



POLÍTICAS PÚBLICAS Y EXPERIENCIAS DE ACCESO A LA ENERGÍA:
**LA AGENDA INTERNACIONAL A LAS
SOLUCIONES COMUNITARIAS EN
LA REGIÓN PANAMAZÓNICA**

JUNIO 2026

EQUIPO TÉCNICO:

André Luis Ferreira
Fabio Galdino dos Santos
Vinícius Oliveira da Silva

APOYO:

Charles Stewart Mott Foundation

COMUNICACIONES:

Isis Rosa Nóbile Diniz
Marcelo Testoni

SOBRE EL IEMA:

El Instituto de Energía y Medio Ambiente (IEMA) es una Organización de la Sociedad Civil de Interés Público (OSCIP) fundada en Brasil en 2006. El IEMA tiene como foco la producción y la difusión de conocimiento técnico-científico para respaldar la formulación y la evaluación de políticas públicas, actuando con el propósito de mejorar los procesos de toma de decisiones para que los sistemas de transporte y de energía en el país aseguren el uso sostenible de los recursos naturales con desarrollo social y económico.

QUIÉNES SOMOS:

André Luis Ferreira
Anton Schwyter
David Shiling Tsai
Fabio Galdino dos Santos
Felipe Barcellos e Silva
Gabrielly de Castro Alves
Helen Sousa
Ingrid Graces
Isis Rosa Nóbile Diniz
João Vítor de Carvalho
Marcelo Testoni
Mariana Calviello Meira Ramos
Meiriele Alvarenga Cumplido
Mônica Takeda
Nicole Dejarmes Silva
Raíssa Gomes
Ricardo Lacerda Baitelo
Vinícius Oliveira da Silva

VERSIÓN EN ESPAÑOL:

Edoardo Lobl

DISEÑO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN:

Cyntia Fonseca



Contáctenos:

Rua Artur de Azevedo, 1212, sala 91, Pinheiros,
São Paulo (SP), CEP 05404-003
Teléfono: +55 11 3476-2850
<https://energiaeambiente.org.br/>
energiaeambiente@energiaeambiente.org.br

Acompañe nuestras redes sociales:



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe técnico-científico presenta los resultados de un análisis en profundidad sobre políticas públicas y experiencias de acceso a la energía eléctrica renovable en la Pan-Amazonía, con énfasis en la superación de la exclusión energética en pueblos indígenas, comunidades quilombolas, poblaciones ribereñas y comunidades extractivistas. La investigación fue motivada por la persistente desigualdad en el acceso a la electricidad, un derecho reconocido internacionalmente como fundamental para el ejercicio de otros derechos —como la salud, la educación, la seguridad alimentaria y la inclusión productiva— y una condición indispensable para la promoción de la justicia social, conforme a lo establecido en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (ODS 7) de la Agenda 2030.

El objetivo del presente trabajo fue analizar las barreras estructurales que limitan el acceso de las comunidades amazónicas a la energía eléctrica. La metodología combinó una revisión de la literatura científica y técnica, el análisis de políticas públicas nacionales y regionales, y la evaluación de los impactos **de proyectos piloto de energía renovable financiados por la Fundación Charles Stewart Mott**, con el propósito de extraer lecciones aprendidas a partir de experiencias prácticas de implementación. El uso de los datos de estos proyectos piloto resultó particularmente relevante, ya que constituye una base empírica amplia sobre el acceso a la energía en territorios amazónicos remotos, reuniendo información sistematizada de decenas de proyectos implementados a lo largo de diez años, en distintos países, contextos socioterritoriales y arreglos tecnológicos. Esta base permitió un análisis longitudinal de los resultados, los factores de éxito y las limitaciones estructurales, respaldando recomendaciones orientadas a la escalabilidad, replicabilidad y al fortalecimiento de las políticas públicas de electrificación.

Los datos consolidados indican que el aislamiento geográfico, la baja densidad poblacional, los altos costos de infraestructura y la dependencia de biomasa y combustibles fósiles constituyen las principales barreras para la universalización del acceso a la energía

renovable en la Pan-Amazonía. **Si bien la cobertura eléctrica global aumentó del 84% en 2010 al 91,7% en 2023, aproximadamente 666 millones de personas aún no tienen acceso a la electricidad, de las cuales cerca de 5 millones se encuentran en la Pan-Amazonía.** Se estima que 1,8 millones están en Perú, 1,4 millones en Colombia, 650 mil en Bolivia y hasta 1 millón en Brasil, a pesar de que los datos oficiales indiquen alrededor de 400 mil. La exclusión energética se concentra en áreas rurales y afecta de manera desproporcionada a poblaciones indígenas (10,5%), afrodescendientes (2,4%) y al 20% más pobre de la población (8,2%), frente a apenas el 0,8% entre el 20% más rico.

