentados durante 2020 y 2021

2.Contexto y caracterización del caso

En esta sección, se examinará el contexto de las condiciones de la población y las regiones que todavía carecen de acceso a la energía en Colombia. Además, se describirá la forma en que se ha llevado a cabo el proceso de evaluación financiera de los proyectos de energización rural.

2.1 Contexto de las Zonas No Interconectadas en Colombia

El Índice de Cobertura Eléctrica (ICEE) en Colombia ha alcanzado un nivel nacional del 94,93%, lo que indica el porcentaje de viviendas que cuentan con servicio eléctrico en comparación con el total de viviendas. Sin embargo, aún existe un 5,07% de viviendas en el país que carecen de este servicio, lo cual equivale a aproximadamente 818 mil viviendas. Se estima que de estas viviendas sin servicio eléctrico en todo el país, alrededor de 347 mil podrían ser atendidas mediante soluciones aisladas en las ZNI (UPME, 2019).

En los departamentos con Zonas No Interconectadas (ZNI) en Colombia, se estima que el 46% de la población vive en condiciones de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Sin embargo, en los departamentos de Guajira, Guainía, Vaupés y Vichada, este porcentaje supera el 75% de la población (DANE, 2018).

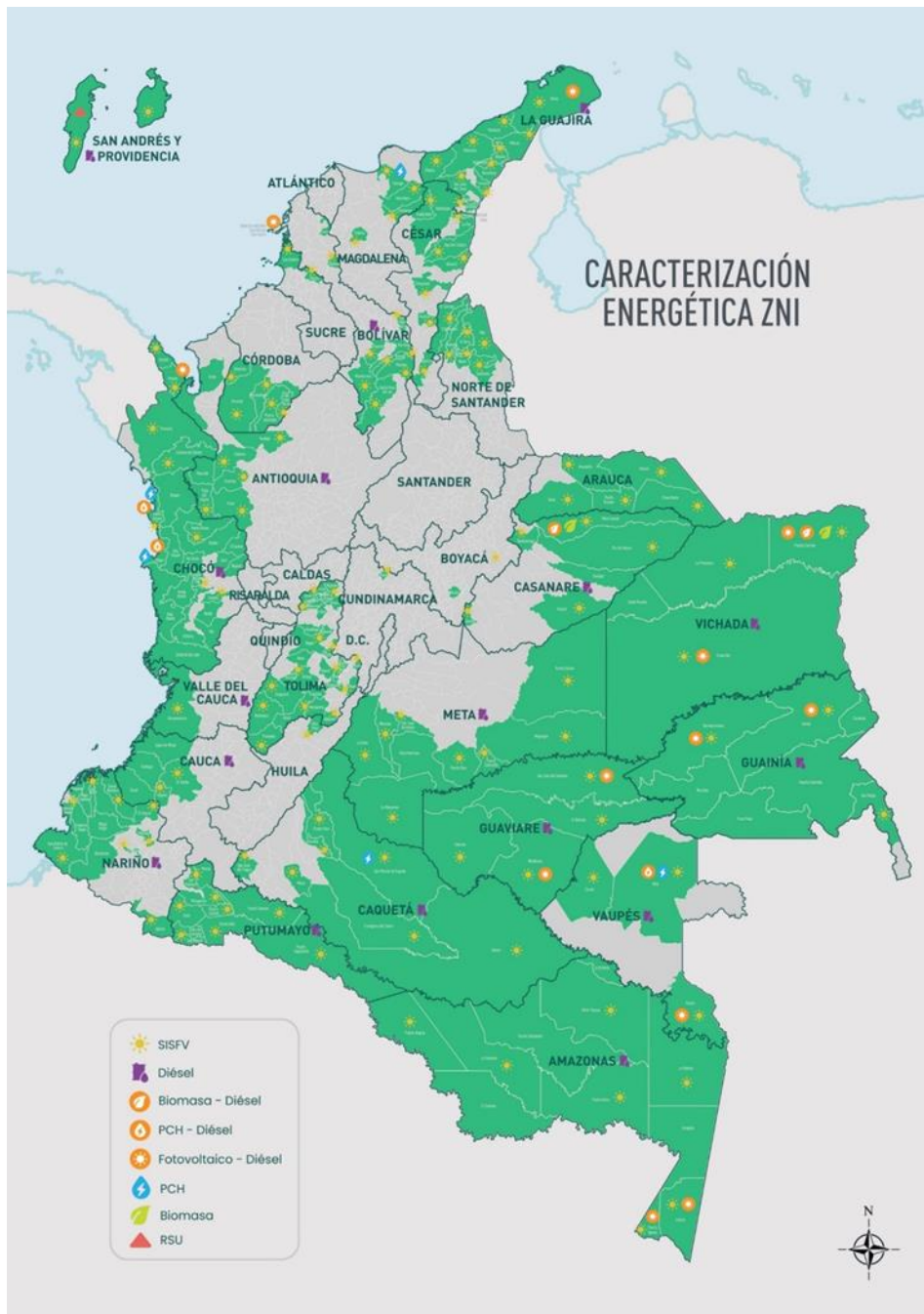
La ZNI se caracteriza por tener baja densidad poblacional, los departamentos de Guainía, Vichada, Amazonas, Vaupés y Guaviare, cuentan con menos de un habitante por kilómetro cuadrado (DANE, 2018). Según (Superservicios, 2021) debido a esta dispersión y a las características técnicas y económicas, los proyectos de interconexión con el Sistema Interconectado Nacional (SIN) no resultan viables. Considerando también los posibles impactos ambientales, estimulan al Estado a buscar alternativas de suministro de energía

eléctrica basadas en FNCER que sean adecuadas para estas condiciones y que sean ambientalmente sostenibles, debido a la sensibilidad de los ecosistemas presentes en las ZNI.

Las ZNI se componen de cuatro departamentos que no están conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN), así como de catorce departamentos que cuentan con zonas fuera de la red de interconexión, además de territorios que sí están conectados al SIN. En estos departamentos, se ubican 77 municipios y 16 áreas municipalizadas. En estas zonas, aproximadamente 458 mil usuarios tienen acceso al servicio de energía. De este grupo, el 85% de los usuarios dependen de la generación de energía a través del uso de diésel, mientras que el 15% restante se abastece mediante fuentes renovables no convencionales (FNCER) (IPSE, 2023).

Dentro del grupo de generación de energía con FNCER, el 70% se produce mediante Sistemas Individuales Solares Fotovoltaicos (SISFV), mientras que el 10% se genera a través de soluciones centralizadas. Además, un 9% se obtiene a través de Biomasa y otro 9% proviene de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) (IPSE, 2023). Estas soluciones están ubicadas de acuerdo a lo ilustrado en la siguiente imagen.

Figura 2-1: : Caracterización energética ZNI



Fuente: IPSE tomado de <https://ipse.gov.co/cnm/caracterizacion-de-las-zni/>

2.1.1 Caracterización de usuarios ZNI

En el año 2020, el IPSE llevó a cabo una encuesta para caracterizar a 17.186 usuarios de las Zonas No Interconectadas (ZNI). El objetivo de esta encuesta era identificar a los usuarios en estas áreas que no cuentan con servicio eléctrico, así como recopilar información sobre sus características socioeconómicas. Esta información serviría para estructurar y viabilizar proyectos que brinden soluciones energéticas adecuadas a las necesidades de estos usuarios. En el anexo B se muestran los resultados de la caracterización de usuarios de la ZNI.

Las principales conclusiones de la caracterización fueron: la mayoría de los encuestados, aproximadamente 14,600, corresponden a viviendas familiares, mientras que el resto pertenece a instituciones (2,400), principalmente ubicadas en Unidades Comunitarias de Atención (UCA) y centros educativos. La gran mayoría de los predios encuestados (98%) pertenecen al estrato 1 y se ubican en zonas rurales, resguardos indígenas, comunidades negras y caseríos. En cuanto a la disposición de pago por el servicio de energía, el 78% de los encuestados se mostró dispuesto a pagar un promedio mensual de \$13,000 pesos, mientras que el 20% estaría dispuesto a pagar \$35,000 pesos mensuales. En el ámbito de la cocina, los combustibles alternativos más utilizados son la leña, el gas propano y el carbón mineral. En lo que respecta a la iluminación, se emplean principalmente pilas, velas y petróleo. Además, la encuesta permitió identificar diversas actividades familiares que se llevan a cabo en estas áreas, tales como agricultura, ganadería y artesanías, entre otras. Estos datos son de gran importancia para comprender mejor las dinámicas y necesidades de estas comunidades.

2.2 Caracterización Proceso de evaluación financiera de proyectos de energización para zonas no interconectadas en Colombia

2.2.1 Criterios para el proceso de evaluación de los proyectos de energización rural

El Ministerio de Minas y Energía encomienda al IPSE y a la UPME la responsabilidad de llevar a cabo la evaluación de proyectos. Estas entidades se encargan de evaluar y

determinar la viabilidad de los proyectos formulados, con el propósito de presentarlos a los fondos pertinentes, como FAZNI, PRONE, FAER, FENOGE, SGR y el Plan Pazcífico.

La Misión de Transformación Energética propuso la unificación de algunos fondos que financian la energización rural con el fin de homogenizar la presentación de proyectos y hacer frente a los problemas en el seguimiento a la ejecución de los recursos (MME, 2021). Con la expedición de la Ley 2099 de 2021 de transición energética, el gobierno nacional creó el Fondo Único de Soluciones ~Energéticas –FONENERGÍA, sustituyendo los fondos FAZNI, PRONE, FAER y el Fondo Especial Cuota Fomento Gas Natural -FECFGN, una de las razones para la unificación de los fondos fue la consolidación y estructuración de procedimientos de selección de los proyectos que concursaran por recursos; mejorando la coordinación de la ejecución de los recursos y el cumplimiento de las metas de cobertura y acceso del servicio de energía (Name, et al., 2021). Se espera que el fondo único inicie su operación en la vigencia 2024, en este sentido, aún continúan vigentes los procesos de selección de proyectos de los fondos que sustituye FONENERGIA, cada uno con criterios diferentes de evaluación y viabilización.

En 2011, el Ministerio de Minas y Energía emitió la Guía para la formulación y presentación de proyectos de los fondos FAER, FAZNI, SGR, FECF y programa PRONE (MME, 2011). El objetivo principal de esta guía es facilitar el proceso de solicitud de recursos a los solicitantes que buscan mejorar y expandir el suministro de energía eléctrica en las áreas no interconectadas del país. La guía proporciona recomendaciones detalladas para la elaboración de un proyecto de electrificación, que incluyen la identificación del problema, la participación comunitaria, la evaluación ambiental, los estudios técnicos, la formulación del proyecto para el fondo correspondiente, el proceso de evaluación, la asignación de recursos, la firma del contrato y la ejecución del proyecto. Además, la guía aborda de manera general la evaluación financiera y destaca la importancia de los aspectos financieros para el desarrollo del proyecto, haciendo especial énfasis en la viabilidad financiera, entendida como el cumplimiento de las condiciones y criterios financieros establecidos.

En relación a los criterios financieros, es importante considerar los costos globales y unitarios estimados para cada actividad del proyecto, así como los costos indirectos como

administración, imprevistos, utilidad, costos de contratación de la intervención técnica y otros costos necesarios para su ejecución, como los relacionados con corte y reconexión al sistema. La guía establece que los proyectos deben cumplir con la Metodología General Ajustada (MGA) definida por el DNP, así como los requisitos establecidos por cada entidad evaluadora.

La Guía metodológica para la evaluación de proyectos de redes de distribución de energía eléctrica fue publicada por la UPME en 2019 (UPME, 2019). Esta guía proporciona sugerencias para la presentación de proyectos, destacando la importancia de incorporar la capacidad de pago para evaluar la sostenibilidad del proyecto. El costo del kilovatio hora (kWh), los subsidios establecidos para la energía en el país y el valor promedio de la factura para la zona beneficiada son factores que deben tenerse en cuenta. Además, se deben incluir actividades desglosadas por tipo de red, como transformadores, acometidas, medidores, redes medias y bajas. La intervención técnica, el cumplimiento de normas técnicas (Retie), la administración delegada y los porcentajes de administración solo deben calcularse sobre los costos directos. No se deben incluir costos relacionados con el retiro de activos existentes, servidumbres, planes de reforestación o planes de mitigación ambiental. Un aspecto destacado es el análisis de precios unitarios (APU) para el transporte, mano de obra, equipos y herramientas, y las especificaciones para un medidor inteligente prepago monofásico.

En cuanto a la evaluación financiera, se recomienda utilizar la vida útil del proyecto, las horas de servicio diario, la inversión inicial, los costos de reposición, los costos anuales de operación y mantenimiento (AOM), los costos de inversión y reposición, el costo por usuario, el consumo garantizado al usuario y el valor del kWh.

El IPSE, por su parte, ha desarrollado herramientas disponibles en su página web institucional para la estructuración de proyectos. Estas herramientas incluyen formatos y guías de documentos, como una lista de chequeo y lineamientos para la encuesta de caracterización de los beneficiarios. Asimismo, se encuentran disponibles estudios exhaustivos de mercado sobre soluciones solares fotovoltaicas individuales, junto con guías específicas para la estructuración y criterios de evaluación en aspectos ambientales, sociales, civiles y técnicos.

En el ámbito financiero, el IPSE ofrece una herramienta en formato Excel que sirve como ejemplo para los estructuradores, en la cual se presentan los criterios a tener en cuenta durante la evaluación. El objetivo de esta evaluación es determinar la sostenibilidad financiera de un proyecto, mediante el criterio de cierre financiero. Esto implica analizar si, en el período de estudio de 10 años, los flujos de efectivo (ingresos menos costos) traídos al presente mediante el indicador de valor presente neto, resultan positivos. Los ingresos, provenientes de la facturación y los subsidios, así como los costos de administración, comercialización y mantenimiento, se calculan para el primer año y se ajustan en función de la inflación en los años posteriores. Además, las pólizas se consideran como una inversión inicial por parte del proponente. Se realiza un análisis de flujo de efectivo, descontando los costos de los ingresos para cada año y llevando a valor presente los flujos futuros de cada año, descontados a una tasa del 12% (IPSE, 2022).

2.2.2 Caracterización de los proyectos presentados durante 2020 y 2021

Durante las vigencias 2020 y 2021, se presentaron un total de 168 proyectos para evaluación en el IPSE. En el anexo C: Caracterización de los proyectos presentados durante 2020 y 2021, se detallan los resultados obtenidos.

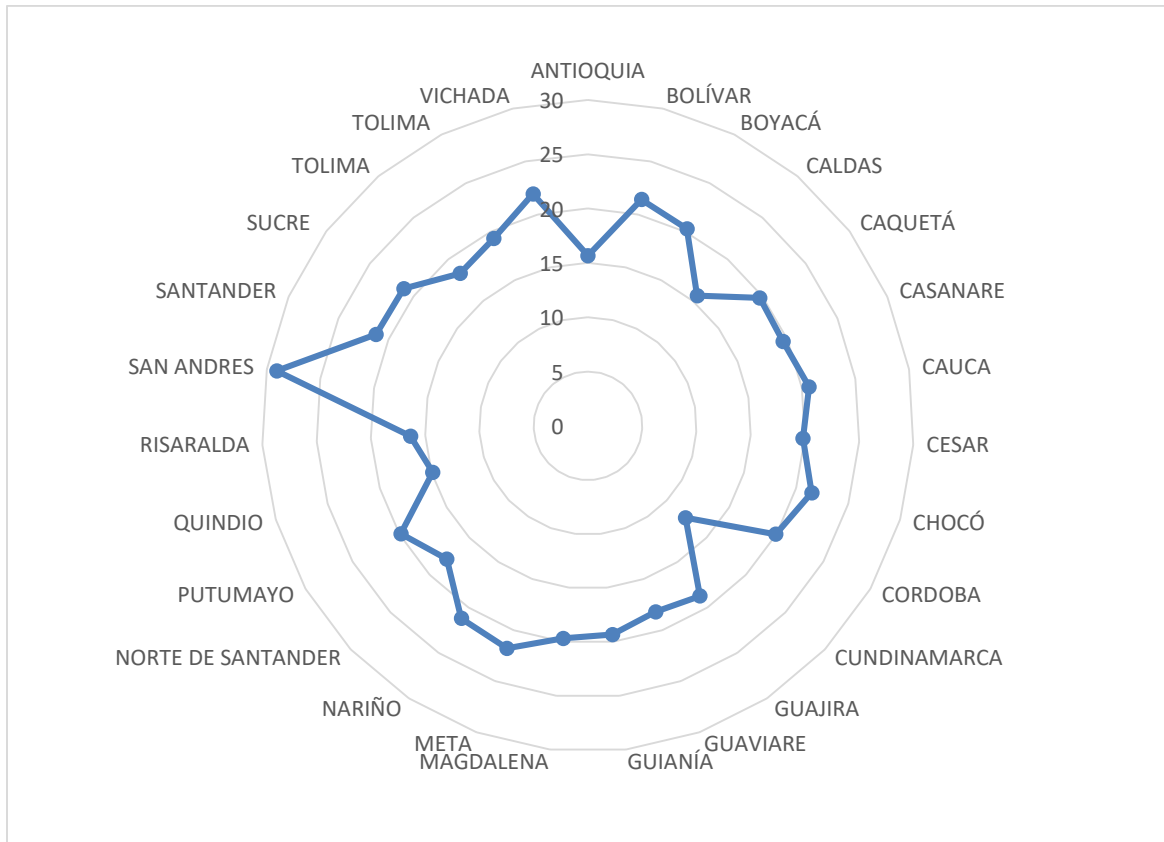
A partir del análisis realizado, se ha identificado que los proyectos presentan deficiencias en su estructuración. Una de estas deficiencias radica en la suposición de valores constantes para variables que son afectadas por diversas circunstancias a lo largo del periodo proyectado del flujo de caja. Por ejemplo, se ha observado que la demanda de energía se mantiene constante en la mayoría de los proyectos analizados, sin considerar las proyecciones de crecimiento o disminución de la demanda en función de situaciones que puedan impactar a la comunidad beneficiada. Asimismo, no se toma en cuenta el desgaste normal del sistema con el paso del tiempo, lo cual conlleva una disminución en la capacidad de generación de energía y, por ende, afecta la generación de ingresos o egresos del proyecto. Estas suposiciones de valores constantes en diferentes variables impactan directamente en el flujo de caja y, en consecuencia, en la razonabilidad de las cifras presentadas.

En el análisis de los proyectos, se constató que en 20 de ellos no se incluyeron rubros específicos que incluyeran la participación de la comunidad en el proyecto. Es fundamental garantizar la participación de la comunidad para asegurar la sostenibilidad del proyecto. Para lograr esto, se requiere la colaboración de personal especializado en el tema, especialmente si los beneficiarios pertenecen a comunidades étnicas que demandan un enfoque diferenciado en el trabajo con la comunidad. Además, es esencial proporcionar capacitación a la comunidad y fomentar la apropiación de la tecnología involucrada en el proyecto.

Durante el periodo estudiado, el valor promedio de las soluciones individuales con sistemas solares fotovoltaicos en el territorio nacional se estimó en \$21,7 millones a precios de 2020 para un promedio de generación de 0,78 kWh y proyectos formulados para beneficiar a 14.464 usuarios. Esta estimación se basa en los proyectos evaluados y viabilizados durante dicho periodo. Se destaca que San Andrés fue el área que registró el mayor costo de la solución, debido a los elevados costos de transporte de materiales y desplazamientos necesarios para la ejecución del proyecto en la isla. Por otro lado, los departamentos de Bolívar, Meta, Nariño, Chocó y Vichada presentan un valor superior al promedio nacional, debido a sus características de difícil acceso, usuarios dispersos y condiciones del terreno. En contraste, los departamentos de Cundinamarca, Quindío, Caldas y Antioquia muestran un valor inferior al promedio nacional, principalmente debido a que los proyectos se ubican en zonas de acceso más fácil y cuentan con medios de transporte más económicos en comparación con otras áreas.