El análisis comparado de las políticas públicas evidencia que programas como el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER, Argentina), Luz para Todos (Brasil), el Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER, Colombia), FERUM (Ecuador), PNER (Perú) y Sembrando Luz (Venezuela) combinan soluciones institucionales híbridas que articulan regulación técnica, gobernanza compartida, fondos estables y subsidios sociales para viabilizar la universalización del acceso a la energía eléctrica. Sin embargo, la ausencia de métricas consolidadas de justicia energética y de género limita la efectividad y la capacidad de monitoreo de estos programas.

La **evaluación de los proyectos piloto** se concentró principalmente en sistemas solares fotovoltaicos destinados a la electrificación comunitaria, la iluminación residencial, el saneamiento y otros usos, beneficiando a 223 comunidades y a más de 70 mil personas, entre beneficiarios directos e indirectos. Los **impactos sociales** incluyen la reducción de hasta 50 horas semanales de trabajo manual en territorios indígenas, la ampliación del acceso a servicios esenciales y un aumento promedio de US\$361 mensuales en los ingresos familiares en iniciativas productivas. A pesar de los avances en la participación femenina en la gobernanza, la inserción de las mujeres en funciones técnicas sigue siendo limitada. En el **plano ambiental**, el 99,7% de las comunidades redujo el uso de

RESUMEN EJECUTIVO

diésel y el 32% eliminó completamente los combustibles fósiles, evitando el consumo de más de un millón de litros. Las **microrredes y los sistemas híbridos** mostraron mayor confiabilidad y sostenibilidad, especialmente cuando se asocian a modelos de autogestión comunitaria. No obstante, persisten brechas relevantes relacionadas con la sostenibilidad financiera, la operación y el mantenimiento de los sistemas, así como con la incorporación sistemática de la **perspectiva de género**, lo que demanda marcos regulatorios específicos, financiamiento permanente e instrumentos adecuados de monitoreo.

La **revisión bibliográfica**, el análisis de las políticas públicas y la evaluación de los proyectos piloto evidencian la necesidad de consolidar la universalización del acceso a la energía eléctrica como una política de Estado, con previsibilidad regulatoria y continuidad institucional. Para ello, resulta fundamental institucionalizar las microrredes y las soluciones híbridas en las políticas nacionales y regionales, con metas plurianuales, marcos regulatorios específicos para sistemas aislados —incluyendo directrices de logística inversa— y la estandarización de requisitos técnicos según tipologías territoriales (SIGFI/MIGDI). Asimismo, se debe priorizar el uso de tecnologías más confiables y con menores costos a lo largo del ciclo de vida, garantizando la eficiencia técnica y la sostenibilidad de los sistemas.

En **el ámbito del financiamiento y la gobernanza**, se recomienda la creación de fondos permanentes y líneas

de crédito estables para inversiones iniciales, operación y mantenimiento —incluida la reposición de baterías—, combinadas con instrumentos de mitigación de riesgos, subsidios sociales y tarifas diferenciadas para comunidades aisladas y vulnerables. Los proyectos deben incorporar, desde su fase de diseño, planes de ciclo de vida que contemplen la O&M y la expansión, así como fomentar modelos comunitarios como cooperativas y comunidades energéticas. La participación de las comunidades debe garantizarse en todas las etapas, con énfasis en la capacitación de mujeres y jóvenes para funciones técnicas y de liderazgo, la valorización de los saberes locales y la definición de metas de equidad de género.

Por último, es fundamental fortalecer los sistemas de datos, monitoreo y fiscalización mediante registros georreferenciados, paneles públicos de indicadores y evaluaciones *ex-ante*, intermedias y *ex-post*, incorporando métricas de justicia energética y de género, así como auditorías independientes. La política energética debe articularse con sectores como la salud, la educación, las comunicaciones, el saneamiento y la bioeconomía, adoptando el Nivel/Tier 4 como estándar mínimo para garantizar servicios esenciales y usos productivos. La **filantropía y la cooperación internacional** pueden actuar como catalizadoras, apoyando la innovación, el mapeo de poblaciones excluidas, el monitoreo y la gobernanza multilateral, alineadas con los planes nacionales de energía.