Figura 2-2: Valor promedio por usuario por Departamentos

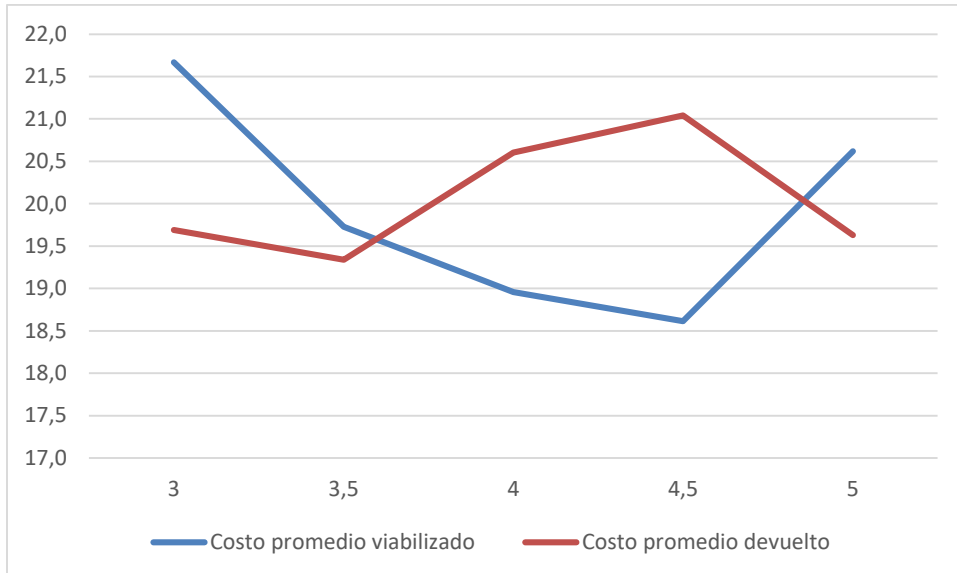
Millones de pesos



Fuente: Elaboración propia con base en los proyectos evaluados en el IPSE 2020-2021

Tras el análisis de los proyectos presentados para competir por recursos, se identificó otra relación significativa relacionada con la variable de radiación. Aunque las evaluaciones analizadas no consideraron las variaciones de radiación en función de la región donde se lleva a cabo el proyecto, se realizó un ejercicio comparativo entre los proyectos que fueron devueltos y aquellos que fueron viabilizados. Como resultado, se pudo establecer una relación inversa entre los costos por usuario y el nivel de radiación por región, utilizando una escala de 3 a 5 kWh/m².

Figura 2-3: Costo por usuario por nivel de radiación



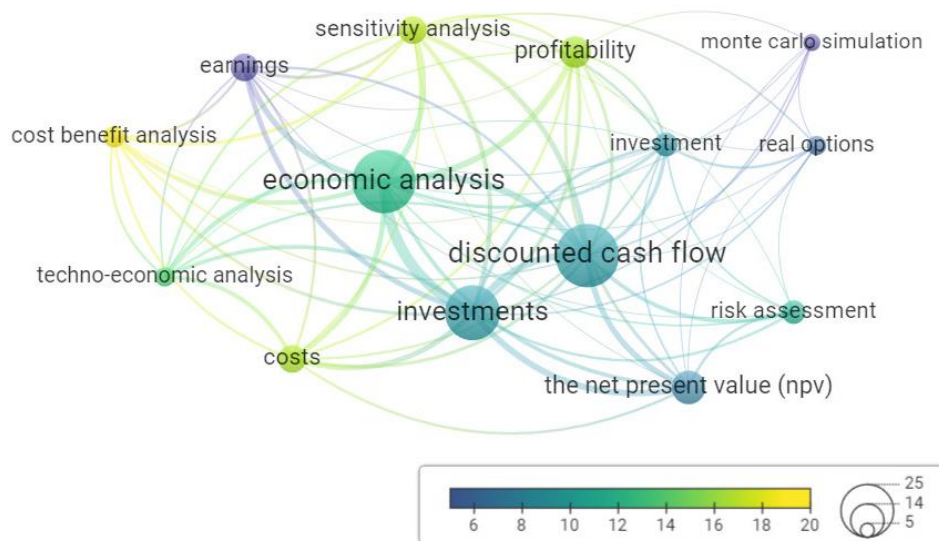
Fuente: Elaboración propia con base en los proyectos evaluados en el IPSE 2020-2021

3. Explicaciones teóricas o referentes conceptuales para la interpretación del caso

3.1 Revisión de referentes en la literatura

Para el proceso de revisión de la literatura, se utilizaron las bases de datos Scopus y el contenido especializado del Institute of Electrical and Electronics Engineers- IEEE Explore. Al aplicar la ecuación de búsqueda con los criterios de inclusión y exclusión detallados en el anexo A de la metodología, se obtuvieron 19 documentos que fueron considerados en el presente análisis, centrándose en la evaluación financiera de proyectos de energización rural. Las palabras más comunes encontradas en los documentos estudiados son: Flujo de Caja Descontado (DFC), inversión, análisis económico y Valor Presente Neto (VPN). Además, se encontraron palabras como utilidades, análisis de sensibilidad y riesgos, entre otras. A continuación, se presenta un mapa de relaciones de palabras clave, que se profundizarán en los conceptos más relevantes encontrados en la revisión de los documentos en posteriores apartados.

Figura 3-1: Mapa de relaciones de palabras clave



Fuente: Elaboración propia en aplicativo VOSviewer con documentos seleccionados.

Con el fin de facilitar el análisis de los documentos encontrados, se procedió a realizar una clasificación en dos componentes principales que abarcan los hallazgos obtenidos. El primer componente se refiere a las técnicas utilizadas para la evaluación financiera de proyectos, mientras que el segundo componente se centra en las variables identificadas por los autores como elementos clave para llevar a cabo dicha evaluación.

En el contexto del caso de estudio, se encontró bibliografía pertinente relacionada con la evaluación financiera de proyectos de energización rural, así como también con iniciativas de energización mediante soluciones fotovoltaicas independientes de la red. Además, se identificaron evaluaciones financieras de proyectos de energización que involucran fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), las cuales corresponden a soluciones individuales que actualmente compiten por recursos en los fondos públicos.

En este contexto, se han llevado a cabo diversos estudios que han realizado análisis de los indicadores financieros más utilizados para la evaluación de proyectos. En una revisión de literatura realizada por (Delapedra-Silva, et al., 2022), se observa una división en cuanto a los métodos empleados para evaluar este tipo de proyectos. Estos métodos incluyen: i) enfoques tradicionales de evaluación de proyectos mediante el flujo de caja descontado, que hacen uso de indicadores como el VPN y la Tasa Interna de Retorno (TIR); ii) análisis de costos utilizando el método del Costo Nivelado de Energía (LCOE); iii) retorno de la inversión (ROI); y iv) análisis de opciones reales.

De acuerdo con los métodos tradicionales, el DCF es el método de valoración más utilizado al momento de decidir si invertir en varios tipos de proyectos (Falode & Ladeinde, 2016), es ampliamente utilizado en el ámbito financiero y se basa en un enfoque determinista. Su objetivo principal es determinar el valor potencial de una inversión en función de los flujos de efectivo futuros que podrían tener un impacto sobre la misma y se descuentan a una tasa predeterminada. El valor presente de la inversión en términos de dinero corriente se calcula utilizando una variedad de técnicas para lograrlo. Es crucial enfatizar que el DCF es una técnica predictiva que puede tener inconvenientes si los datos que utiliza no son confiables (Kte'pi, Bill, 2021).

En lo que respecta a los orígenes del DCF, no se puede atribuir su autoría a un único autor seminal, ya que esta técnica ha sido desarrollada y utilizada por diversos expertos y académicos a lo largo del tiempo. Sin embargo, uno de los primeros estudiosos que realizó una contribución significativa en su desarrollo y difusión fue Irving Fisher, un reconocido economista estadounidense del siglo XX. En 1930, Fisher publicó su obra titulada "La teoría del interés", donde introdujo el concepto de descuento de los flujos de efectivo futuros como una herramienta para determinar el valor presente de activos e inversiones (Roos, 1930). A través de este trabajo, Fisher sentó las bases teóricas del enfoque del Flujo de Caja Descontado y su aplicación en el campo de la valoración financiera.

A lo largo del tiempo, diversos expertos en finanzas y economía han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo y fortalecimiento del método del flujo de caja descontado, así como en su aplicación en distintos contextos. Un ejemplo notable es William Sharpe, ganador del Premio Nobel de Economía en 1990, quien desarrolló el modelo de valoración de activos de capital (CAPM). Este modelo utiliza el flujo de caja descontado como una herramienta para determinar el valor intrínseco de los activos. Por su parte, Eugene Fama, otro galardonado con el Premio Nobel de Economía en 2013, ha llevado a cabo investigaciones sobre los mercados financieros eficientes, basándose también en el uso del DCF para la valoración de activos (Alvarez, 2022).. Además, Modigliani y Miller sostienen en la proposición I que el valor de mercado de una empresa está directamente relacionado con el valor esperado de sus retornos futuros, los cuales son descontados a una tasa determinada.

Los métodos de flujos futuros descontados han venido evolucionando, incorporando diversas aplicaciones en el ámbito de la evaluación de proyectos y la valoración de empresas a precios de mercado. En el caso específico de los proyectos, se han empleado enfoques de presupuesto de capital para determinar el cálculo de los rendimientos económicos de un proyecto (Chiesa & Frattini, 2009) Desde la perspectiva del inversionista, el DCF es la diferencia entre los flujos de efectivo generados por la inversión y los pagos o salidas de efectivo asociados a la misma (Bernal & Lopez, 2006).

Para (Cucchiella, et al., 2017), la obtención de los flujos de efectivo de una inversión se fundamenta en un enfoque incremental que se centra exclusivamente en las entradas y salidas de efectivo, ya que este método tiene una naturaleza eminentemente financiera. Esta metodología ha sido ampliamente empleada en la evaluación de proyectos energéticos, particularmente en la valoración de iniciativas de energización rural a través de sistemas fotovoltaicos.

El método DCF implica la determinación del valor de un flujo de caja futuro, tomando en consideración el valor del dinero a lo largo del tiempo mediante la aplicación de una tasa de interés en la ecuación. En un análisis de flujo de efectivo descontado, todos los flujos de efectivo futuros son descontados para obtener su suma, conocida como VPN, en el presente. El DCF evalúa el valor de un proyecto, ya sea que exista un exceso o una insuficiencia de flujos de efectivo, en términos del valor presente. En comparación con otros métodos, el DCF es un enfoque sencillo, sólido, económico y ampliamente disponible. Además, estos métodos proporcionan resultados consistentes, independientemente de la aversión al riesgo relativa de los inversores (Falode & Ladeinde, 2016).

A través de un análisis basado en el método DCF, se ha determinado que los sistemas de generación fotovoltaica en Brasil no resultan económicamente viables en las 63 redes de distribución evaluadas. Como sugerencia, se plantea la necesidad de reducir los costos de transacción asociados a la generación eléctrica descentralizada, así como generar opciones de financiamiento viables o disminuir los costos de inversión. El enfoque utilizado en este análisis se basa en el VPN del flujo de caja, que tiene en cuenta tanto los costos de inversión máximos por potencia instalada como los costos estimados en un exhaustivo estudio de mercado realizado por la Asociación Brasileña de Industrias Eléctricas y Electrónicas. Además de los costos de operación, el cálculo de inversión también

considera la pérdida de eficiencia del sistema y el incremento de la tarifa a lo largo de una vida útil de 20 años. Para evaluar la viabilidad del proyecto de energía fotovoltaica sometido a valoración, se utiliza una escala que clasifica la relación entre los costos y los beneficios como viable ($I > 10\%$), marginalmente viable ($5\% < I < 10\%$), límite ($-5\% < I < 5\%$), marginalmente inviable ($-10\% < I < -5\%$), e inviable ($I < -10\%$) (Holdermann, et al., 2014).

En una investigación en Nigeria sobre la aplicación del método de flujo de caja descontado en sistemas híbridos de energía renovable, se utiliza indicadores tradicionales como el VPN, la TIR y el período de recuperación de la inversión inicial. Además, se propone la incorporación de indicadores adicionales, como la Relación de Valor Presente (PVR), que representa la relación entre el flujo de efectivo neto descontado generado por un proyecto y los desembolsos de efectivo descontados antes de impuestos. También se introduce el concepto de Valor Máximo en Efectivo en Rojo (MCR), que indica la exposición máxima al flujo de efectivo cuando los egresos superan los ingresos durante el ciclo de vida del proyecto (Aba, et al., 2019).

Para (Cucchiella, et al., 2017), en la industria energética, es crucial considerar no solo las métricas tradicionales, sino también la cantidad de energía generada debido a la diversidad de tecnologías de generación y su capacidad respectiva. Con este fin, se ha adoptado una métrica más integral y efectiva para parametrizar y comparar proyectos: el Costo Nivelado de la Energía (LCOE, por sus siglas en inglés, Levelized Cost of Energy). Este indicador permite calcular el precio al que la electricidad generada por un activo debe ser vendida para compensar los costos totales de producción durante su vida útil. De esta manera, se obtiene una visión más completa y precisa de la viabilidad económica de los proyectos en la industria energética. Es común en este tipo de proyectos la utilización de software especializado, para la evaluación de una solución, en Ecuador se utilizó el software Homer Pro, con el fin de determinar la configuración óptima basada el menor costo actual neto total- NPC y el LCOE (Hidalgo-Leon, et al., 2022).

La evaluación de los DCF en proyectos de energía fotovoltaica conlleva incertidumbres significativas. Para abordar estas incertidumbres, (Leicester, et al., 2016) proponen la aplicación de un enfoque probabilístico utilizando el modelo de redes bayesianas. Mediante este enfoque, se busca gestionar de manera integral las incertidumbres

inherentes al servicio de energía fotovoltaica, permitiendo una evaluación técnico-financiera rigurosa y robusta a través del análisis probabilístico de los posibles rendimientos del proyecto. Al ajustar el VPN a la integración de parámetros con múltiples criterios, la aplicación del modelo de redes bayesianas al flujo de caja descontado permite considerar de manera más completa las incertidumbres asociadas a factores como la tasa de disponibilidad del sistema fotovoltaico, las variaciones en los niveles de autoconsumo y rendimiento del sistema, así como la ubicación geográfica y los factores técnicos. Este enfoque proporciona una mejor comprensión de los riesgos involucrados y permite explorar diferentes escenarios que consideren los impactos de tarifas y subsidios en los rendimientos del proyecto. En consecuencia, se logra una evaluación más sólida y precisa de la viabilidad financiera de los proyectos de energía fotovoltaica.

Mediante el uso de simulaciones, es posible abordar de manera cuantitativa los riesgos e incertidumbres en la evaluación de inversiones, y uno de los métodos más aplicables para este fin es el método Monte Carlo. El método utiliza números aleatorios generados de manera secuencial sobre variables específicas que determina el formulador, para simular escenarios posibles y calcular los resultados correspondientes. Estas simulaciones permiten evaluar la probabilidad de alcanzar ciertos resultados financieros y brindan una perspectiva más completa de los riesgos y las incertidumbres involucradas en la inversión. (Zaman, et al., 2017).

El DCF es un enfoque utilizado para valorar proyectos y considera la tasa de descuento, que se compone de la tasa libre de riesgo y la prima de riesgo. La gestión de riesgos es incorporada en las diferentes etapas del proyecto, identificando los problemas principales que surgen y su interrelación en cada fase específica (Chan, et al., 2018).

(Salvo, et al., 2017) proponen incluir en la prima de riesgo de los proyectos el riesgo financiero, el riesgo del sistema y el riesgo empresarial, utilizando el método integrado del enfoque Build-up con el método Forte de influencias ascendentes y descendentes. Estos factores intrínsecos forman parte del riesgo y se aplican específicamente en el contexto de sistemas fotovoltaicos. Los tipos de riesgo considerados son el riesgo de contexto, relacionado con la ubicación geográfica y las áreas de sombra; el riesgo endógeno, asociado a las características técnicas que afectan el rendimiento energético; el riesgo financiero vinculado a la inversión; el riesgo del sistema, que abarca cambios normativos

y fiscales; el riesgo asegurable, que contempla robos, desastres naturales y situaciones que afecten el servicio; y el riesgo de la gestión patrimonial, relacionado con las actividades que impactan los flujos de caja operativos.

En el proceso de evaluación de proyectos, existen numerosas variables que desempeñan un papel crucial, como los valores asociados al sistema de producción, las tasas de interés, el costo del proyecto después de los incentivos y las tarifas eléctricas. Estos valores, que a menudo se consideran constantes en los proyectos, en realidad son estimaciones que, dependiendo de su precisión, pueden afectar la cuantificación del VPN con un nivel de certeza limitado. Estas variables, al ser estimaciones sujetas a posibles variaciones, introducen incertidumbre en el proceso de evaluación financiera. Por lo tanto, es fundamental considerar cuidadosamente la precisión y confiabilidad de estos valores en el cálculo del VPN. La exactitud de estas estimaciones puede influir significativamente en los resultados obtenidos y, por lo tanto, en la toma de decisiones sobre la viabilidad económica de un proyecto. (Mangiero & Kraten, 2017).

(Gonçalves, et al., 2022), En un estudio para Brasil concluyo que es determinante buscar el mejor uso de las características climáticas disponibles para alcanzar un retorno financiero favorable en proyectos de esta naturaleza. Se destaca la existencia de una relación directa entre los distintos tipos de clima y los resultados obtenidos. Se ha observado que los municipios caracterizados por niveles más elevados de irradiación solar y horas de insolación diaria presentan una generación eléctrica más considerable, lo que a su vez se traduce en rendimientos superiores en términos de VPN, así como en costos iniciales más reducidos.

La optimización de la composición de los equipos y la capacidad instalada constituyen aspectos de gran importancia en las soluciones fotovoltaicas. Además, resulta fundamental considerar los aspectos específicos del problema abordado, tales como los aspectos técnicos, económicos, políticos y otros, que influyen en la determinación de la configuración óptima del equipo. Estos hallazgos se desprenden de un estudio realizado en Ecuador sobre la eficiencia energética en sistemas híbridos fuera de la red, llevado a cabo por (Karamov, et al., 2022).

De acuerdo con las conclusiones del estudio realizado por (Sankoh, et al., 2022) acerca de los sistemas fotovoltaicos en Sierra Leona, se sugiere la implementación de políticas fiscales y económicas, así como incentivos, como la reducción de la tasa de descuento aplicada a los préstamos financieros destinados a proyectos de sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales. Estas medidas podrían tener un impacto significativo en la reducción del costo de capital de dichos proyectos, lo que a su vez se traduciría en una disminución del costo de la energía producida.

Con el fin de evaluar la viabilidad financiera de estos modelos, considerando la incertidumbre y la frecuente variación de las variables de entrada, (Pujari & Rudramoorthy, 2021) emplean tres parámetros de sensibilidad en un estudio en la India: el costo de capital de las baterías, los paneles fotovoltaicos y la tasa de descuento. Para disminuir el costo de instalación e inversión de este sistema híbrido, se pueden obtener subvenciones y subsidios por parte de los gobiernos central y estatal. La asistencia gubernamental resulta crucial para suministrar energía a áreas remotas a un bajo Costo de Energía (COE), lo cual, a su vez, estimula a los inversionistas a destinar mayores recursos en la etapa de instalación y contribuye al desarrollo económico del país.

Según (Kang & Jung, 2020) los costos de un sistema de extensión de la red se dividen en gran medida en tres componentes: generación, transmisión y distribución. Cada uno de los tres componentes consta de tres subcomponentes: costo de capital, costo de operación y mantenimiento (O&M) y costo de reemplazo. Para (Chowdhury, et al., 2020) los costos del sistema que analizaron en el estudio llevado a cabo en Bangladesh fueron divididos en costos iniciales, anuales y periódicos, así como los créditos por cualquier costo base que se evite en el sistema propuesto. En este punto, los costes evitados también dependen de la reducción de la factura eléctrica por eficiencia y de la deducción fiscal durante la ejecución del proyecto según (Chiacchio, et al., 2019).