SUMARIO

RESUMEN EJECUTIVO	3
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABLAS	8
1 INTRODUCCIÓN	10
1.1 Contextualización de la Región Panamazónica	11
1.2 La energía eléctrica como derecho fundamental	12
2 EXCLUSIÓN ELÉCTRICA: UNA MIRADA DESDE LOS INDICADORE	13
2.1 Exclusión eléctrica en perspectiva global	14
2.2 Exclusión eléctrica en América Latina y la Región Panamazónica	18
3 INICIATIVAS DE PROYECTOS Y DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE ACCESO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA	25
3.1 Iniciativas internacionales de proyectos de acceso a la energía eléctrica	28
3.1.1 Programas e iniciativas internacionales de acceso a la energía eléctrica	28
3.1.2 Indicadores y métricas de iniciativas internacionales de acceso a la energía eléctrica	28
3.1.3 Resultados de las iniciativas internacionales de acceso a la energía eléctrica	33
3.2 Políticas públicas en América del Sur y en la Región Panamazónica	34
3.2.1 Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales – Argentina	34
3.2.2 Programa Luz para Todos (LPT) – Brasil	36
3.2.3 Programa de Electrificación Rural y Social – Chile	36
3.2.4 Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER)– Colombia	38
3.2.5 Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM) – Ecuador	41
3.2.6 Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) – Perú	43
3.2.7 Programa Sembrando Luz (SL) – Venezuela	44
3.3 Resultados de los análisis y lecciones aprendidas de las políticas públicas regionales	44
3.3.1 Dimensiones de análisis y lecciones aprendidas	45
4 REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA	48
4.1 Acceso a la energía eléctrica: una revisión bibliométrica y sistemática	49
4.2 Acceso a la energía eléctrica: resultados de la revisión bibliométrica y sistemática	56