En un estudio de análisis económico de paneles solares realizado en Italia por (Cucchiella, et al., 2018), se encontró que la viabilidad económica de los sistemas fotovoltaicos está estrechamente relacionada con la proporción de autoconsumo en un mercado desarrollado. En consecuencia, el uso de sistemas de almacenamiento de energía se plantea como una solución para incrementar esta proporción. Además, se identificaron diversas variables críticas que afectan los sistemas solares fotovoltaicos, entre las cuales

se encuentran: los niveles de insolación, los precios de compra y venta de electricidad, los costos de inversión de los sistemas fotovoltaicos, las deducciones fiscales específicas para estos sistemas, el tamaño de las baterías, los costos de inversión, la vida útil de las baterías, los aumentos en el autoconsumo después de la implementación de un sistema de almacenamiento de energía y los subsidios del sistema.

|

Desde una perspectiva medioambiental, se ha llevado a cabo un estudio en Italia que destaca el papel de los sistemas fotovoltaicos en la promoción de la descarbonización de la sociedad y en la reducción de los riesgos geopolíticos. (D'Adamo, 2018) plantea en este estudio que a medida que un país aumenta su producción interna de energía, disminuye su dependencia de fuentes de energía externas. Esto puede generar ganancias significativas para los consumidores al lograr una armonización entre la demanda y la producción de energía. En este contexto, los subsidios no deben considerarse como una ayuda perpetua, sino como una nueva propuesta en la cual los consumidores pueden vender la cantidad de CO₂ evitada al utilizar sistemas fotovoltaicos en lugar de electricidad generada a partir de combustibles fósiles.

En este sentido, el autor propone una nueva herramienta de subsidio que se alinea tanto con el Acuerdo de París como con el Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (EU ETS), considerando tres factores principales: (i) la cantidad de reducción de emisiones de CO₂ equivalentes a kWh al sustituir los combustibles fósiles por la generación de energía mediante sistemas fotovoltaicos, (ii) el precio de las emisiones de CO₂ equivalente a kWh y (iii) la cantidad de energía producida por el sistema fotovoltaico a lo largo de su vida útil.

En el ámbito de la participación ciudadana, se han identificado estudios que destacan la relevancia de este aspecto para el éxito de los proyectos de electrificación rural, así como su incorporación en la evaluación financiera de dichos proyectos. (Eras, et al., 2023) resaltan que la implementación de enfoques participativos fomenta el desarrollo y la inclusión regional al reconocer a las comunidades como agentes de cambio en su propio desarrollo, especialmente a las mujeres, debido a sus capacidades y amplio liderazgo en iniciativas de impacto social. Esto fortalece el espíritu comunitario, reduce las brechas de desigualdad y promueve la participación real en proyectos a mediano y largo plazo.

La participación activa de líderes y organizaciones comunitarias locales en todas las etapas del proyecto mejora el compromiso y la resolución de problemas. La participación de la comunidad en acciones como la selección, coordinación y seguimiento de las familias aumenta el compromiso con el mantenimiento de los equipos e infraestructura, y permite que las comunidades contribuyan en los esfuerzos para resolver problemas en el proceso de aprobación e implementación de los proyectos. El diseño y la gestión de los proyectos de electrificación deben basarse en la co-creación, donde las comunidades de usuarios sean el eje central de esta fase. Las soluciones fotovoltaicas y los planes de Operación y Mantenimiento (AOM) con problemas de sostenibilidad comparten un problema común: no se crean en estrecha colaboración con la comunidad local. Esto lleva a soluciones estáticas que no tienen en cuenta la dinámica y las necesidades de la comunidad, ni la complejidad del entorno, lo que resulta en la incapacidad de mantener el servicio y satisfacer las necesidades futuras (Eras, et al., 2023).

La sostenibilidad social de la solución energética implica la apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación. Esto implica procesos de enseñanza, intercambio, formación y acompañamiento, ya que es fundamental que la comunidad adquiera los conocimientos básicos sobre el uso de la tecnología, el mantenimiento del sistema de generación y la eficiencia energética, lo que a su vez fortalece sus capacidades y habilidades para crear, apropiarse y transferir nuevos conocimientos (Bueno-López & Rodríguez, 2019). Las prácticas desarrolladas han permitido que diversas comunidades asimilen fácilmente nuevos conceptos y comprendan los beneficios de mantener y mejorar la solución instalada. Asimismo, el involucramiento de la comunidad ha fortalecido la apropiación de la solución energética, asegurando así la continuidad del proyecto y el correcto funcionamiento del sistema implementado (Bueno-Lopez & Lemos, 2017).

Durante el desarrollo de esta sección, se han identificado desafíos comunes en la electrificación rural en países que aún no han logrado la universalización energética en estas áreas. Sin embargo, en el caso de Colombia, se presentan particularidades que intensifican estos desafíos. Un estudio adelantado por (Garces, et al., 2021) reveló que las zonas aisladas del país enfrentan problemáticas similares a otros lugares, pero también se ven afectadas por variables únicas que no se observan en otras sociedades. En este estudio, específicamente de las lecciones aprendidas de la electrificación de última milla en Colombia, se observan altos niveles de pobreza, que van más allá de los ingresos y se

relacionan con necesidades insatisfechas en áreas como la alimentación y servicios básicos, baja escolaridad y falta de acceso a servicios de salud, alcantarillado y electricidad. Estas comunidades a menudo se encuentran en áreas aisladas debido a la geografía, infraestructura deficiente y el prolongado conflicto civil, lo que dificulta su acceso. Aunque se han realizado esfuerzos legislativos e institucionales para brindar acceso universal a la electricidad en Colombia, se ha evidenciado que el marco actual es complejo y burocrático, requiriendo una simplificación para lograr una cobertura del 100%.

Además, se ha reconocido que el acceso a la electricidad por sí solo no es suficiente para alcanzar los beneficios multidimensionales que ofrece la energía, como mejoras en salud, educación, igualdad de género, comunidad y reducción de la pobreza. Para ello, se requiere una visión más integral que considere tarifas adecuadas, tecnologías flexibles, marcos institucionales claros y coordinación intersectorial, con el objetivo de apoyar los medios de vida rurales, generar ingresos y promover el desarrollo sostenible en estas comunidades afectadas por el conflicto civil y en proceso de planificación posterior al mismo.

3.2 Referentes conceptuales a partir de la opinión de expertos en evaluación de proyectos de energización rural en Colombia

Como parte del desarrollo del presente trabajo se organizaron un total de 17 mesas de trabajo con expertos en la evaluación de proyectos de energización rural, las mesas estaban conformadas por un equipo multidisciplinario y se desarrollaron de acuerdo con la metodología detallada en el Anexo A. Durante estas mesas de trabajo se identificaron variables y criterios que afectan la evaluación financiera de dichos proyectos, resultado del análisis de la reglamentación y marco normativo de las soluciones. Según la experiencia acumulada por ingenieros especializados en las áreas civil, industrial y eléctrica, así como por profesionales del ámbito financiero, quienes han llevado a cabo evaluaciones de proyectos de energización rural a lo largo de sus trayectorias profesionales, se han identificado las deficiencias más comunes en los proyectos presentados para su evaluación. Estas deficiencias, según los criterios de los expertos, se resumen en el siguiente apartado. Cabe mencionar que las evaluaciones se realizan sobre los proyectos

presentados para competir por recursos en los fondos públicos, y las recomendaciones se orientan hacia la mejora tanto del proceso de evaluación de proyectos por parte del formulador como del proceso de estructuración de los mismos.

Para determinar los criterios relevantes en la obtención de variables que afectan el flujo de caja descontado, principalmente en el cálculo de la tarifa de energía eléctrica para el SISFV, se llevó a cabo un análisis exhaustivo con los expertos en la evaluación de este tipo de proyectos, iniciando con la normatividad vigente y los proyectos de actos administrativos expedidos por los entes rectores en proceso de consulta. Asimismo, se consideraron los criterios establecidos para la presentación de proyectos a los fondos públicos, los cuales compiten por recursos para su financiamiento.

En relación a las zonas rurales, la Ley 124 de 1994 estableció un marco normativo para los servicios públicos domiciliarios, incluyendo la energía eléctrica. La ley garantiza el acceso universal a servicios de calidad y promueve la cobertura progresiva, la prestación continua y eficiente, así como la posibilidad de otorgar subsidios a los usuarios que lo requieran en estas zonas. Asimismo, fomenta la participación comunitaria en la toma de decisiones y gestión de los servicios, asegurando la inclusión y participación de las comunidades rurales en el sector energético.

En cuanto a las ZNI, se definen por medio de la Ley 855 de 2003 como aquellos territorios no conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN). El Decreto 1591 de 2004 reglamenta el manejo de los subsidios en estas zonas, de acuerdo al artículo 62 de la Ley 812 de 2003.

En relación a la remuneración de actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en las ZNI, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) emitió la Resolución No. 91 de 2007, estableciendo una metodología que considera las particularidades de las regiones donde se presta el servicio. Esta metodología también contempla el cálculo de los Cargos Máximos de Generación, tomando en cuenta aspectos como la inversión en tecnología, el costo de capital invertido, los gastos de administración, operación y mantenimiento, así como las horas de prestación del servicio. De esta forma, se garantizan condiciones mínimas de calidad del servicio y se permite el monitoreo adecuado de los valores de frecuencia y magnitud del voltaje.

La propuesta de la CREG con esta reglamentación buscaba reconocer los costos eficientes de prestación del servicio, asegurar la sostenibilidad del mismo, promover una mayor cobertura, fortalecer institucionalmente a los prestadores del servicio, fomentar el uso de tecnologías de generación basadas en fuentes renovables, mejorar la calidad del servicio y facilitar la medición de los consumos a través de esquemas flexibles.

La Ley 1714 de 2014 promueve el desarrollo y utilización de fuentes no convencionales de energía, sistemas de almacenamiento de dichas fuentes y el uso eficiente de la energía

En el contexto de las ZNI, el Decreto Único Reglamentario 1073 de 2015 estableció directrices de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica. Para aquellas zonas donde no resulta económicamente viable conectar al SIN, se plantea la implementación de soluciones aisladas centralizadas o individuales, así como el uso de microrredes. Además, se prioriza el uso de fuentes no convencionales de energía en este proceso.

La metodología para remunerar las actividades de generación, distribución y comercialización en las ZNI, emitida por la CREG, debe considerar las particularidades de las regiones donde se presta el servicio. El costo promedio ponderado de capital (WACC) utilizado para remunerar las inversiones debe reflejar los riesgos asociados con la atención de usuarios en zonas aisladas. Además, la metodología debe tener en cuenta los costos relacionados con la provisión de soluciones aisladas, tomando en consideración el número y dispersión de los usuarios a atender, así como las particularidades de las regiones donde se presta el servicio. La forma en que se otorgarán los subsidios a las tarifas de los usuarios del servicio público de energía eléctrica en las ZNI será determinada por el Ministerio de Minas y Energía (MME), asegurando un acceso equitativo y sostenible a este servicio.

En cumplimiento de dicho decreto, la CREG ha actualizado la reglamentación para incluir diversos elementos en las fórmulas tarifarias. Entre estos elementos se encuentran un cargo por unidad de consumo, un cargo por aporte de conexión y un cargo fijo que refleje los costos económicos asociados con la disponibilidad continua del servicio, independientemente del nivel de uso, así como otros cargos justificados. La

reglamentación está contemplada dentro del proyecto de Resolución 101-026 de fecha 29 de julio de 2022, la cual entrará en vigencia una vez se apruebe la Resolución 701 009 de fecha 17 de marzo de 2023. Esta última resolución definió la tasa de descuento aplicable para determinar la remuneración de la prestación del servicio de energía eléctrica mediante SISFV. Cabe destacar que la Resolución 701 009 se encuentra actualmente en la etapa de comentarios en la CREG y fue expedida durante el periodo de levantamiento de la información con los expertos. La reglamentación actual tiene como objetivo promover una oferta energética eficiente y estable, capaz de satisfacer las necesidades de los usuarios, así como fomentar el uso de tecnologías de generación que aprovechen fuentes renovables de energía, con el fin de reducir los costos de prestación del servicio y minimizar el impacto ambiental.

En este sentido, el cálculo del costo unitario de prestación del servicio, mediante un cargo por disponibilidad, se realizará para cada SISFV y su valor dependerá de la ubicación y del nivel de servicio acordado con el usuario. El cargo máximo de inversión aplicable variará en función del nivel de servicio y la ubicación del usuario. Asimismo, el cargo máximo de administración, mantenimiento y gestión comercial estará determinado por el número de usuarios atendidos por el proveedor de servicios. La tarifa debe reconocer el valor de las inversiones realizadas en el SISFV y tener en cuenta la tasa de decrecimiento del costo medio por usuario de los gastos, los gastos en mantenimiento y gestión comercial, los gastos en seguros, impuestos y contribuciones, así como la cartera vencida y generada por el menor cobro del servicio. Además, la tarifa deberá contemplar el valor facturado por la prestación del servicio de energía eléctrica mediante SISFV, el costo financiero de capital de trabajo y la remuneración del prestador del servicio.

La tarifa aplicable al usuario para el ciclo de facturación del servicio se determina en función de la disponibilidad del suministro de energía eléctrica, el cargo máximo por administración, mantenimiento y gestión comercial, los subsidios aplicables en el ciclo de facturación y la cantidad mínima de energía consumida por el usuario. La empresa prestadora del servicio debe establecer un acuerdo especial con los usuarios del SISFV para estos efectos.

Respecto a las principales fallas, los expertos concuerdan en la importancia de contar con información confiable durante el proceso de evaluación de los proyectos. La falta de datos

precisos y actualizados sobre los costos y beneficios de los proyectos de energización rural dificulta una evaluación financiera adecuada. Analizar el contexto socioeconómico de las comunidades rurales puede presentar desafíos. La falta de información detallada sobre la demanda de energía, las variables que afectan la operación y el mantenimiento, y otros factores financieros relevantes puede dificultar la evaluación precisa del proyecto.

En este sentido, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de la viabilidad técnica. Recomiendan llevar a cabo un estudio detallado de la infraestructura existente y las necesidades energéticas de la zona rural objetivo, así como un estudio de los potenciales energéticos de la ubicación geográfica donde se implementarán las soluciones. La falta de un estudio adecuado de la viabilidad técnica puede llevar a subestimar los costos de implementación y operación del proyecto. Además, la falta de experiencia y conocimientos técnicos especializados en la estructuración de proyectos tiene un impacto directo en la evaluación financiera de los proyectos de energización rural, limitando la capacidad de los evaluadores para tomar decisiones informadas.

Otra recomendación importante se relaciona con la insuficiente evaluación de todos los costos asociados a los proyectos. Es común cometer errores al calcular los costos totales del proyecto, incluyendo la subestimación de los costos de adquisición de equipos, instalación de infraestructura, gastos de operación y mantenimiento, así como los costos de capacitación y desarrollo comunitario. Los proyectos de energización rural a menudo enfrentan desafíos logísticos e de infraestructura, como terrenos de difícil acceso, falta de infraestructura de transporte y altos costos de instalación. Es frecuente pasar por alto los costos asociados con la conexión de los hogares y la distribución de la energía, como la instalación de medidores y cables. Estos factores pueden influir en los costos de implementación y afectar la viabilidad financiera del proyecto.

Es importante considerar los factores socioeconómicos en la evaluación financiera de los proyectos. Esto implica estimar la demanda de energía, evaluar la capacidad de pago de los usuarios y considerar el impacto esperado del proyecto, así como involucrar a la comunidad desde las etapas de implementación y operación. Trabajar con la comunidad en programas de eficiencia energética, conocimiento del sistema, capacitaciones y cuidado

del sistema es crucial. Ignorar estos aspectos puede conducir a proyecciones financieras inexactas.

También se destaca la importancia del análisis de riesgos. No tener en cuenta los riesgos potenciales asociados con la implementación y operación del proyecto puede ser perjudicial. Es esencial realizar un análisis completo de los riesgos que identifique y evalúe los posibles obstáculos y desafíos como lo recomienda (USAID, 2016), como cambios regulatorios, fluctuaciones de precios, tasas de cambio, tasas de interés e inflación. Es crucial comprender la naturaleza de los riesgos específicos del proyecto y tomar medidas adecuadas para mitigarlos. En casos de fuerza mayor, se puede considerar la contratación de una póliza de seguro comercial para mitigar este tipo de riesgo, que está relacionado con desastres naturales o accidentes, como incendios, inundaciones, tormentas y terremotos.

Aunque los SISFV no requieren una licencia ambiental, según lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, es importante mitigar los riesgos ambientales mediante otros instrumentos. En los últimos años, todos los proyectos nuevos, incluidos los de energía renovable, requieren una declaración de impacto ambiental que establezca y garantice el cumplimiento de los estándares ambientales, así como las sanciones en caso de incumplimiento. En algunos casos, se pueden requerir planes de manejo ambiental para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y para residuos peligrosos (RESPEL). Además, puede ser necesario implementar un programa de monitoreo ambiental y buscar cobertura de seguros para riesgos ambientales y accidentes. En ocasiones, esta cobertura se combina con la cobertura de fuerza mayor.

La incertidumbre en los ingresos y la sostenibilidad financiera representa una preocupación significativa en relación con los proyectos de energización rural. La viabilidad financiera a largo plazo de dichos proyectos puede verse afectada por la incertidumbre en los ingresos, especialmente en áreas donde la capacidad de pago de los usuarios es limitada. Es crucial medir la demanda de energía específicamente para cada solución, ya que no se puede estandarizar debido a las particularidades de cada comunidad. En este contexto, los expertos recomiendan realizar una caracterización de los usuarios de cada comunidad beneficiaria del proyecto utilizando la herramienta diseñada por el IPSE, tal como se detalló en capítulos anteriores.

Otra preocupación importante para los expertos es la falta de un modelo de negocio sostenible, lo cual, junto con la dependencia de los subsidios gubernamentales, puede plantear desafíos para garantizar la sostenibilidad financiera a largo plazo del proyecto. En este sentido, se han desarrollado esquemas empresariales en el sector, los cuales deben ser operados por los prestadores del servicio. Aunque se ha avanzado en el fortalecimiento de las capacidades de los operadores, aún persisten múltiples problemas relacionados con su capacidad administrativa, la falta de reporte de información básica al Sistema Único de Información (SUI) operado por la Superintendencia de Servicios Públicos y deficiencias en la operación conforme a los estándares requeridos para la prestación de un servicio público. Por tanto, se identifica una oportunidad de avanzar en el estudio e implementación de esquemas empresariales sostenibles desde la academia, un tema que podría ser abordado en futuras investigaciones.

Como resultado del trabajo colaborativo en las mesas de trabajo con expertos, se logró completar la herramienta "Plantilla de evaluación viabilidad financiera" (IPSE, 2023) con los criterios de evaluación y la normativa emitida por la CREG. Este instrumento, presentado en un archivo de hoja de cálculo Excel, tiene como objetivo proporcionar a los formuladores de proyectos una herramienta que facilite un proceso de estructuración y viabilización riguroso, detallado y específico para cada proyecto en el componente financiero. De esta manera, brinda indicadores que permiten tomar decisiones fundamentadas sobre la viabilidad financiera del proyecto.

4. Propuesta metodológica de evaluación financiera de proyectos de energización rural

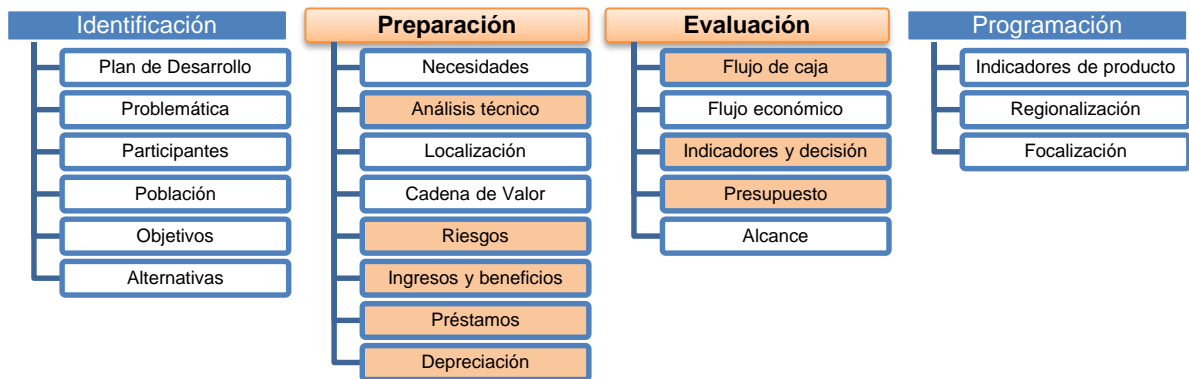
En este capítulo, se presenta la metodología de evaluación financiera de proyectos de energización rural, basada en lecciones aprendidas de proyectos evaluados durante 2020 y 2021, así como en la opinión de expertos en evaluación, el marco regulatorio y la revisión de la literatura que se detallaron en capítulos anteriores. La metodología se apoya en los modelos tradicionales basados en DCF debido a su predominancia en la comunidad científica, utilizando el VAN y la TIR por su facilidad de implementación y cálculos sencillos y generalmente aceptados. No obstante, se reconoce la relevancia de abordar enfoques más complejos, como redes bayesianas, retornos de inversión y opciones reales. Dada su complejidad, estos métodos requieren la colaboración de diversos profesionales y la comunidad académica para simplificarlos y hacerlos aplicables en contextos con limitaciones estructurales, como es el caso de las zonas rurales del país.

Dada la naturaleza del entorno, la capacidad técnica de los estructuradores de proyectos y la disponibilidad de información, se considera apropiado emplear herramientas tradicionales para determinar la viabilidad financiera de un proyecto, utilizando el flujo de caja descontado y los indicadores tradicionales. No obstante, se procurará reducir la incertidumbre de ciertas variables utilizando datos específicos para cada región donde se desarrollará el proyecto, como la radiación solar, localización, acceso al terreno, niveles de servicio, eficiencia del sistema, entre otros, que se basará en información detallada para lograr proyecciones más realistas según las condiciones locales. Además, se recomienda realizar análisis de sensibilidad de las variables clave para considerar diferentes escenarios prácticos al tomar decisiones durante la evaluación.

Para una secuencia coherente de actividades, se adoptará la Metodología General Ajustada – MGA utilizada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en la evaluación de proyectos por ser una herramienta madura y aceptada a nivel gubernamental. Esta metodología se adapta y armoniza específicamente para proyectos de energización rural con SISFV, incorporando las particularidades y variables que afectan este tipo de proyectos de manera específica. La metodología se divide en cuatro módulos,

los cuales se encuentran detalladamente descritos en una figura adjunta. Cabe destacar que se resaltarán en verde aquellos módulos y actividades que son esenciales para la evaluación financiera y recibirán un enfoque más detallado y profundo durante el desarrollo de la metodología.

Figura 4-1 Módulos y actividades relacionadas con le evaluación financiera de proyectos en la MGA



Fuente: MGA para la formulación de proyectos de inversión pública en Colombia (DNP, 2023).

En cuanto a la metodología, se detallan dos componentes principales. El primero de ellos está asociado al valor de la inversión en el proyecto (CAPEX) que se presentará para optar por recursos públicos en los fondos de energización rural. Este componente incluye los costos del SISFV puestos e instalados, los egresos por administración del montaje, imprevistos y utilidad del proyecto, así como los relacionados con el cumplimiento de normas técnicas y ambientales, la gestión social y la capacitación de la comunidad. El segundo componente corresponde al esquema de sostenibilidad (OPEX), en el cual se evalúa el comportamiento de los ingresos y egresos durante el año de ejecución y se proyecta el posible comportamiento de las variables que afectan el flujo de caja descontado durante un período de diez años. La metodología que se plantea es para que quién prepara el proyecto, hace la primera evaluación de la viabilidad (ex ante) y luego aplica por recursos, considere todas las variables necesarias para hacer el proyecto viable y una solución para la comunidad a la que se suministra.

Etapa de Preparación

En esta etapa se debe responder a la pregunta: ¿Qué estudios son necesarios para evaluar la viabilidad de la solución de energización rural identificada?

Se centra en la preparación de la alternativa de solución a través de la recopilación de información de diversas fuentes primarias y secundarias para determinar todas las variables que afectan la implementación de la solución y, por ende, influyen en los costos y beneficios asociados.

El primer aspecto que se considera es el análisis de la demanda energética, que implica proyectar la cantidad de energía requerida por la comunidad para satisfacer sus necesidades básicas. Este análisis requiere tener en cuenta:

- Consumo de energía del usuario: se refiere a la cantidad de energía que un usuario consume en un período de facturación, expresada en kilovatios hora (kWh/mes).
- Valor de demanda calculado por usuario en el Año 0.
- Tasa de crecimiento de la demanda anual: se debe justificar el cálculo utilizado para determinar la tasa de crecimiento.

La demanda de energía está influenciada por diversos factores y varía de una comunidad a otra, por lo que debe calcularse de manera específica para cada solución propuesta. El análisis debe incluir la proyección de la demanda para cada hora del día, considerando el consumo promedio de aparatos electrónicos y eléctricos, como televisores, lámparas, neveras, sistemas de audio, cargadores de celular⁴. Además, se debe tener en cuenta la caracterización de los usuarios beneficiarios de la solución, incluyendo su capacidad, vocación productiva y necesidades energéticas asociadas.

Es fundamental definir la localización del proyecto, ya que conocer la georreferenciación de la solución es esencial para validar diversos aspectos. Entre ellos, se busca verificar la disponibilidad de activos en la zona, la posibilidad de conectarse a una microrred existente

⁴ Ver Anexo D, Tabla D 1: Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una vivienda dispersa en el municipio de Uribía, La Guajira.

y, especialmente, para realizar el cálculo preciso de la radiación solar, una variable clave para determinar los ingresos del sistema. A continuación, se presenta un ejemplo de los datos básicos de ubicación en la siguiente tabla:

Tabla 4-1: Ubicación del SISFV

| Departamento | Municipio | DIVIPOLA | Radiación | Observaciones/Aclaraciones |
|--------------|-----------|----------|-----------|--|
| AMAZONAS | LETICIA | 91001 | 3,5 | Seleccione de la lista despegable primero el departamento y luego el municipio en el que se encuentra ubicado el usuario |

Fuente: Guía de estudio de mercado (IPSE, 2022)

El nivel de radiación por municipio, expresado en kWh/m², es crucial y debe obtenerse para cada localidad. Además de ser fundamental para el cálculo de ingresos del sistema, la georreferenciación es también necesaria para estimar los costos de transporte de materiales y suministros, así como para calcular los costos de desplazamiento relacionados con mantenimientos, visitas y acompañamientos a la comunidad.

¿Cuáles son los requisitos técnicos de cada alternativa de solución y cuáles son sus costos?

Una vez se conoce la demanda energética de la comunidad beneficiada, se procede al diseño de una solución específica para esa comunidad. En este sentido, se inicia con el estudio de mercado para determinar el valor necesario para financiar la inversión inicial a través de fondos públicos. Este valor es de gran importancia en la formulación y estructuración de proyectos de energización rural, ya que se relaciona con diversos aspectos del proceso, como las condiciones técnicas, el tamaño, la localización y los costos asociados con la alternativa analizada. Para estimar los costos de la solución propuesta, es necesario asignar costos unitarios a los insumos requeridos para cada actividad o entregable. Esta estimación de costos requiere un alto nivel de detalle, porque determina el presupuesto del proyecto y la línea de base de costos para su ejecución.

En el caso de proyectos asociados a SISFV, el estudio de mercado debe considerar la instalación de un sistema solar completo que incluye tanto el componente civil⁵ como el componente técnico⁶. Esto implica describir elementos como paneles de alta eficiencia, estructuras de soporte, regulador, batería de ión-litio, inversor de onda senoidal pura y un tablero de distribución, entre otros. Estos componentes deben garantizar una producción fiable y eficiente de energía, proporcionando una solución energética sostenible y de larga duración⁷.

Además, se debe realizar el cálculo de los costos indirectos asociados a la implementación de la solución. Estos costos están vinculados a la administración, imprevistos y utilidad del contratista encargado de llevar a cabo la ejecución del proyecto en el terreno. El contratista será responsable de adquirir los materiales necesarios, llevar a cabo el componente de obra de la solución, verificar la ubicación y necesidades de los usuarios, y realizar replanteos si es necesario. También se encargará de transportar los materiales hasta la ubicación del proyecto y contratar el equipo mínimo requerido para su implementación, así como de cubrir otros gastos necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de la solución en su fase inicial.

Basándose en el análisis del histórico de proyectos presentados, se estima que este componente de costos indirectos oscilará entre el 25% y el 30% de los costos directos, dependiendo de las condiciones específicas de cada proyecto y su ubicación.

Determinación de estudios adicionales

En este punto, se lleva a cabo una evaluación para determinar la necesidad de obtener información adicional que precise las especificaciones técnicas de los productos definidos y, así, poder avanzar en la etapa de inversión.

⁵ Guía para la estructuración del componente civil SISFV (IPSE, 2021)

⁶ Guía para la estructuración del componente técnico SISFV (IPSE, 2021)

⁷ Ver Anexo D, Tabla D 2: Ejemplo de costos directos comunes a un SISFV en estudio de mercado

Para el cálculo del presupuesto, es necesario considerar los costos relacionados con la implementación de los planes de manejo ambiental⁸ y aquellos asociados con la gestión social del proyecto. Esto abarca aspectos como capacitaciones, socializaciones, interacción con la comunidad, caracterizaciones, análisis de ingresos, capacidad de pago, necesidades energéticas y otros elementos esenciales para el desarrollo adecuado del componente social. Es importante ajustar estas consideraciones según los requisitos de las diversas fuentes de financiamiento que el Estado ofrece para proyectos de energización rural⁹.

Si, a precios de 2019, el cálculo del SISFV muestra que el costo de implementación por usuario supera los \$20 millones, se debe presentar un análisis de alternativas donde la solución por redes se compare con soluciones renovables, como energía solar o eólica. Esto se debe a que el DNP estableció este valor para una solución individual (UPME, 2019).

Hasta este punto, se han considerado los costos asociados con la inversión inicial (CAPEX). En el siguiente apartado, se determinarán los componentes del esquema de sostenibilidad del proyecto (OPEX).

¿Cuáles son los riesgos de cada alternativa de solución y su forma de gestionarlos?

La gestión de riesgos involucra la implementación de acciones específicas que, si bien pueden generar costos adicionales en el presupuesto del proyecto, tienen como objetivo prevenir o reducir problemas mayores que podrían resultar más costosos en el futuro. Por lo tanto, es fundamental evaluar estas intervenciones basados en el análisis de riesgos y ajustar el presupuesto. Esta evaluación implica asegurar que las actividades relacionadas con la gestión de riesgos, como medidas preventivas o planes de contingencia, estén en consonancia con el presupuesto y el cronograma de actividades establecido. Es esencial tener en cuenta las posibles desviaciones en costos y tiempos, ya que estas podrían

⁸ Guía de manejo ambiental expedida por (IPSE, 2019)

⁹ Guía d componente social expedida por (IPSE, 2018)

afectar tanto a la población objetivo como a los resultados esperados del proyecto (DNP, 2023).

Los riesgos asociados con la atención de usuarios en zonas aisladas, así como los riesgos financieros y económicos, como el costo de financiamiento, el riesgo de tasa de interés, el riesgo cambiario, de mercado y operacional, son considerados en la tasa de descuento calculada por la CREG para la prestación del servicio de energía eléctrica mediante SISFV en Zonas No Interconectadas.

Para abordar los riesgos asociados a la solución, es necesario incluir la contratación de pólizas de seguros que mitiguen el riesgo en la ejecución del proyecto, así como en aspectos como salarios y prestaciones sociales, calidad de mantenimiento, responsabilidad civil, entre otros¹⁰.

¿Cuáles son los ingresos y costos estimados de la SISFV?

Para la determinación de los ingresos, es necesario considerar el impacto de los subsidios y la tarifa abonada por cada usuario. En primer lugar, se debe calcular la tarifa máxima estipulada por la CREG para los SISFV. En esta fase, es crucial contar con información técnica sobre los niveles de servicio, los parámetros de eficiencia del SISFV y la radiación solar para calcular el costo unitario de prestación del servicio, establecido mediante un cargo por disponibilidad. Dicho cálculo debe realizarse individualmente para cada SISFV, de acuerdo con lo definido por la CREG en la Resolución 101-026 de 2022. La expresión del costo unitario se encuentra en pesos por día (\$/día), y su cálculo se efectuará aplicando la siguiente fórmula

$$Cu_m = I_m + AMGC_m$$

En donde:

- Cu_m : Costo unitario de prestación del servicio de energía eléctrica mediante SISFV, aplicable para el mes m , expresado en pesos al día (\$/día).
 I_m : Cargo máximo de inversión, aplicable durante el mes m de prestación del servicio, expresado en pesos al día (\$/día).

¹⁰ Ver Anexo D, Tabla D 3: Ejemplo tasas de primas de seguros asociadas a un proyecto de energización rural.

$AMGC_m$: Cargo máximo por administración, mantenimiento y gestión comercial, aplicable durante el mes m de prestación del servicio, expresado en pesos al día (\$/día).

m : Mes para el que se calcula y aplica el costo unitario.

El cargo máximo de inversión se determina en función del nivel de servicio y la ubicación del usuario, y se expresa en pesos por día. El elemento principal que conforma este cargo es el valor de la Unidad Constructiva, cuyo cálculo se basa en el estudio de mercado y se ve afectado por la tasa de descuento establecida por la CREG para los SISFV a lo largo de la vida útil de la solución, la cual se proyecta a un período de diez años. Además, se toma en consideración el índice de precios al productor correspondiente al mes anterior en relación con el índice de la fecha base. El nivel de servicio, por su parte, se encuentra influenciado por la eficiencia del SISFV¹¹ y la radiación solar en la ubicación del proyecto, teniendo en cuenta la cantidad de energía que un usuario podría consumir diariamente.

El cargo máximo por AMGC está vinculado a diversos factores. En primer lugar, depende del número de usuarios atendidos por el prestador del servicio, el cual se calcula mediante el promedio mensual de usuarios atendidos en los doce meses anteriores, así como la tasa de decrecimiento del costo medio por usuario de los gastos de AMGC.

Adicionalmente, el componente de remuneración de los gastos de AMGC está determinado por los gastos en los que incurre el prestador del servicio para la atención de los usuarios, lo cual incluye las visitas de mantenimiento preventivo y correctivo a los SISFV.

El mantenimiento correctivo, por su parte, se encuentra relacionado con las tasas de fallas de los componentes del SISFV¹². Los costos de las visitas tanto para el mantenimiento preventivo como correctivo tienen en cuenta factores como la distancia de la solución, las condiciones de desplazamiento, la distancia promedio por usuario y la frecuencia de visitas por año, según la potencia nominal de un panel o módulo solar fotovoltaico (WP)¹³.

¹¹ Ver Anexo D, Tabla D 4:

Ejemplo de cálculo de Eficiencia del SISFV

¹² Ver Anexo D, Tabla D 5:

Ejemplo tasas de falla anual de unidades constructivas SISFV

¹³ Ver Anexo D, Tabla D 6:
atención (horas x técnico)

Ejemplo tiempo y costo de visita por cuadrilla según el tipo de

Adicionalmente, se consideran los costos del personal administrativo que el operador destina para la operación de la solución¹⁴. Es importante destacar que este cálculo se realiza en función del total de usuarios atendidos por el operador, para posteriormente asignar el valor correspondiente a cada SISFV. De igual manera, se incluye el costo relacionado con el funcionamiento regular del operador, el cual comprende gastos recurrentes como arriendos, servicios públicos, equipos de oficina, entre otros¹⁵.

El componente de remuneración de los gastos de AMGC se encuentra vinculado al nivel de facturación del prestador del servicio. Esta remuneración reconoce los gastos relacionados con seguros, impuestos y contribuciones, los cuales se determinan en función del nivel de facturación del prestador del servicio, el saldo de la cartera vencida con usuarios de SISFV entre 90 y 360 días, expresado en pesos, según el último reporte al Sistema Único de Información (SUI) que el prestador del servicio debe realizar. También se tiene en cuenta el saldo de la cartera generada por el menor cobro del servicio.

Además, se toma en consideración el valor facturado por la prestación del servicio de energía eléctrica mediante SISFV y el costo financiero de capital de trabajo, expresado como tasa efectiva anual. Esta tasa corresponde a la tasa de colocación de créditos comerciales (ordinarios) con un plazo entre 31 y 365 días, del total de establecimientos, para el mes anterior al de la verificación, de acuerdo con el histórico mensual por tipo de cuenta, publicado por el Banco de la República.

Los datos mencionados anteriormente se complementan con el componente de remuneración para el prestador del servicio, el cual resulta del margen de remuneración de los gastos por AMGC.

En resumen, para calcular el costo unitario, es necesario sumar los componentes que incluyen el valor de las inversiones, amortizados de conformidad con la vida útil de cada componente¹⁶, la atención de los usuarios, el nivel de facturación y la remuneración del operador, teniendo en cuenta el Índice de Precios al Productor (IPP) correspondiente al

¹⁴ Ver Anexo D, Tabla D 7:

Ejemplo personal administrativo del operador

¹⁵ Ver Anexo D, Tabla D 8:

Ejemplo servicios generales asociados al operador

¹⁶ Ver Anexo D, Tabla D-9

Ejemplo cálculo de depreciación Unidad Constructiva en Anexo D

mes en el que se realiza la proyección. A continuación, se presenta un ejemplo del ejercicio.

Tabla 4-2: Ejemplo de cálculo de Costo por usuario- Cu (\$/usuario/ día)

| COMPONENTE (\$ / Usuario / Día) | Amortización | Amortización con IPP |
|--|---------------------|-----------------------------|
| 1. Panel | 609 | 619 |
| 2. Inversor | 334 | 339 |
| 3. Regulador | 497 | 505 |
| 4. Banco baterías | 2.229 | 2.264 |
| 5. Estructura soporte | 685 | 696 |
| 6. Red panel gabinete | 132 | 134 |
| 7. Gabinete y accesorios | 358 | 364 |
| 8. Red batería a gabinete y accesorios | 243 | 247 |
| 9. Puesta a tierra | 138 | 141 |
| 10. Red domiciliaria | 559 | 567 |
| 11. Elemento de medición | 172 | 174 |
| TOTAL I | 5.955 | 6.049 |

| AMGC (\$ / Usuario / Día) | AMGC₀ | AMGC con IPP |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Número de usuarios | 1.635 | 1.635 |
| Valor de las inversiones | 440 | 447 |
| Atención de usuarios | 908 | 923 |
| Nivel de facturación | 235 | 239 |
| Remuneración operador | 712 | 724 |
| TOTAL AMGC | 3.931 | 3.993 |

| | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------|
| TOTAL CU (\$ / Usuario / Día) | 9.885 | 10.042 |
|--------------------------------------|--------------|---------------|

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

Una vez calculado el costo por usuario al día, se procede a determinar el valor de la tarifa máxima que el prestador del servicio aplicará a un usuario regulado por el servicio de

energía eléctrica prestado mediante SISFV. Este valor depende de la cantidad mínima de energía que el usuario pudo haber consumido en el día, expresada en vatios hora al día, así como del nivel de servicio acordado con el usuario. Además, se tiene en cuenta el cargo máximo por administración, mantenimiento y gestión comercial, el cargo máximo de inversión que remunera la unidad constructiva y el valor de los subsidios aplicables al ciclo de facturación. Estos factores son esenciales para determinar de manera adecuada la tarifa que se aplicará a los usuarios del servicio de energía eléctrica mediante SISFV.