SUMÁRIO

5 EVALUACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DE PROYECTOS PILOTO IMPLEMENTADOS EN LA PANAMAZONÍA	60
5.1 Caracterización de los proyectos piloto	61
5.1.1 Datos previos de los proyectos piloto	61
5.2 Metodología de evaluación cuantitativa y cualitativa de proyectos piloto	61
5.2.1 Levantamiento, sistematización y estructuración de los indicadores	61
5.2.2 Estructura de levantamiento de indicadores y cuestionarios	62
5.2.3 Elaboración y aplicación de cuestionario	63
5.2.4 Sistematización y análisis de los datos del cuestionario	63
5.3 Resultados por dimensión de análisis cuantitativo	63
5.3.1 Características de los proyectos piloto por organización	63
5.3.2 Análisis de la dimensión económica de los proyectos piloto	64
5.3.3 Análisis espacial de los proyectos piloto	67
5.3.4 Análisis de la dimensión técnica de los proyectos piloto	68
5.3.5 Análisis de la dimensión social de los proyectos piloto	70
5.3.6 Análisis de la dimensión ambiental de los proyectos piloto	74
5.4 Resultados del cuestionario sociotécnico	76
5.4.1 Diagnóstico, motivación y marco institucional	76
5.4.2 Planificación participativa y co-concepción (co-design)	79
5.4.3 Justicia energética e inclusión social	80
5.4.4 Tecnología e implementación técnica	82
5.4.5 Operación, mantenimiento y capacitación	84
5.4.6 Financiamiento y sostenibilidad económica	86
5.4.7 Resultados e impactos	88
5.4.8 Sostenibilidad ambiental	90
5.4.9 Gobernanza y gestión comunitaria	92
5.4.10 Aprendizajes y recomendaciones para políticas públicas	92
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
6.1 Conclusiones principales	99
6.2 Recomendaciones estratégicas	100
REFERENCIAS	101
ANEXO 1	108
ANEXO 2	109
ANEXO 3	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Región Panamazónica.	10	Figura 23. Ocurrencias de tipos de tecnología de almacenamiento en los proyectos piloto.	54
Figura 2. Personas con y sin acceso a la energía eléctrica en el mundo, 2010–2023.	14	Figura 24. Ocurrencia de combinaciones tecnológicas en los proyectos piloto.	54
Figura 3. Promedio anual de aumento del acceso a la energía eléctrica, 2000–2023.	15	Figura 25. Ocurrencias de los tipos de topologías de las soluciones de atención de los proyectos piloto.	55
Figura 4. Población sin acceso a la energía eléctrica por región, 2010–2023.	15	Figura 26. Tipos de unidades consumidoras atendidas por los proyectos piloto.	55
Figura 5. Población mundial con y sin acceso a la energía eléctrica en área urbana, 2010–2023.	16	Figura 27. Inversión total por organización.	64
Figura 6. Población mundial con y sin acceso a la energía eléctrica en área rural, 2010–2023.	17	Figura 28. Inversión total por número de personas: (a) directa e (b) indirectamente beneficiadas de las comunidades.	65
Figura 7. Veinte países con el mayor número de personas sin acceso a la energía eléctrica.	17	Figura 29. Costo por beneficiario (\$) por finalidad de proyecto.	66
Figura 8. Personas con y sin acceso a la energía eléctrica en el mundo, 2010–2023.	19	Figura 30. Impacto en el ingreso mensual por persona beneficiaria (\$/mes).	66
Figura 9. Indicador de exclusión eléctrica en los países de la ALC en 2023.	19	Figura 31. Localización de los proyectos piloto financiados por la Fundación Charles Stewart Mott (Fundação Mott).	67
Figura 10. Población de la ALC con y sin acceso a la energía eléctrica en área urbana, 2000–2023.	20	Figura 32. Comunidades y viviendas atendidas por tipo de territorio.	67
Figura 11. Población de la ALC con y sin acceso a la energía eléctrica en área rural, 2000–2023.	21	Figura 33. Proporción de atención por tipo de territorio.	68
Figura 12. Proporción de la población de pueblos indígenas, afrodescendiente, otros grupos y población total sin acceso a la electricidad, 2000–2023.	22	Figura 34. Finalidades de los proyectos piloto.	68
Figura 13. Proporción de la población por tramo de ingresos sin acceso a la electricidad, 2000–2023.	22	Figura 35. Participación de fuentes de energía.	69
Figura 14. Tasa de exclusión en el acceso a la energía eléctrica en los países de la Región Panamazónica en 2023.	23	Figura 36. Generación anual de energía y potencia instalada por ocurrencias de finalidad de proyectos.	70
Figura 15. Estructura de la comprensión y clasificación del acceso a la energía eléctrica.	29	Figura 37. Número de personas directa e indirectamente beneficiadas por organización.	71
Figura 16. Número de personas que recibieron acceso a la energía eléctrica por tipo de nivel de suministro.	33	Figura 38. Distribución porcentual del acceso a servicios de comunicación y conectividad, educación y servicios de salud por tipo de territorio.	72
Figura 17. Distribución geográfica de los proyectos piloto de la revisión de la literatura científica.	50	Figura 39. Reducción media del trabajo manual como resultado de la implementación del proyecto piloto (horas).	72
Figura 18. Número de registros por año de publicación.	51	Figura 40. Personas capacitadas para instalar, operar y mantener los sistemas.	73
Figura 19. Enfoque de análisis de los registros seleccionados.	51	Figura 41. Proporción de sustitución del uso de energía fósil.	75
Figura 20. Consolidación de la proporción de enfoque de los registros seleccionados.	52	Figura 42. Consumo evitado de combustible fósil por finalidad en base logarítmica (litros).	75
Figura 21. Distribución de los tipos de fuentes, renovables y fósiles, utilizadas en los proyectos piloto.	52	Figura 43. Generación de energía (MWh/año) por emisión evitada (tonCO ₂) en base logarítmica.	75
Figura 22. Ocurrencias por tipo de solución tecnológica en los proyectos piloto seleccionados.	53	Figura 44. Página de orientaciones del cuestionario cuantitativo.	109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de la Amazonía por país.	10	Tabla 20. Sistematización de los impactos ambientales, sociales y económicos de la revisión de la literatura.	59
Tabla 2. La energía como medio para el buen vivir.	11	Tabla 21. Acceso a servicios de comunicación y conectividad, educación y servicios de salud por tipo de territorio.	71
Tabla 3. Países con mayor número absoluto de personas sin acceso a la energía eléctrica.	18	Tabla 22. Personal involucrado en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto.	74
Tabla 4. Datos de población y acceso a la electricidad en los países de la Región Panamazónica en 2023.	24	Tabla 23. Sistematización del aprendizaje sobre diagnóstico, motivación y marco institucional de los proyectos piloto.	78
Tabla 5. Características de los instrumentos técnicos de acceso a la energía eléctrica.	26	Tabla 24. Sistematización de los aprendizajes con la planificación participativa y la coconcepción de los proyectos piloto.	81
Tabla 6. Impactos de los instrumentos técnicos en el acceso a la energía eléctrica.	27	Tabla 25. Sistematización de aprendizajes sobre justicia energética e inclusión social de proyectos piloto.	83
Tabla 7. Matriz multinivel para medir el acceso al suministro de energía eléctrica.	29	Tabla 26. Sistematización del aprendizaje con las tecnologías y la implementación técnica de sistemas energéticos de los proyectos piloto.	85
Tabla 8. Matriz multinivel para medir el acceso a los servicios y el consumo de electricidad domiciliaria.	30	Tabla 27. Sistematización de los aprendizajes sobre operación, mantenimiento y capacitación del equipo comunitario para la operación de los proyectos piloto.	87
Tabla 9. Cuadro de análisis y limitaciones del enfoque multinivel.	31	Tabla 28. Sistematización de los aprendizajes sobre financiamiento y sostenibilidad económica de los proyectos piloto.	89
Tabla 10. Cuadro comparativo de la aplicación de los multiniveles de acceso a la energía eléctrica.	32	Tabla 29. Sistematización de los resultados e impactos en la vida de las personas y en la estructura comunitaria con la implementación de los proyectos piloto.	91
Tabla 11. Sistematización de las dos fases del PERMER (Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales).	35	Tabla 30. Sistematización de los aprendizajes sobre la sostenibilidad ambiental de los proyectos piloto.	93
Tabla 12. Características del Programa Luz para Todos (Programa Luz para Todos).	37	Tabla 31. Sistematización de los aprendizajes sobre gobernanza y gestión comunitaria de los proyectos piloto.	95
Tabla 13. Características del programa de acceso a la energía eléctrica de Chile.	39	Tabla 32. Sistematización de los aprendizajes y recomendaciones para políticas públicas.	97
Tabla 14. Sistematización de los instrumentos financieros de la política pública de acceso a la energía eléctrica de Colombia.	40	Tabla 33. Matriz multinivel completa para medir el acceso al suministro de energía eléctrica.	108
Tabla 15. Características del programa de acceso a la energía eléctrica de Colombia.	41		
Tabla 16. Características del programa de acceso a la energía eléctrica de Ecuador.	42		
Tabla 17. Características del programa venezolano de acceso a la energía eléctrica.	44		
Tabla 18. Sistematización de las dimensiones analizadas.	47		
Tabla 19. Consolidación de las palabras clave y registros encontrados.	49		