Tabla 4-3: Traslado de costos al usuario del SISFV

| | |
|---|---------|
| Cargo máximo Inversión (\$ / día) | 0 |
| Cargo máximo AMGC (\$ / día) | 3.993 |
| Suma disponibilidad del ciclo de facturación | 30 |
| Subtotal (\$ / factura) | 119.795 |
| Subsidio (\$ / factura) (86%) | 103.023 |
| Tarifa (\$ / factura) (valor que asume el usuario 14%) | 16.771 |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

¿Qué otros aspectos deben tenerse presentes antes de concluir la preparación?

En el contexto de la operación de las SISFV, se ha identificado una necesidad continua de contar con capital de trabajo durante el período en el cual se facturan los servicios, se realiza el cobro del subsidio y se obtienen los recursos del subsidio otorgado por el Ministerio de Minas y Energía. En la práctica, es esencial financiar de manera recurrente el capital de trabajo requerido. Para lograrlo, es necesario incorporar los costos de financiamiento, los cuales están determinados por la tasa efectiva anual mencionada en párrafos anteriores. Este enfoque tendrá implicaciones en diversos componentes, como los intereses y el abono a capital, que forman parte de la cuota de amortización y se deducen periódicamente de acuerdo con lo establecido.

La depreciación es otro aspecto a tener en cuenta, toda vez que es un mecanismo contable que reconoce el desgaste y la reducción gradual del valor de los activos sin que implique una salida real de recursos. Además, con el fin de reflejar de manera precisa la realidad

económica del proyecto, es necesario considerar el reemplazo de elementos que, debido al desgaste por su uso normal, requieren ser renovados. Por lo tanto, se incorpora la depreciación de dichos elementos en función de su vida útil estimada¹⁷.

Etapa de Evaluación

El propósito de este apartado es evaluar la conveniencia de implementar una alternativa de solución, considerando la limitación de recursos de inversión pública y la necesidad de garantizar una asignación fundamentada en criterios técnicos. Se busca asegurar que la solución propuesta sea viable y sostenible en el tiempo de ejecución programado.

Esta evaluación se realiza de manera ex ante, con el objetivo de proporcionar los elementos necesarios para tomar una decisión informada acerca de la rentabilidad y sostenibilidad que los fondos o fuentes de financiación públicas pueden esperar de los proyectos presentados. Se basa en la simulación de las entradas y salidas de recursos, considerando los estudios realizados para establecer la factibilidad técnica, legal, ambiental e institucional de la solución propuesta.

Consolidación del flujo de caja

Una vez valorados los costos de las etapas de preinversión, inversión y operación, así como los ingresos y beneficios esperados durante el horizonte de evaluación para el SISFV analizado en el módulo de preparación, el siguiente paso consiste en integrarlos en un esquema unificado. Este esquema debe reflejar su comportamiento en cada periodo del horizonte y calcular el resultado neto, que es la diferencia entre los ingresos y los costos mencionados anteriormente. A esta representación se le denomina "flujo de caja descontado" y se muestra estructurado en la siguiente Figura.

Tabla 4-4: Flujo de Caja Descontado para una SISFV

| CONCEPTO | Año 0 | Año 01 | ... | Año 10 |
|----------|-------|--------|-----|--------|
| | | | | |

¹⁷ Ver Anexo D, Tabla D 9: Ejemplo cálculo de depreciación Unidad Constructiva

| CONCEPTO | Año 0 | Año 01 | ... | Año 10 |
|--|------------|----------|----------|----------|
| 1. INGRESOS | | | | |
| OPERACIONALES | | | | |
| SUBSIDIO | | | | |
| FACTURACIÓN | | | | |
| | | | | |
| 2. COSTOS | COP | 0 | 0 | 0 |
| MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | 0 | 0 | 0 |
| MANTENIMIENTO CORRECTIVO | | 0 | 0 | 0 |
| IMPREVISTOS CONSIDERADOS | | 0 | 0 | 0 |
| DESMONTE O DISPOSICIÓN | | 0 | 0 | 0 |
| DEPRECIACIONES | | 0 | 0 | 0 |
| AMORTIZACIONES | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| 3. RESULTADO BRUTO | COP | 0 | 0 | 0 |
| MARGEN BRUTO (REALIDAD) | | | | |
| | | | | |
| 4. ANÁLISIS UNITARIO | | | | |
| USUARIOS | USUARIOS | | 0 | 0 |
| INGRESO UNITARIO | | | | |
| VALOR PRESENTE DEL INGRESO | | | | |
| | | | | |
| COSTO UNITARIO | | | | |
| VALOR PRESENTE DEL COSTO | | 0 | | |
| | | | | |
| RESULTADO BRUTO UNITARIO | | 0 | | |
| | | | | |
| 5. ADMINISTRACIÓN | COP | 0 | 0 | 0 |
| ASOCIADOS A LA ADMINISTRACIÓN | | 0 | 0 | 0 |
| ASOCIADOS A LA COMERCIALIZACIÓN | | 0 | 0 | 0 |
| IMPREVISTOS CONSIDERADOS | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| 6. RESULTADO OPERACIONAL (DECISIÓN) | COP | 0 | 0 | 0 |
| MARGEN OPERACIONAL | | | | |
| | | | | |
| 7. OTROS | COP | 0 | 0 | 0 |
| OTROS INGRESOS | COP | | | |
| INTERESES PAGADOS | COP | 0 | 0 | 0 |
| OTROS EGRESOS | COP | | | |
| | | | | |
| RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS | COP | 0 | 0 | 0 |
| CHECK CONTRA CARGA | | | | |

| CONCEPTO | Año 0 | Año 01 | ... | Año 10 |
|--------------------------------|------------|----------|----------|----------|
| 8. IMPUESTOS | | | | |
| IMPUESTOS | COP | 0 | 0 | 0 |
| TASA DE TRIBUTACIÓN REAL | | | | |
| 9. RESULTADO NETO FINAL | COP | 0 | 0 | 0 |
| FLUJO DE CAJA NETO | | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

Generación del flujo económico descontado

El flujo neto de caja se obtiene sumando los valores positivos representados por los ingresos, los créditos y el valor de salvamento de los activos, descontados a lo largo del horizonte de evaluación considerado. A este resultado se restan los valores negativos asociados a los costos de administración, operación y mantenimiento, así como los insumos utilizados en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto, así como los pagos de intereses y la amortización de capital derivados de los créditos utilizados para financiar el proyecto. De esta manera, se consolida la diferencia entre los ingresos generados por la venta de los servicios y los costos incurridos en cada una de las etapas de la alternativa analizada.

Indicadores de decisión

Para calcular la TIR y el Valor Presente Neto (VPN), se inicia con el flujo neto de caja descontado cada uno. En la metodología de VPN si, al sumar los valores descontados de todos los periodos, el resultado es positivo, se puede concluir que la alternativa genera un beneficio superior a la opción de destinar los recursos al mejor uso disponible, lo que indica que es conveniente ejecutarla. En cambio, si el resultado es negativo, se interpreta que la alternativa evaluada no alcanza la misma retribución que ofrece la tasa de descuento exigida, es decir, que no sería recomendable invertir en ella.

Se sugiere realizar el análisis en dos escenarios: uno considerando el componente de inversión inicial y otro excluyéndolo, con el objetivo de comparar los resultados de la valoración del proyecto y evaluar la sostenibilidad del esquema propuesto.

Es importante tener en cuenta que los flujos se fundamentan en proyecciones futuras basadas en los estudios de preinversión previamente realizados y, por lo tanto, reflejan valores probables que están sujetos a diversos eventos y no están determinados con precisión absoluta. A pesar de los esfuerzos realizados en la presente metodología para aumentar el grado de certidumbre en diferentes variables, siempre existirá cierto grado de incertidumbre en las estimaciones.

Para abordar y visualizar los efectos de estas variaciones, es recomendable utilizar técnicas de cuantificación de riesgos que incluyan el análisis de sensibilidad de los resultados de los indicadores de evaluación. Se sugiere realizar un análisis con diferentes escenarios posibles de las variables clave, como la radiación solar, el aumento de la demanda, las variaciones en subsidios y los costos de reemplazo, o la que el formulador considere que un cambio pueda afectar la sostenibilidad del proyecto. Estos escenarios ayudarán a comprender mejor cómo las variaciones en estas variables pueden influir en los resultados del proyecto y en su viabilidad financiera.

5. Aprendizajes del caso para el proceso formativo

Durante todo el proceso de desarrollo de la metodología para la evaluación financiera de proyectos de energización rural con soluciones aisladas, para quien formula desde la preparación de la propuesta hasta la culminación del trabajo final, he experimentado un valioso y continuo proceso de aprendizaje que ha enriquecido mi formación profesional en diversos aspectos.

En primer lugar, consolidé los conocimientos adquiridos en las asignaturas de seminario de investigación, donde abordamos diferentes enfoques y metodologías de investigación. Esta experiencia me permitió aplicar teorías y enfoques de investigación en un caso concreto que afecta a casi 800.000 usuarios en el país que aún carecen del servicio de energía eléctrica. La metodología sistemática empleada para desarrollar este estudio me permitió comprender en profundidad los principales factores que inciden en el proceso de evaluación financiera de proyectos de energización rural.

La revisión exhaustiva de la literatura fue una etapa crucial en mi proceso de aprendizaje, ya que me proporcionó una comprensión más amplia de cómo otros países han abordado los desafíos asociados con la electrificación de áreas rurales que aún no cuentan con una cobertura eléctrica del 100%. Fortalecí mis habilidades para buscar información en bases de datos, aplicar criterios de inclusión y exclusión de documentos, caracterizar información relevante, extraer datos significativos y establecer conexiones conceptuales basadas en la literatura estudiada.

La aplicación de herramientas técnicas aprendidas en las asignaturas de la línea de profundización en finanzas fue fundamental para resolver los desafíos presentados en el diseño de la metodología. Conceptos como el flujo de caja descontado, la determinación

de la tasa de descuento adecuada, los indicadores financieros y el análisis de sensibilidad, fueron aspectos que se trabajaron en estas asignaturas y que pude materializar y adaptar en la metodología propuesta.

Por último, el trabajo colaborativo con el grupo interdisciplinario en las mesas de trabajo permitió obtener diversas perspectivas que enriquecieron la metodología. Incorporamos criterios relevantes que influyen en el flujo de caja y que deben tenerse en cuenta al evaluar la viabilidad financiera de los proyectos. Aspectos como el relacionamiento con la comunidad, la gestión de activos al final del ciclo de vida, el tratamiento de residuos, la depreciación de elementos y la consideración de la radiación solar en soluciones fotovoltaicas, entre otros, nos permitieron abordar el problema y la solución de manera más integral.

Este proceso de desarrollar el trabajo final no solo me ha brindado una valiosa experiencia en la evaluación financiera ex ante de proyectos de energización rural, sino que también ha fortalecido mi capacidad para aplicar conocimientos teóricos en situaciones prácticas y trabajar de manera colaborativa en un equipo interdisciplinario. Estoy convencido de que esta metodología contribuirá significativamente a facilitar y agilizar la evaluación financiera de proyectos de energización en áreas rurales para los formuladores, facilitará la evaluación por los entes del gobierno dado el trabajo previo e impactando positivamente la calidad de vida de las comunidades beneficiadas y contribuyendo al logro de la universalización energética en el país.

6. Conclusiones y recomendaciones

Colombia enfrenta desafíos únicos en la electrificación de zonas aisladas debido a factores como la geografía, la infraestructura deficiente y el prolongado conflicto civil. Para lograr una cobertura eléctrica universal y alcanzar beneficios multidimensionales para estas comunidades, es necesario implementar esfuerzos legislativos e institucionales simplificados.

En el ámbito financiero, este trabajo final ha aportado una metodología que busca simplificar y estandarizar el proceso de evaluación financiera de proyectos de energización rural por parte del formulador y posteriormente facilita el trabajo de los organismos del estado porque las propuestas contendrán elementos estandarizados, habrán sido validados en su viabilidad financiera y considerados las variables de riesgo. La propuesta da respuesta a la necesidad de procesos estandarizados, ágiles y rigurosos para obtener recursos de los fondos de financiamiento estatal y lograr la universalización del acceso al servicio de energía en el 2030, como parte del compromiso de Colombia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La metodología de evaluación financiera se basa en lecciones aprendidas de proyectos evaluados que concursan para obtener recursos públicos, así como en el marco regulatorio y la opinión de expertos. Se enfoca en modelos tradicionales de evaluación financiera, como el flujo de caja descontado (DCF), ampliamente utilizados en proyectos de electrificación rural en países con desafíos similares y la valoración de activos. Si bien se reconocen enfoques más complejos, como redes bayesianas, retornos de inversión y opciones reales, que no fueron utilizados en la metodología propuesta, se considera apropiado emplear herramientas tradicionales debido a las condiciones particulares del contexto colombiano, la capacidad técnica de los estructuradores de proyectos y la

disponibilidad de información. No obstante, esta limitación puede ser reevaluada a medida que avancen los métodos y herramientas que faciliten el análisis bajo dicho enfoque.

Se lograron identificar deficiencias en la estructuración de los proyectos presentados para evaluación en el IPSE durante las vigencias 2020 y 2021, las cuales fueron consideradas en la metodología propuesta. Especialmente en suponer valores constantes para variables que son afectadas por circunstancias cambiantes a lo largo del periodo proyectado, lo que impacta negativamente en el flujo de caja y afecta la razonabilidad de las cifras presentadas. Además, en algunos proyectos no se incluyen rubros específicos para la participación de la comunidad, lo que es esencial para garantizar la sostenibilidad del proyecto y se requiere colaboración de personal especializado en el trabajo con comunidades étnicas.

Se destaca que, en las áreas más apartadas, de difícil acceso y dispersas se registra el mayor valor de las soluciones, principalmente debido a los elevados costos de transporte y desplazamientos necesarios para la ejecución del proyecto. Se recomienda continuar implementando herramientas que faciliten el cálculo de estos costos, considerando las condiciones propias de las zonas donde se implementan las soluciones.

La preparación de la alternativa de solución implica una exhaustiva recopilación de información para determinar las variables que afectan la implementación del proyecto. Se analiza la demanda energética, la localización, los requisitos técnicos y los costos, y se evalúa la necesidad de estudios adicionales. La gestión de riesgos es esencial para prevenir o reducir problemas futuros, por lo que se incluyen acciones específicas y la contratación de pólizas de seguros para mitigar riesgos en la ejecución del proyecto. Sin embargo, la falta de un modelo de negocio sostenible y la dependencia de subsidios gubernamentales plantean desafíos para la sostenibilidad financiera a largo plazo de los proyectos de energización rural.

La evaluación de la conveniencia de implementar una alternativa de solución se realiza mediante el flujo de caja descontado, utilizando indicadores financieros para tomar decisiones informadas sobre la rentabilidad y sostenibilidad de los proyectos. Se recomienda realizar análisis de sensibilidad considerando diferentes escenarios de variables clave.

Es fundamental caracterizar adecuadamente la demanda de energía en cada comunidad beneficiaria del proyecto para adaptar soluciones específicas a sus necesidades y abordar la incertidumbre en los ingresos y la capacidad de pago de los usuarios.

La participación ciudadana y el enfoque participativo son fundamentales para el éxito de los proyectos de electrificación rural, promoviendo el desarrollo sostenible, la inclusión social y el compromiso comunitario en todas las etapas del proyecto. La sostenibilidad social y medioambiental de los proyectos de energización rural se logra a través de la apropiación social de la tecnología, el fortalecimiento de capacidades y habilidades en la comunidad, y la consideración de factores ambientales en la evaluación financiera.

Para garantizar una adecuada prestación del servicio público, es importante fortalecer las capacidades administrativas de los operadores del servicio. Aunque se ha avanzado en el desarrollo de esquemas empresariales en el sector, aún persisten deficiencias que requieren ser abordadas para mejorar la operación y garantizar la sostenibilidad de los proyectos. Existe una oportunidad de estudio e implementación de esquemas empresariales sostenibles desde la academia, lo que podría ser objeto de futuras investigaciones para mejorar la sostenibilidad de los proyectos de energización rural.

En última instancia, este trabajo final aporta una valiosa contribución para enfrentar los desafíos de electrificación rural en Colombia y avanzar hacia un futuro más sostenible y equitativo para todas las comunidades, superando obstáculos financieros y promoviendo el desarrollo integral de estas zonas aisladas.

Bibliografía

- Aba, M., Ladeinde, A. & Afimia, E., 2019. Economic Evaluation of Hybrid Renewable Energy Systems for Electricity Generation in Nigeria: A Discounted Cash Flow Analysis. *Journal of Energy Research and Reviews*, 4 Marzo.pp. 2(2), 1–10.
- Alvarez, A., 2022. *Creación de retorno en carteras de inversión de renta variable basada en factor investing*. Madrid: s.n.
- Bernal, J. & Lopez, R., 2006. Economical and environmental analysis of grid connected photovoltaic systems in Spain. *Renewable Energy*, Volumen 31, pp. 1107-1128.
- BID, 2017. *Consultoría para apoyo en Asociaciones Público Privadas -APP*, Bogotá.: s.n.
- Bueno-Lopez, M. & Lemos, S., 2017. Electrification in non-interconnected areas: Towards a new vision of rurality in Colombia. *IEEE Technology and Society Magazine*, 36(4), pp. 73 - 79.
- Bueno-López, M. & Rodriguez, P. y. M. M., 2019. *Sustainable model for rural electrification projects in Non-Interconnected Areas in Colombia*. Seattle, WA, EE. UU, IEEE.
- Chan, A. P., Bao, F. & Darko, A., 2018. Review of Public-Private Partnership Literature – A Project Life Cycle.. *Journal of Infrastructure Systems*.
- Chiacchio, F. F. F., D'Urso, D. & Cedola, L., 2019. Performance and economic assessment of a grid-connected photovoltaic power plant with a storage system: A comparison between the North and the south of Italy. *Energies*, 12(2356), p. 12.
- Chiesa, V. & Frattini, F., 2009. *Evaluation and performance measurement of research and development: techniques and perspectives for multi-level analysis*.. s.l.:Edward Elgar Publishing.
- Chowdhury, N., Hossain, C., Longo, M. & Yaïci, W., 2020. Feasibility and cost analysis of photovoltaic-biomass hybrid energy system in off-grid areas of Bangladesh. *Sustainability (Switzerland)*, 4(1568), p. 12.

- Consener, 2021. *PROYECTO: "CONSTRUCCION DE UNIDADES FOTOVOLTAICAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA PARA COMUNIDADES DISPERSAS DEL MUNICIPIO DE URIBIA, EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA"*, Bogotá: s.n.
- Cucchiella, F., D'Adamo, I. & Gastaldi, M., 2017. *Economic Analysis of a Photovoltaic System: A Resource for Residential Households*. s.l.:s.n.
- Cucchiella, F., D'Adamo, I., Gastaldi, M. & Stornelli, V., 2018. Solar photovoltaic panels combined with energy storage in a residential building: An economic analysis. *Sustainability (Switzerland)*, 9(3117), p. 10.
- D'Adamo, I., 2018. The profitability of residential photovoltaic systems. A new scheme of subsidies based on the price of CO2 in a developed PV market. *Social Sciences*, 9(148), p. 7.
- DANE, 2018. *Población hogares en Colombia*, Bogotá: s.n.
- Delapedra-Silva, V., Ferreira, P., Cunha, J. & Kimura, H., 2022. Methods for Financial Assessment of Renewable Energy Projects: A Review.. *Procesos*, p. 184.
- DNP, 2023. <https://mgaayuda.dnp.gov.co/>. [En línea] Available at: https://mgaayuda.dnp.gov.co/Recursos/Documento_conceptual_2023.pdf [Último acceso: julio 2023].
- DNP, 2023. *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*, Bogotá: s.n.
- Eras, A., Vásquez, H. T., Hurtado, M. M. & Egido, A. M., 2023. A Comprehensive Evaluation of Off-Grid Photovoltaic Experiences in Non-Interconnected Zones of Colombia: Integrating a Sustainable Perspective. *Energies*, 16 (5)(2292).
- Falode, O. & Ladeinde, A., 2016. Economic Evaluation of Gas Power Plant Project for the First Gas Industrial Park in Nigeria. *British Journal of Applied Science & Technology*, Volumen 17(1), pp. 1-19.
- Garces, E., Tomei, J., Franco, C. & Dyner, I., 2021. Lessons from last mile electrification in Colombia: Examining the policy framework and outcomes for sustainability. *Energy Research & Social Science*, 79(102156).

- Gonçalves, G., Abrahão, R., Rotella Junior, P. & Rocha, L., 2022. Economic Feasibility of Conventional and Building-Integrated Photovoltaics Implementation in Brazil. *Energies*, 15(18).
- Hidalgo-Leon, R. y otros, 2022. Feasibility Study for Off-Grid Hybrid Power Systems Considering an Energy Efficiency Initiative for an Island in Ecuador.. *Energies*, 15(5).
- Holdermann, C., Kissel, J. & Beigel, J., 2014. Distributed photovoltaic generation in Brazil: An economic viability analysis of small-scale photovoltaic systems in the residential and commercial sectors. *Energy Policy*, pp. 612-617.
- International Energy Agency, 2017. *Energy Access Outlook 2017*. s.l.:IEA Publications.
- International Energy Agency, 2017. *Energy Access Outlook 2017 From Poverty to Prosperity*. s.l.:IEA Publications.
- IPSE, 2018. *Guía para el desarrollo del componente social en los proyectos de energización de las ZNI*, s.l.: s.n.
- IPSE, 2019. *Guía de manejo ambiental para proyectos fotovoltaicos*. [En línea] Available at: https://ipse.gov.co/requisitos_formatos_y_guias/documentos/guia_manejo_ambiental/9%20A%20Gu%C3%ADa%20manejo%20ambiental%20tipo%20solares.pdf
- IPSE, 2020. *CARACTERIZACIÓN USUARIOS ZNI*, s.l.: s.n.
- IPSE, 2021. *Caracterización Energética Zonas No Interconectadas*. [En línea] Available at: https://ipse.gov.co/documentos_cmn/documentos/caracterizacion_de_energia/FICHA_DE_CARACTERIZACION_ZNI_ACT.31-08-2021.pdf
- IPSE, 2021. *Guía para la estructuración del componente civil de SSFVI*, s.l.: s.n.
- IPSE, 2021. *Guía para la estructuración del componente técnico de SISFV*, s.l.: s.n.
- IPSE, 2022. *Guía ABC estructuración de proyectos*. [En línea] Available at: [https://ipse.gov.co/documentos_guia_estructuracion_proyectos/documentos/ABC%](https://ipse.gov.co/documentos_guia_estructuracion_proyectos/documentos/ABC%20Gu%C3%ADa%20ABC%20estructuraci%C3%B3n%20de%20proyectos.pdf)

20Estructuraci%C3%B3n%20de%20Proyectos.pdf

[Último acceso: 19 junio 2023].

- IPSE, 2022. *ipse.gov.co*. [En línea] Available at: <https://ipse.gov.co/mapa-del-sito/tramites-y-servicios/requisitos-formatos-y-guias-ipse/> [Último acceso: 2023].
- IPSE, 2023. *IPSE*. [En línea] Available at: <https://ipse.gov.co/cnm/caracterizacion-de-las-zni/>
- IPSE, 2023. *Plantilla de evaluación viabilidad financiera y económica*, s.l.: s.n.
- IRENA, 2014. *The Socio-economic Benefits of Solar and Wind Energy*, Abu Dhabi: s.n.
- IRENA, 2016. *Renewable Energy Benefits: Measuring the Economics*, Abu Dhabi: The International Renewable Energy Agency (IRENA).
- Kang, D. & Jung, T., 2020. Renewable energy options for a rural village in North Korea. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6).
- Karamov, D., Ilyushin, P. & Suslov, K., 2022. Electrification of Rural Remote Areas Using Renewable Energy Sources: Literature Review.. *Energies*, Volumen 15.
- Kerzner, H., 2017. *Project management : a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kte'pi, Bill, 2021. Discounted Cash Flow (DCF). *Salem Press Encyclopedia*.
- Leicester, P., Goodier, C. & Rowley, P., 2016. Probabilistic evaluation of solar photovoltaic systems using Bayesian networks: a discounted cash flow assessment. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, pp. 1473-1645.
- Mangiero, G. A. & Kraten, M., 2017. NPV Sensitivity Analysis: A Dynamic Excel Approach. *American Journal Business Education*, 10(3), pp. 113-126.
- Mangiero, G. & Kraten, M., 2017. *Valuation under uncertainty: A guide to VAN analysis*. s.l.:Business Expert Press..
- MME, 2011. *Guia Formulación y presentación de proyectos fondos FAER, FAZNI, SGR, FECEF y programa PRONE*, Bogotá: Ministerio de Minas y Energía de Colombia.

- MME, 2021. *Misión de transformación energética.*, s.l.: Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- Name, J., Garcia, N., Lobo, D. & Corrales, A., 2021. *Presentación del proyecto de ley ____ “por medio de la cual se modifican y se adicionan algunos artículos de las leyes 56 de 1981, 142 de 1994, 143 de 1994 y 1715 de 2014 y se dictan otras disposiciones para la transición energética...”*, Bogotá: s.n.
- Pujari, H. & Rudramoorthy, M., 2021. Optimal design and techno-economic analysis of a hybrid grid-independent renewable energy system for a rural community. *International Transactions on Electrical Energy System*.
- Roos, C. F., 1930. *Review of The Theory of Interest by Irving Fisher*. s.l.: Math. Soc.
- Salvo, F., Ciuna, M., De Ruggiero, M. & Marchianò, S., 2017. Economic Valuation of Ground Mounted Photovoltaic Systems. Volumen 7, p. 54.
- Sankoh, M., Diarra, B., Samikannu, R. & Ladu, N., 2022. Techno-Economic Feasibility Analysis of a Solar Photovoltaic Hybrid System for Rural Electrification in Sierra Leone for Zero Carbon Emission. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, Issue 6349229.
- Superservicios, 2021. *INFORME SECTORIAL DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ZONAS NO INTERCONECTADAS – ZNI*, s.l.: s.n.
- UPME, 2019. *Metodología de evaluación de proyectos de energía eléctrica - Redes de distribución*, Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética.
- UPME, 2019. *Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica - PIEC 2019-2023*. Bogotá: s.n.
- USAID, 2016. *Best Practices Guide: Economic & Financial Evaluation of Renewable Energy Projects*. Washington, DC: s.n.
- WHO, 2015. *Fuel for Life: Household Energy and Health*. Francia: WHO Library Cataloguing.
- WHO, 2017. *Fuel for Life: Household Energy and Health.*, Geneva: World Health Organization.

- Zaman, M. B., Priyanta, D. & Trisilo, F., 2017. *Risk assessment in financial feasibility of tanker project using Monte Carlo simulation*. s.l.:International Journal of Marine Engineering Innovation and Research.
- Zaman, M., Priyanta, D. & Trisilo, F., 2017. . Risk Assessment in Financial Feasibility of Tanker Project Using Monte Carlo Simulation. *International Journal of M Engineering innovation and research* , pp. 303-316.

Anexo A: Metodología

Este trabajo se enmarca en el realismo crítico, un paradigma que busca proporcionar diversos métodos para obtener una visión holística de la realidad relacionada con la problemática identificada. Se basa principalmente en la relatividad epistémica, lo que implica que el conocimiento se origina desde un contexto local e histórico, ya que el acceso al mundo es limitado y condicionado por las percepciones y teorías que se analizan (Mingers, 2013).

A continuación, se presenta en detalle el diseño metodológico utilizado en este trabajo final para optar al título de magíster en Contabilidad y Finanzas, en la línea de profundización en Finanzas. Se describen las fases establecidas en la multimetodología de Mingers: apreciación, análisis, evaluación y acción, y se exponen los criterios utilizados para cada uno de los objetivos planteados, incluyendo el propósito de cada fase, los resultados obtenidos, las actividades realizadas y los métodos empleados en cada una de ellas.

Figura A-1: Multimetodología aplicada al trabajo final

| Apreciación | Análisis | Evaluación | Acción |
|--|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los factores que inciden en la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia a partir de la revisión de proyectos presentados para financiamiento en la vigencia 2020 y 2021, la opinión de expertos y la revisión de la literatura • ¿Qué está pasando? | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar las causas de las fallas identificadas en la evaluación financiera de proyectos de energización rural, analizar los factores claves identificados en la opinión de expertos y analizar en la bibliografía los elementos que más inciden en la evaluación financiera de proyectos de energización rural. • ¿Por qué está pasando? | <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar los factores claves para la estructuración financiera de proyectos de energización rural a partir de la revisión de los proyectos presentados en 2020 y 2021 al IPSE, la revisión de la literatura y la opinión de los expertos. • Factores clave para la evaluación financiera de proyectos de energización rural caracterizados. | <ul style="list-style-type: none"> • Versión de trabajo final y presentación de la propuesta metodológica de la evaluación financiera de proyectos de energización rural para concursar por recursos en las convocatorias de financiamiento estatal. • Documento escrito con los resultados |

Fuente: Elaboración propia con base en la Multimetodología de Mingers

Durante la etapa de apreciación, se llevaron a cabo la identificación y análisis de los factores que influyen en la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia. Se logró caracterizar en detalle el problema de investigación, identificando tanto las causas como las consecuencias de la problemática en la evaluación del componente financiero de los proyectos de soluciones energéticas rurales en el país. Para ello, se recopiló la información básica necesaria que servirá como punto de partida para la siguiente etapa de análisis.

Las actividades que realizaron por objetivo fueron:

Identificar los factores clave para la evaluación financiera de proyectos de energización rural a partir de la opinión de expertos.

Se organizaron un total de 17 mesas de trabajo que abarcaron los diferentes componentes relacionados con la evaluación financiera de los proyectos. Estas mesas se enfocaron en los estudios técnicos, el análisis de mercado y otras variables relevantes que afectan la evaluación financiera de dichos proyectos. A continuación, se presenta una tabla que detalla las fechas de realización y los enlaces de soporte correspondientes a cada una de las mesas.

Tabla A-1: Soporte mesas de trabajo con expertos

| Mesa # | Fecha | Soporte de la reunión |
|--------|------------|---|
| 1 | 30/08/2022 | https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_ODNIODE5YWItZTc4YS00MTYzLTkwZjktYTNjODNhNTk1ODBi%40thread.v2/0?context=%7b%22id%22%3a%22e43700c3-0079-4735-926d-b82340ca2804%22%2c%22oid%22%3a%22b46631e0-71dd-4dc8-a4bd-ebdb3a722bb1%22%7d |
| 2 | 9/09/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/edwinrodriguez_ipse_gov_co/Ee86qRnJDdtNhMM3yED6MUEBXCc28fKksy9fuPie0OMjw |
| 3 | 14/10/2022 | https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_N2UwM2I0YmUtOTg4Mi00ZjZkLWI3MjMn2Q2MwI0ZDFkMmUy%40thread.v2/0?context=%7b%22id%22%3a%22e43700c3-0079-4735-926d-b82340ca2804%22%2c%22oid%22%3a%22b46631e0-71dd-4dc8-a4bd-ebdb3a722bb1%22%7d |
| 4 | 11/10/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/aneiderangulo_ipse_gov_co/Ee0216Ik0vRovvHywGv5GalBfgl2pT87jU2ceYqhRRE6pg |
| 5 | 26/10/2022 | https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiMzcwNDhiNzgtNiBmNi00MmlxLWI5NWt0WmVjOTI0OTEzliwidCI6ImU0MzcwMGZlTAWnZktNDczNS05MjZkLWI4MjM0MGNhMjgWNCIsImMiOiJR9&pageName=ReportSection17e3ad99c5a19ea1a13a |
| 6 | 31/10/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/aneiderangulo_ipse_gov_co/Ebi2kz-ECSFEjeS_9hx8dlwBkU_K92MjrP2k8u6HzOy1A?e=pF72SZ |
| 7 | 4/11/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/aneiderangulo_ipse_gov_co/EXsFUdsPbIFlq4xWbbJ_-4BVZwXqZidGkUF10_VMy2Taw |
| 8 | 9/11/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/mayerlichaparro_ipse_gov_co/EXXp88FrlaxFmRLCt5XppWkBWp_lbxSbc0Rt2RTmtHOdQ |
| 9 | 15/11/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/mayerlichaparro_ipse_gov_co/EY-t2f5JKG9Lm7m64XGX_qwBj9zjulR5lsalKXwDNKmkia |
| 10 | 18/11/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/mayerlichaparro_ipse_gov_co/ETn4dqTRbS10vnySB0DP32UBBQ6Mvy_74go0Ur9B7pkrSA |
| 11 | 2/12/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/mayerlichaparro_ipse_gov_co/Ebpl3EjXIAVFrue675Mpl2gBaG04hyUJkgRL2MklyCFZgQ |
| 12 | 7/12/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/aneiderangulo_ipse_gov_co/ETtDwfAtPhVPgEI_9kgV-UUBFjeixv-lykyq7hJgeFX8IZg |
| 13 | 14/12/2022 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/mayerlichaparro_ipse_gov_co/EY-t2f5JKG9Lm7m64XGX_qwBj9zjulR5lsalKXwDNKmkia |
| 14 | 24/02/2023 | https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_ZmM2Y2FhOTktNGU2OC00YTFILWFiZmQtYWM0ZDJlODk0ZmVl%40thread.v2/0?context=%7b%22id%22%3a%22e43700c3-0079-4735-926d-b82340ca2804%22%2c%22oid%22%3a%22b46631e0-71dd-4dc8-a4bd-ebdb3a722bb1%22%7d |
| 15 | 2/03/2023 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/aneiderangulo_ipse_gov_co/ERmqn9JmZvxCvyMIGKv9zBYBWFuaXwl_MnKoS4R1aYmo4Q |
| 16 | 30/03/2023 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/aneiderangulo_ipse_gov_co/ESX87EbplrtOiH_JUHQd4RAB-Y5HyQeOK8yJKnpexNgZHQ |
| 17 | 24/04/2023 | https://ipsegovco-my.sharepoint.com/:v/g/personal/aneiderangulo_ipse_gov_co/Ebi2kz-ECSFEjeS_9hx8dlwBkU_K92MjrP2k8u6HzOy1A |

Durante el desarrollo de las mesas de trabajo, se empleó el enfoque metodológico descriptivo para analizar de manera secuencial los factores clave que influyen en la evaluación financiera de proyectos de energización rural con soluciones individuales en las

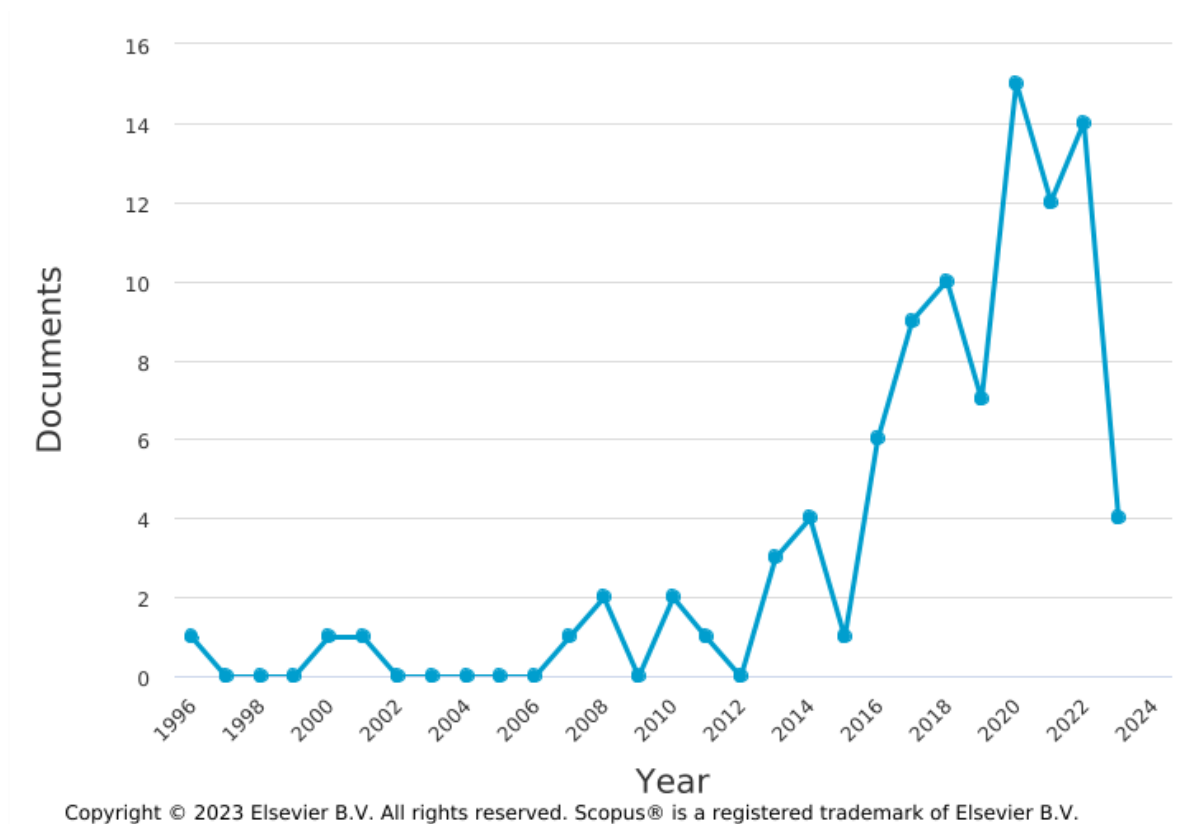
zonas no interconectadas. Este enfoque se basó en la metodología general ajustada para la presentación de proyectos, tal como la describe el DNP y la regulación de la CREG. El objetivo de las mesas fue proporcionar un panorama completo de la situación actual en la presentación de proyectos, así como identificar las principales variables y criterios utilizados por los evaluadores de las entidades involucradas en el proceso.

Para garantizar un análisis integral, se contó con la participación de profesionales especializados en diversas áreas, incluyendo humanidades, ingeniería civil, eléctrica, industrial y ambiental. La combinación de conocimientos y enfoques multidisciplinarios permitió obtener una visión más amplia y sólida de los aspectos relevantes en la evaluación financiera de estos proyectos, facilitando así la formulación de una propuesta metodológica coherente y fundamentada

Identificar en la literatura los factores clave de las metodologías de evaluación financiera de proyectos de energización rural.

Para llevar a cabo la revisión de la literatura de artículos académicos relacionados con el caso de estudio, se empleó la base de datos Scopus, utilizando la siguiente ecuación de búsqueda: (TITLE-ABS-KEY (photovoltaic AND systems) AND TITLE-ABS-KEY (discounted AND cash AND flow) OR TITLE-ABS-KEY (economic AND valuation) OR TITLE-ABS-KEY (rural AND electrification AND projects)). Como resultado de esta búsqueda, se obtuvieron inicialmente 360 documentos. Posteriormente, se aplicó el primer criterio de exclusión, el cual consistió en descartar los documentos pertenecientes a áreas de conocimiento distintas a "Mathematics, Business, Management and Accounting, Economics, Econometrics y Finance". Como resultado de esta exclusión, se obtuvieron finalmente 96 documentos relevantes para el estudio.

Figura A-2: Documentos por año



Fuente: Base de datos scopus de acuerdo a la ecuación de búsqueda

Se amplió el listado de documentos de la base de datos Scopus con registros de la base de datos del Institute of Electrical and Electronics Engineers- IEEE Explore, con el fin de obtener información adicional pertinente a la evaluación financiera de proyectos de energización rural.

De un total de 96 documentos, Se realizó una exclusión de la bibliografía anterior al año 2017, lo que resultó en un total de 62 documentos. Posteriormente, se llevó a cabo un filtrado para identificar aquellos que contaban con acceso abierto, reduciendo así la cantidad a 31 documentos. Posteriormente, se procedió a realizar una revisión de pertinencia de los documentos, excluyendo aquellos relacionados con la transición ecológica, el ámbito ambiental y aquellos de carácter técnico. Como resultado de esta revisión, se obtuvieron finalmente 19 documentos relevantes para el estudio, detallados a continuación.

Tabla A-2: Documentos revisión de literatura

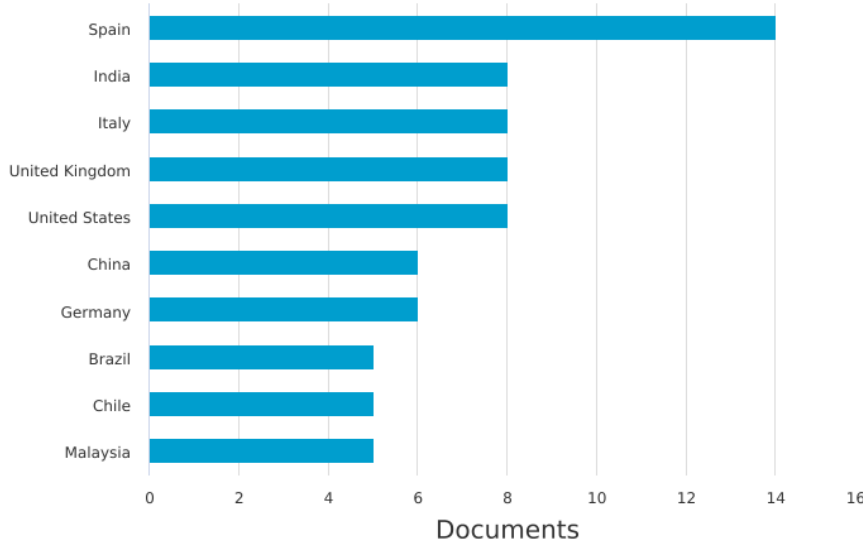
| Autores | Título | año | Revista | DOI |
|---|---|------|---|---------------------------------|
| Rocha, C.M.M., Pérez, D.F., Retamoza, J.R., Ortega, J.S., Bohórquez, D.B., Catalan, L.T. | Evaluation, Hierarchy and Selection of the best Source of Energy by using AHP, as a Proposed Solution to an Energy and Socio-economic Problem, in the case of Colombia's Pacific Zone | 2022 | International Journal of Energy Economics and Policy, 12 (5), pp. 409-419. | DOI: 10.32479/ijeeep.13448 |
| Gonçalves, G.L., Abrahão, R., Rotella Junior, P., Rocha, L.C.S. | Economic Feasibility of Conventional and Building-Integrated Photovoltaics Implementation in Brazil | 2022 | Energies, 15 (18), art. no. 6707, . Cited 1 time. | DOI: 10.3390/en15186707 |
| Karamov, D.N., Ilyushin, P.V., Suslov, K.V. | Electrification of Rural Remote Areas Using Renewable Energy Sources: Literature Review | 2022 | Energies, 15 (16), art. no. 5881, . Cited 2 times. | DOI: 10.3390/en15165881 |
| Hidalgo-Leon, R., Amoroso, F., Urquiza, J., Villavicencio, V., Torres, M., Singh, P., Soriano, G. | Feasibility Study for Off-Grid Hybrid Power Systems Considering an Energy Efficiency Initiative for an Island in Ecuador | 2022 | Energies, 15 (5), art. no. 1776, . Cited 7 times. | DOI: 10.3390/en15051776 |
| Sankoh, M., Diarra, B., Samikannu, R., Ladu, N.S.D. | Techno-Economic Feasibility Analysis of a Solar Photovoltaic Hybrid System for Rural Electrification in Sierra Leone for Zero Carbon Emission | 2022 | International Transactions on Electrical Energy Systems, 2022, art. no. 6349229, . | DOI: 10.1155/2022/6349229 |
| Makhija, S.P., Dubey, S.P., Bansal, R.C., Jena, P.K. | Techno-Environ-Economical Analysis of Floating PV/On-Ground PV/Grid Extension Systems for Electrification of a Remote Area in India | 2021 | Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy, 6 (1), art. no. 6, . Cited 8 times. | DOI: 10.1007/s40866-021-00104-z |
| Pujari, H.K., Rudramoorthy, M. | Optimal design and techno-economic analysis of a hybrid grid-independent renewable energy system for a rural community | 2021 | International Transactions on Electrical Energy Systems, 31 (9), art. no. e13007, . Cited 12 times. | DOI: 10.1002/2050-7038.13007 |
| López-González, A., Domenech, B., Ferrer-Martí, L. | Sustainability evaluation of rural electrification in cuba: From fossil fuels to modular photovoltaic systems: Case studies from sancti spiritus province | 2021 | Energies, 14 (9), art. no. 2480, . Cited 4 times. | DOI: 10.3390/en14092480 |
| Fernandez-Fuentes, M.H., Eras-Almeida, A.A., Egido-Aguilera, M.A. | Characterization of technological innovations in photovoltaic rural electrification, based on the experiences of Bolivia, Peru, and Argentina: Third generation solar home systems | 2021 | Sustainability (Switzerland), 13 (6), art. no. 3032, . Cited 6 times. | DOI: 10.3390/su13063032 |
| Canziani, F., Vargas, R., Gastelo-Roque, J.A. | Hybrid Photovoltaic-Wind Microgrid With Battery Storage for Rural Electrification: A Case Study in Perú | 2021 | Frontiers in Energy Research, 8, art. no. 528571, . Cited 12 times. | DOI: 10.3389/fenrg.2020.528571 |

| Autores | Título | año | Revista | DOI |
|--|---|------|---|--------------------------------------|
| Kaur, M., Dhundhara, S., Verma, Y.P., Chauhan, S. | Techno-economic analysis of photovoltaic-biomass-based microgrid system for reliable rural electrification | 2020 | International Transactions on Electrical Energy Systems, 30 (5), art. no. e12347, . Cited 36 times. | DOI: 10.1002/2050-7038.12347 |
| Kang, D., Jung, T.Y. | Renewable energy options for a rural village in North Korea | 2020 | Sustainability (Switzerland), 12 (6), art. no. 2452, . Cited 12 times. | DOI: 10.3390/su12062452 |
| Chowdhury, N., Hossain, C.A., Longo, M., Yaici, W. | Feasibility and cost analysis of photovoltaic-biomass hybrid energy system in off-grid areas of Bangladesh | 2020 | Sustainability (Switzerland), 12 (4), art. no. 1568, . Cited 25 times. | DOI: 10.3390/su12041568 |
| Ospino-Castro, A., Robles-Algarín, C., Tobón-Perez, J., Peña-Gallardo, R., Acosta-Coll, M. | Financing of residential rooftop photovoltaic projects under a net metering policy framework: The case of the Colombian caribbean region | 2020 | International Journal of Energy Economics and Policy, 10 (6), pp. 337-346. | DOI: 10.32479/ijee.p.9560 |
| Eras-Almeida, A.A., Fernández, M., Eisman, J., Martín, J.G., Caamaño, E., Egido-Aguilera, M.A. | Lessons learned from rural electrification experiences with third generation solar home systems in latin America: Case studies in Peru, Mexico, and Bolivia | 2019 | Sustainability (Switzerland), 11 (24), art. no. 7139, . Cited 25 times. | DOI: 10.3390/su11247139 |
| Chiacchio, F., Famoso, F., D'Urso, D., Cedola, L. | Performance and economic assessment of a grid-connected photovoltaic power plant with a storage system: A comparison between the North and the south of Italy | 2019 | Energies, 12 (12), art. no. 2356, . Cited 23 times. | DOI: 10.3390/en12122356 |
| Cucchiella, F., D'Adamo, I., Gastaldi, M., Stornelli, V. | Solar photovoltaic panels combined with energy storage in a residential building: An economic analysis | 2018 | Sustainability (Switzerland), 10 (9), art. no. 3117, . Cited 44 times. | DOI: 10.3390/su10093117 |
| Benis, K., Turan, I., Reinhart, C., Ferrão, P. | Putting rooftops to use – A Cost-Benefit Analysis of food production vs. energy generation under Mediterranean climates | 2018 | Cities, 78, pp. 166-179. Cited 43 times. | DOI: 10.1016/j.cities.2018.02.011 |
| D'Adamo, I. | The profitability of residential photovoltaic systems. A new scheme of subsidies based on the price of CO2 in a developed PV market | 2018 | Social Sciences, 7 (9), art. no. 148, . Cited 42 times. | DOI: 10.3390/socsci7090148 |

En cuanto a la distribución geográfica de los documentos, se observó que los países que más han contribuido en la investigación sobre el tema de estudio son España, India e Italia.

La siguiente ilustración presenta una comparación entre la cantidad de documentos escritos por cada uno de estos países.

Figura A-3: Documentos por países



Copyright © 2023 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Fuente: Base de datos scopus de acuerdo a la ecuación de búsqueda

Identificar las fallas más comunes en la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia a partir de los resultados de las validaciones a los proyectos presentados durante 2020 y 2021

El presente objetivo se abordó mediante el método descriptivo, el cual involucró un levantamiento exhaustivo de información acerca de los proyectos de energización rural que fueron presentados para su financiamiento a los fondos públicos durante el periodo estudiado. En este análisis cuantitativo, se emplearon estadísticas básicas para examinar el comportamiento de las variables que impactan en el flujo de caja, siendo esta una parte fundamental en la evaluación financiera de este tipo de proyectos.

En cuanto a la parte cualitativa, se realizó una descripción detallada de los factores clave que influyen en la evaluación financiera de proyectos de soluciones individuales destinados a zonas no interconectadas. Se profundizó en los criterios empleados para evaluar financieramente los proyectos y se identificaron las principales variables financieras que sirvieron como base para su evaluación.

El trabajo de este apartado se centra en los proyectos presentados durante el periodo analizado, para ello se tienen en cuenta en primera instancia los 72 proyectos que se viabilizaron. Del conjunto de proyectos viabilizados, se observa que 37 (51%) de ellos se basan en la tecnología solar con soluciones individuales fotovoltaicas. Por otro lado, 33 (46%) proyectos se centran en el uso de redes y microrredes híbridas o conectadas a la red, específicamente en el caso de los proyectos presentados al fondo FAER. Dentro de los 37 proyectos que fueron evaluados y viabilizados con tecnología solar, se identifica que dichos proyectos fueron presentados a los fondos FAZNI y a regalías, son los que se toman en cuenta para el desarrollo de este objetivo del trabajo final. Estos proyectos permitieron una ampliación de la cobertura de acceso a la energía para un total de 14,508 usuarios. A continuación, se muestra el detalle de esta distribución:

Tabla A-3: Proyectos evaluados y viabilizados 2020-2021

| TECNOLOGÍA/FONDO | PROYECTOS VIABILIZADOS | USUARIOS NUEVOS |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------|
| HIBRIDO | 2 | 148 |
| FAZNI | 2 | 148 |
| REDES /MICRORREDES | 33 | 13983 |
| FAER | 11 | 3522 |
| FAZNI | 17 | 9439 |
| OTROS | 1 | 235 |
| SGR | 4 | 787 |
| SOLAR | 37 | 14508 |
| FAZNI | 18 | 10308 |
| SGR | 19 | 4200 |
| Total general | 72 | 28639 |

Fuente: Elaboración propia con base en los proyectos evaluados en el IPSE 2020-2021

Siguiendo la metodología de Mingers, el siguiente paso se centró en analizar las causas de las deficiencias identificadas en la evaluación de los proyectos de electrificación rural presentados para optar por financiamiento estatal. Esto implicó analizar los factores clave descritos por expertos y examinar los elementos de la literatura recurrentes en la evaluación de este tipo de proyectos. El resultado de este paso proporcionó una comprensión completa de las fallas y los factores clave que afectan la evaluación de proyectos de electrificación rural, junto con una revisión de literatura organizada y caracterizada, y las mejores prácticas basadas en las experiencias adquiridas en la evaluación financiera de los proyectos presentados para su viabilidad ante el IPSE.

Se utilizaron herramientas estadísticas básicas para analizar los proyectos presentados en 2020 y 2021, incluida la clasificación de las causas de las deficiencias identificadas en la evaluación, así como el análisis bibliométrico derivado del análisis temático y de contenido especializado en la literatura de evaluación financiera para este tipo de proyectos.

Para la fase de evaluación, se caracterizaron los factores clave para la estructuración financiera de proyectos de electrificación rural en base al análisis de los proyectos presentados al IPSE en 2020 y 2021, revisión de literatura y opiniones de expertos. Se empleó un enfoque deductivo y descriptivo, aprovechando tanto datos cuantitativos como cualitativos analizados en la fase anterior para compilar factores clave para la evaluación financiera de dichos proyectos.

En la fase de acción, se logró obtener la versión final del trabajo y la presentación de la propuesta metodológica para la evaluación financiera de proyectos de electrificación rural que se presentan para optar por recursos en convocatorias de financiamiento estatal. Esto incluyó la compilación y diagramación de información y la consolidación de la metodología.

Anexo B: Caracterización de usuarios en la ZNI

De los 17.100 usuarios encuestados, aproximadamente 14.600 corresponden a viviendas familiares, mientras que 2.400 son instituciones. Estas instituciones se distribuyen principalmente en Unidades Comunitarias de Atención (UCA) en un 50%, centros educativos en un 36%, espacios comunales en un 3,6%, entre otros. Además, el 98% de los predios encuestados se clasifican en el estrato 1. Estos predios se localizan principalmente en zonas rurales, resguardos indígenas, rancherías, comunidades negras y caseríos.

El 78% de los encuestados manifestó su disposición a pagar por el servicio de energía, con un promedio mensual de \$13.000 pesos, mientras que el 20% expresó su disposición a pagar \$35.000 pesos mensuales. Los principales combustibles alternativos que utilizan para cocinar son leña, gas propano y carbón mineral, aunque en menor medida también utilizan gasolina, kerosene y alcohol. Se detalla en la siguiente tabla el costo promedio mensual que los encuestados destinan a estos combustibles alternativos para cocinar.

Tabla B-1: Costo promedio sustitutos de energéticos

| Sustituto | Costo promedio |
|-------------------|-----------------------|
| Residuos del agro | \$40,741.94 |
| Petróleo | \$7,000.00 |
| Otros | \$63,809.29 |
| Gas propano | \$50,727.68 |
| Gasolina | \$16,910.80 |
| Kerosene | \$21,459.85 |

| Sustituto | Costo promedio |
|---------------------|-----------------------|
| Leña auto apropiada | \$27,881.36 |
| Leña comprada | \$65,158.00 |
| Carbón mineral | \$26,739.73 |
| Alcohol | \$52,256.67 |
| Total | \$54,575.52 |

Fuente: (IPSE, 2020)

En relación a los sustitutos energéticos utilizados para la iluminación, los más comunes son las pilas, velas y petróleo, aunque también se emplean en menor medida el kerosene, la gasolina y el diésel. A continuación, se presenta una tabla con el costo promedio de estos sustitutos:

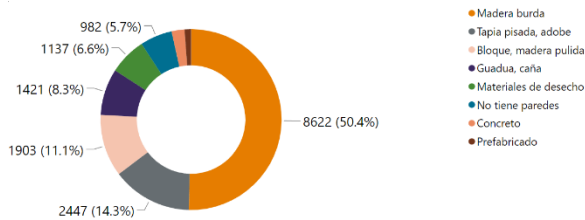
Tabla B-2: Sustitutos energéticos para iluminar

| Sustituto | Costo promedio |
|------------------|-----------------------|
| Velas | \$13,344.82 |
| Pilas / Baterías | \$19,012.46 |
| Diésel | \$92,586.19 |
| Gasolina | \$106,219.69 |
| Kerosene | \$17,751.94 |
| Otros | \$47,323.67 |
| Petróleo | \$20,273.16 |
| Alcohol | \$8,666.67 |
| Total | \$22,533.00 |

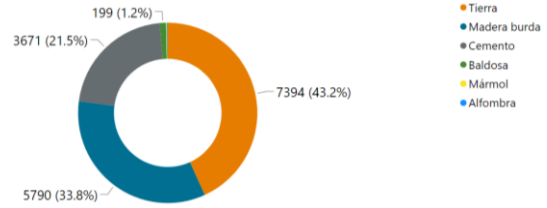
Fuente: (IPSE, 2020)

Los materiales predominantes en las paredes de las viviendas son la madera burda, la tapia pisada, el bloque y la guadua, entre otros. En relación al material del piso, se observa una concentración en el uso de tierra, madera burda y cemento, tal como se evidencia en los gráficos adjuntos.:

Figura B-1: Material predominante paredes



Material predominante pisos

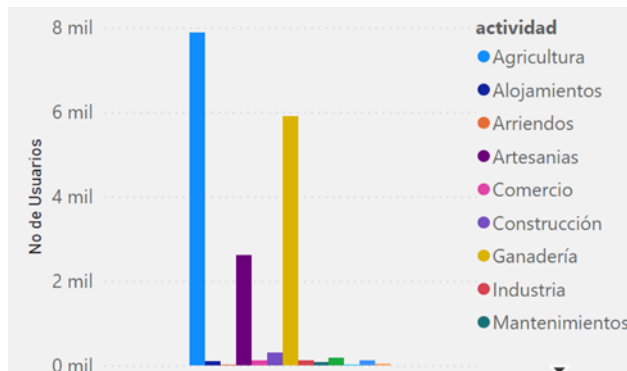


Fuente: (IPSE, 2020)

El 54% de los encuestados no tienen acceso a servicios de comunicación, mientras que el 45% se comunica a través de telefonía celular y el resto utiliza teléfono fijo o internet como medios de comunicación. En cuanto al acceso al servicio de agua, únicamente el 4% cuenta con acueducto, siendo las principales fuentes de agua el río (50%), el agua de lluvia (23%), pozos (16%) y el uso de carrotanques (10%).

Las principales actividades familiares son la agricultura, ganadería y artesanías, en la siguiente ilustración se detallan las actividades identificadas:

Figura B-2: Actividades familiares identificadas



Fuente: (IPSE, 2020)

Anexo C: Caracterización proyectos presentados 2020-2021

Se observa que los fondos FAZNI, SGR y FAER se destacan por contar con una cantidad considerable de proyectos, lo que refleja una mayor concentración de esfuerzos por parte del IPSE en el desarrollo de iniciativas asociadas a estos fondos, que disponen de mayores recursos para atender las necesidades de las zonas no interconectadas. Se espera que estos proyectos beneficien a un mayor número de personas. Por otro lado, los fondos FENOGE, OTROS y PAZIFICO presentan una menor cantidad de proyectos en comparación. Esto puede atribuirse a que estas iniciativas requieren una mayor apropiación, promoción y preparación técnica por parte de los evaluadores, debido a su naturaleza específica.

Al considerar el valor total de los proyectos, se observa una notable disparidad entre los fondos. El fondo FAZNI presenta el valor más elevado, seguido por SGR y FAER, como se indica a continuación:

Tabla C-1: Proyectos evaluados por el IPSE por fondo

| FONDO | PROYECTOS | VALOR PROYECTOS | USUARIOS NUEVOS |
|----------------------|------------|--------------------------|-----------------|
| FAER | 21 | 60.857.077.925 | 4991 |
| FAZNI | 107 | 720.872.691.832 | 39215 |
| FENOGE | 4 | 23.640.943.034 | 531 |
| OTROS | 6 | 27.508.867.011 | 1526 |
| SGR | 29 | 172.123.022.501 | 21541 |
| PAZIFICO | 1 | 25.398.894.271 | 200 |
| TOTAL GENERAL | 168 | 1.030.401.496.575 | 68004 |

Fuente: Elaboración propia con base en los proyectos evaluados en el IPSE 2020-2021

Dentro de los proyectos que han sido evaluados y viabilizados y que utilizan tecnología solar, se destaca que el 62% de los usuarios beneficiados se concentra en los departamentos con mayor número de usuarios por energizar en las zonas no interconectadas del país. Estos departamentos incluyen Putumayo, Caquetá, Guajira,

Guaviare, Chocó, Guainía y San Andrés. Este enfoque en áreas rurales dispersas demuestra la atención y prioridad otorgada a regiones que presentan una mayor necesidad de acceso a la energía en el contexto de las zonas no interconectadas del país.

Tabla C-2: Proyectos y usuarios beneficiados por departamento

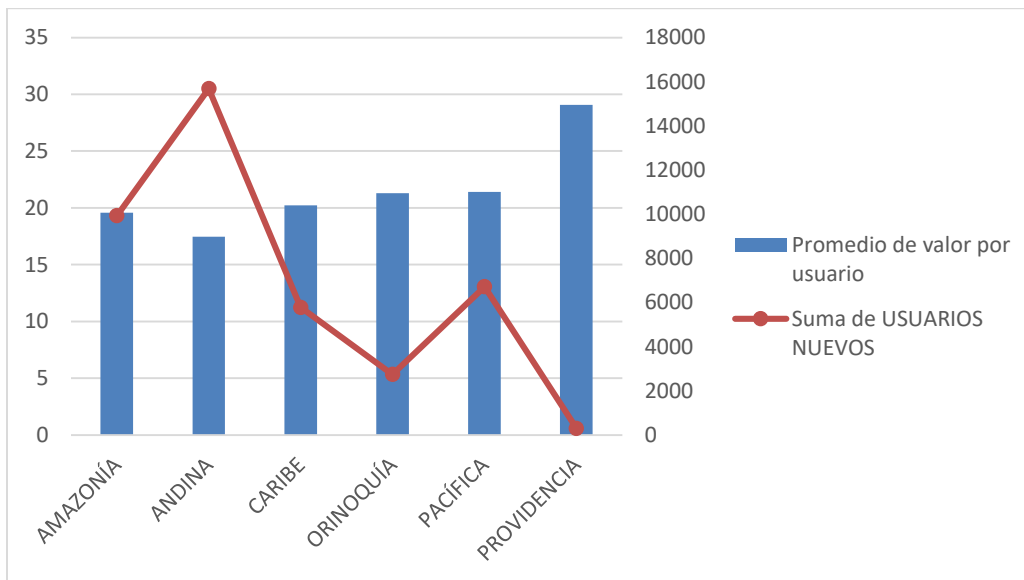
| DEPARTAMENTO | USUARIOS | PROYECTOS |
|-----------------------|----------|-----------|
| PUTUMAYO | 2479 | 6 |
| CAQUETÁ | 1972 | 4 |
| META | 1711 | 3 |
| CORDOBA | 1366 | 2 |
| GUAJIRA | 1333 | 4 |
| GUAVIARE | 1169 | 2 |
| CHOCÓ | 929 | 2 |
| TOLIMA | 886 | 1 |
| GUIANÍA | 798 | 2 |
| SAN ANDRES | 300 | 1 |
| NORTE DE SANTANDER | 282 | 1 |
| BOLÍVAR | 279 | 1 |
| MAGDALENA | 274 | 1 |
| CASANARE | 250 | 3 |
| CAUCA | 241 | 1 |
| VICHADA | 102 | 1 |
| CESAR | 101 | 1 |
| SUCRE | 36 | 1 |

Fuente: Elaboración propia con base en los proyectos evaluados en el IPSE 2020-2021

El análisis de los costos promedio por usuario en los proyectos de energización rural revela variaciones significativas según la región en la que se evalúan dichos proyectos. En la región andina, se observa un valor promedio más bajo en comparación con las demás regiones, mientras que, en la región insular, específicamente en Providencia, los costos son considerablemente más altos. Esta disparidad de costos está directamente relacionada con el número de usuarios involucrados en los proyectos. En el caso de la

región andina, donde se ejecutan proyectos que benefician a un mayor número de usuarios, algunos costos fijos tienen un impacto proporcionalmente menor en el valor total de la solución individual. De manera similar, en proyectos de menor escala con usuarios nuevos, al dividir los costos totales entre el número de usuarios, el componente fijo ocupa una proporción mayor. Los demás departamentos presentan un esquema similar en términos de costos, ya que las variables que influyen en su determinación son más homogéneas.

Figura C-1: Costo promedio por usuario y región



Fuente: Elaboración propia con base en los proyectos evaluados en el IPSE 2020-2021

Anexo D: Glosario y ejemplos de la propuesta

Glosario: Tomado de la Resolución 101-026 de 2022 expedida por la CREG

Área rural dispersa (rural disperso): Delimitación geográfica definida por el DANE para fines estadísticos, comprendida entre el perímetro censal de las cabeceras municipales y de los centros poblados, y el límite municipal. Se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y de explotaciones agropecuarias existentes en ella. (Manual de uso del MGN, 2018)

Centro poblado: Concepto construido por el DANE con fines estadísticos, para la identificación y localización geográfica de núcleos o asentamientos de población. Se define como una concentración mínima de veinte viviendas contiguas, vecinas o adosadas entre sí, ubicada en el área resto municipal o en un área no municipalizada (corregimiento departamental). Contempla los núcleos de población de los corregimientos municipales, inspecciones de policía y caseríos. (Manual de uso del MGN, 2018)

Ciclo de facturación: Lapso periódico transcurrido entre dos lecturas consecutivas a partir de las cuales se determina el valor de la facturación, cuando la prestación del servicio no corresponda a un esquema de cobro en prepago. El lapso será definido por cada prestador del servicio según lo previsto en el Artículo 2.2.3.3.4.4.1.5. Periodos flexibles de facturación del Decreto 1073 de 2015 o aquellas normas que la modifiquen o sustituyan.

Disponibilidad: Relación entre la cantidad mínima de energía que pudo consumir un usuario en un día particular, y la cantidad mínima de energía del nivel de servicio acordada con el usuario en el Acuerdo Especial.

MGN: Marco Geoestadístico Nacional. Para la aplicación e interpretación de las definiciones correspondientes al MGN previstas en la presente resolución, se tendrá en cuenta la última versión del respectivo Manual de Uso del Marco Geoestadístico Nacional, y en línea con las disposiciones del artículo 160 de la Ley 1753 de 2015 y la Resolución DANE 2222 de 2018, o aquellas normas que las modifiquen o sustituyan.

Nivel de servicio: El nivel de servicio será la combinación de las siguientes tres condiciones definidas en el Acuerdo Especial celebrado entre el usuario y el prestador del servicio: i) tipo de sistema, que podrá ser en corriente directa, DC, o en corriente alterna, AC; ii) almacenamiento, que podrá ofrecerse o no ofrecerse; iii) cantidad mínima de energía, expresada en vatios hora, Wh, que podría consumir un usuario en un día.

Prestador del servicio con SISFV, prestador del servicio: Persona que, estando organizada en alguna de las formas previstas en el Título I de la Ley 142 de 1994, desarrolla las actividades relacionadas con el suministro de energía eléctrica a un domicilio mediante soluciones individuales de generación fotovoltaica.

Solución Individual Solar Fotovoltaica, SISFV: Conjunto de unidades constructivas que, integradas, tienen como principio el aprovechamiento de la energía solar para la entrega de energía eléctrica a un único usuario no conectado a una red de distribución de energía eléctrica.

SUI: Sistema Único de Información de los Servicios Públicos Domiciliarios que, según lo previsto en el numeral 36 del artículo 79 de la Ley 142 de 1994, es administrado, mantenido y operado por la SSPD.

Servicio Público Domiciliario de energía eléctrica en ZNI: Es el transporte de energía eléctrica desde la barra de entrega de energía de un generador al sistema de distribución hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición. El suministro de energía eléctrica a un domicilio mediante soluciones individuales de generación también se considera servicio público domiciliario de energía eléctrica en ZNI. (Art. 287 Ley 1955 de 2019)

Unidad constructiva, UC: Conjunto de elementos que integrados cumplen una función particular en el proceso de entrega de energía eléctrica mediante una SISFV, entre otras: generación de energía eléctrica, almacenamiento de energía, conversión del tipo de corriente, supervisión o control de la operación, medición, protección de otras unidades constructivas, conexión de otras unidades constructivas.

Usuario: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. (Ley 142 de 1994)

Tabla D-1: Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una vivienda dispersa en el municipio de Uribía, La Guajira

| Hora | Lámpara LED | | TV LED 32" | Nevera 135 Lt | Congelador 150 Lt | Electrobomba 1/4 HP | Equipo Audio | Licudadora | Tablet | Cargador Celular | Potencia W | Consumo | |
|--------------|-------------|----------|------------|---------------|-------------------|---------------------|--------------|------------|-----------|------------------|-------------|-------------|-----------|
| | 9 W | 45 W | 70 W | 70 W | 70 W | 200 W | 25 W | 450 W | 40 W | 5 W | | Wh-día | KWh-mes |
| 0 | | | | 0,1 | 0,1 | | | | | | 140 | 14 | 0,43 |
| 1 | | | | 0,1 | 0,1 | | | | | | 140 | 14 | 0,43 |
| 2 | | | | 0,1 | 0,1 | | | | | | 140 | 14 | 0,43 |
| 3 | | | | 0,1 | 0,1 | | | | | | 140 | 14 | 0,43 |
| 4 | | | | 0,1 | 0,1 | | | | | | 140 | 14 | 0,43 |
| 5 | | | | 0,2 | 0,2 | | | | | | 140 | 28 | 0,85 |
| 6 | | | | 0,3 | 0,3 | | | | | | 140 | 42 | 1,28 |
| 7 | | | | 0,3 | 0,3 | | | | | | 140 | 42 | 1,28 |
| 8 | | | | 0,3 | 0,3 | | 1 | | | 2 | 175 | 77 | 2,34 |
| 9 | | | | 0,4 | 0,4 | | 1 | | | | 165 | 81 | 2,46 |
| 10 | | | | 0,4 | 0,4 | | 1 | | | | 165 | 81 | 2,46 |
| 11 | | | 1 | 0,5 | 0,5 | | 1 | | 9 | | 595 | 525 | 15,97 |
| 12 | | | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | | 0,3 | 9 | 2 | 1230 | 705 | 21,44 |
| 13 | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 210 | 210 | 6,39 |
| 14 | | | | 1 | 1 | | | | | | 140 | 140 | 4,26 |
| 15 | | | | 0,5 | 0,5 | | | | | | 140 | 70 | 2,13 |
| 16 | | | | 0,5 | 0,5 | | | | | | 140 | 70 | 2,13 |
| 17 | | | | 0,4 | 0,4 | | | | | | 140 | 56 | 1,70 |
| 18 | 4 | 8 | | 0,2 | 0,2 | | | | | | 536 | 424 | 12,90 |
| 19 | | | | 0,2 | 0,2 | | | | | | 140 | 28 | 0,85 |
| 20 | | | | 0,2 | 0,2 | | | | | | 140 | 28 | 0,85 |
| 21 | | | | 0,2 | 0,2 | | | | | | 140 | 28 | 0,85 |
| 22 | | | | 0,2 | 0,2 | | | | | | 140 | 28 | 0,85 |
| 23 | | | | 0,2 | 0,2 | | | | | | 140 | 28 | 0,85 |
| TOTAL | 4 | 8 | 3 | 8 | 8 | 0,3 | 4 | 0,3 | 18 | 4 | 1230 | 2761 | 84 |

Fuente: Proyecto estructurado (Consener, 2021)

Tabla D-2: Ejemplo de costos directos comunes a un SISFV en estudio de mercado

| SISTEMA GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICO INDIVIDUAL 800Wp |
|--|
| Replanteo de obra, ubicación de los usuarios |
| Suministro e instalación de juego solares fotovoltaicos monocristalinos 800Wp (2 paneles de 400 Wp cada uno) con las siguientes características: $\eta=19,5\%$; +3% condiciones STC. Garantía de producción a 12 años del 90% y del 80% a 25 años, temperatura de trabajo de -40°C $+80^{\circ}\text{C}$, IEC61205. Certificación de Conformidad de Producto Internacional, incluye acometida subterránea desde módulos hasta gabinete |
| Suministro e instalación de estructuras metálicas de soporte de paneles. Incluye poste galvanizado de 4 m x 510 Kgf., altura libre de 3 m, incluye base en ángulo y cimentación en concreto con resistencia mínima de 21MPa. |

| SISTEMA GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICO INDIVIDUAL 800Wp |
|--|
| Suministro, transporte e instalación de regulador (controlador) Solar tecnología MPPT de 24 VDC, 40A con display LCD, indicación led de bajo voltaje, eficiencia mínima de 96%, protección contra cortocircuito y bajo voltaje, IP20 o superior, apto para cargar batería tipo LiFePO4 |
| Suministro e Instalación de batería de ión - litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4) de ciclo profundo - 25,6 VDC - 6000 ciclos hasta el 80% DOD, con BMS integrado |
| Suministro e instalación de inversor tipo "off-grid" onda senoidal pura, potencia 1000W, 24 VDC input - 120 VAC output, F=60 Hz, debe garantizar protección y desconexión por bajo voltaje en la batería, protección contra sobrecarga |
| Suministro de tablero de distribución, accesorios, conexionado, cableado, canalización, fijación y protecciones eléctricas y gabinete para alojamiento de equipos y accesorios, tipo interior. |

Fuente: Guía de estudio de mercado (IPSE, 2022)

Tabla D-3: Ejemplo tasas de primas de seguros asociadas a un proyecto de energización rural

| PÓLIZAS | Cobertura | Prima | IVA | Tasa |
|---|------------------|--------------|------------|--------------|
| Póliza única de cumplimiento | 30% | 0,15% | 19% | 0,05% |
| Póliza salarios y prestaciones sociales | 20% | 0,15% | 19% | 0,04% |
| Póliza de calidad del mantenimiento | 20% | 0,15% | 19% | 0,04% |
| Responsabilidad civil | 40% | 0,21% | 19% | 0,10% |
| Total primas | | | | 0,22% |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

Tabla D-4: Ejemplo de cálculo de Eficiencia del SISFV

| Factor | % pérdidas | Tipo SISFV | % Ef. SISFV |
|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Módulo (mismatch) | 1,00% | VERDADERO | 99,00% |
| Diodos y conexiones | 0,30% | VERDADERO | 99,70% |
| Alambrado DC | 1,00% | VERDADERO | 99,00% |
| Alambrado AC | 0,70% | VERDADERO | 99,30% |
| Suciedad | 0,50% | VERDADERO | 99,50% |
| Disponibilidad | 0,50% | VERDADERO | 99,50% |
| Sombras | 1,00% | VERDADERO | 99,00% |
| Eficiencia Inversor | 15,00% | VERDADERO | 85,00% |
| Eficiencia de las baterías | 20,00% | VERDADERO | 80,00% |
| Temperatura celda 60°C | 12,25% | VERDADERO | 87,75% |

| Factor | % pérdidas | Tipo SISFV | % Ef. SISFV |
|-------------------------|------------|------------|-------------|
| Eficiencia SISFV | | | 56,75% |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

Tabla D-5: Ejemplo tasas de falla anual de unidades constructivas SISFV

| Unidad constructiva | Tasa de falla anual |
|--|---------------------|
| 1. PANEL | 0,30% |
| 2. INVERSOR | 0,75% |
| 3. REGULADOR | 0,75% |
| 4. BANCO DE BATERIAS | 1,00% |
| 5. ESTRUCTURA SOPORTE | 0,20% |
| 6. RED PANEL GABINETE | 0,75% |
| 7. GABINETE Y ACCESORIOS | 0,75% |
| 8. RED BATERÍA A GABINETE Y ACCESORIOS | 0,75% |
| 9. PUESTA A TIERRA | 0,75% |
| 10. RED DOMICILIARIA | 0,75% |
| 11. ELEMENTO DE MEDICIÓN | 0,75% |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

Tabla D-6: Ejemplo tiempo y costo de visita por cuadrilla según el tipo de atención (horas x técnico)

| Wp_Min | Wp_Max | Instalación (h / tec) | Preventivo (h / tec) | Correctivo (h / tec) |
|--------|--------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 0,01 | 33 | 12 | 0,75 | 8 |
| 33,08 | 50 | 12 | 0,75 | 8 |
| 49,61 | 116 | 28 | 0,75 | 8 |
| 115,75 | 248 | 28 | 0,75 | 8 |
| 248,03 | 331 | 40 | 0,75 | 8 |
| 330,70 | 496 | 40 | 0,75 | 8 |
| 496,04 | 744 | 58 | 0,75 | 8 |
| 744,06 | 992 | 58 | 0,75 | 8 |

| Actividad | Tiempo x visita (horas / tec) |
|----------------------|--|
| Educación al usuario | 0,25 |

| | |
|-----------------------|------|
| Horas laborales x día | 8,00 |
|-----------------------|------|

| | |
|---|------|
| Distancia promedio entre usuarios (km) | 26,5 |
| Desplazamiento promedio en la zona (km / h) | 15,0 |
| Tiempo desplazamiento entre usuarios (h) | 1,77 |

| Concepto | Instalación | Preventivo | Correctivo |
|----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Tiempo promedio visita (h) | 30,89 | 2,27 | 5,89 |
| Visitas x cuadrilla al año | 62 | 847 | 326 |
| Costo x visita | 1.946.309 | 142.838 | 371.226 |

| Concepto | Instalación | Preventivo | Correctivo |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Visitas x usuario año | NA | 2,00 | 0,07 |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

Tabla D-7: Ejemplo personal administrativo del operador

| CARGO | SMMLV | SALARIO | VALOR MENSUAL |
|--|-----------------|-------------------|--------------------------|
| Gerente | 2,60 | 3.016.000 | 5.001.533 |
| Asistente administrativo (Electricista) | 2,50 | 2.900.000 | 4.809.167 |
| Asistente técnico (Coordinador) | 2,00 | 2.320.000 | 3.847.333 |
| Contador | 1,00 | 1.160.000 | 1.923.667 |
| Asesor jurídico | 1,00 | 1.160.000 | 1.923.667 |
| Coordinador Logístico | 2,00 | 2.320.000 | 3.847.333 |
| Total | 11,10 | 12.876.000 | 10.195.914 |
| Costo por usuario al mes [COP] | 53.381,7 | | |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

Tabla D-8: Ejemplo servicios generales asociados al operador

| CONCEPTO | VALOR MENSUAL | Participación |
|---------------------------------------|------------------|---------------|
| Arriendos | 550.000 | 19,88% |
| Servicios públicos | 390.000 | 14,09% |
| Adecuaciones | 102.000 | 3,69% |
| Equipos de oficina - Mobiliario | 120.000 | 4,34% |
| Vehículos – Traslados | 375.000 | 13,55% |
| Soporte técnico Medición (Prepago) | 1.000.000 | 36,14% |
| Elementos Aseo y Cafetería | 72.000 | 2,60% |
| Papelería y otros de Oficina | 66.000 | 2,39% |
| Seguridad Industrial y Ocupacional | 92.000 | 3,32% |
| Total | 1.321.243 | 100% |
| Costo por usuario al mes [COP] | 6.918 | |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

Tabla D-9: Ejemplo cálculo de depreciación Unidad Constructiva

| Unidad Constructiva | Valor histórico | Vida útil en años | Depreciación |
|--|-----------------|-------------------|--------------|
| 1. PANEL | 2.017.712 | 25 | 80.708 |
| 2. INVERSOR | 748.152 | 10 | 74.815 |
| 3. REGULADOR | 1.114.053 | 10 | 111.405 |
| 4. BANCO DE BATERIAS | 2.708.003 | 4,25 | 637.177 |
| 5. ESTRUCTURA SOPORTE | 2.127.847 | 20 | 106.392 |
| 6. RED PANEL GABINETE | 436.589 | 25 | 17.463 |
| 7. GABINETE Y ACCESORIOS | 1.186.531 | 25 | 47.461 |
| 8. RED BATERÍA A GABINETE Y ACCESORIOS | 804.972 | 25 | 32.198 |
| 9. PUESTA A TIERRA | 458.350 | 25 | 18.334 |
| 10. RED DOMICILIARIA | 1.850.428 | 25 | 74.017 |
| 11. ELEMENTO DE MEDICIÓN | 385.127 | 10 | 38.512 |

Fuente: Plantilla de evaluación viabilidad financiera (IPSE, 2023)