1

INTRODUCCIÓN



1.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA REGIÓN PANAMAZÓNICA

El bioma amazónico se extiende por nueve países sudamericanos y abarca porciones significativas de sus territorios. Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Guayana Francesa, Perú, Surinam y Venezuela comparten el mayor bosque tropical continuo del planeta, como se ilustra en la **Figura 1**, así como la cuenca hidrográfica más extensa del mundo. Con una superficie de aproximadamente 6,7 millones de km², la Selva Amazónica representa uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad del planeta (OCTA, 2018).

Brasil posee la mayor porción de la Amazonía, con cerca de 3,28 millones de km², lo que corresponde aproximadamente al 60% del bosque total y abarca el 49% del territorio nacional brasileño. Perú posee cerca de 720 mil km² (13% de la Amazonía), lo que representa el 56% de su territorio nacional; Colombia, con 480 mil km² (10%), cubre el 42% de su extensión territorial. La Venezuela cuenta con 310 mil km² (6%), equivalentes al 35% de su territorio, mientras que Bolivia, con 220 mil km² (5,5%), cubre el 22% de su superficie nacional. Guyana, Surinam, Ecuador y Guayana Francesa representan, respectivamente, el 3,1%, 2,5%, 2% y 1,5% de la Selva Amazónica. En estos territorios, la Amazonía ocupa la mayor parte de la superficie nacional: 98% en Guayana Francesa, 95% en Surinam, 90% en Guyana y 48% en Ecuador (OCTA, 2006), como se presenta en la **Tabla 1**.



Figura 1. Región Panamazónica.

Fuente: colaboradores de Wikimedia Commons, 2024.

Tabla 1. Características de la Amazonía por país.

N	País	Área del bioma amazónico [10 ³ km ²]	Área acumulada del bioma amazónico [10 ³ km ²]	Porcentaje de la Selva Amazónica [%]	Porcentaje acumulado de la Selva Amazónica [%]	Porcentaje del territorio nacional [%]
1	Brasil	3.280	3.280	58,8%	58,8%	49%
2	Perú	720	4.000	12,9%	71,7%	56%
3	Colombia	480	4.480	8,6%	80,3%	42%
4	Venezuela	310	4.790	5,6%	85,8%	35%
5	Bolivia	220	5.010	3,9%	89,8%	22%
6	Guyana	210	5.220	3,8%	93,5%	90%
7	Surinam	150	5.370	2,7%	96,2%	95%
8	Ecuador	120	5.490	2,2%	98,4%	48%
9	Guayana Francesa	90	5.580	1,6%	100,0%	98%

Fuente: The World Bank (2025c) y WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) (2024).

1.2 LA ENERGÍA ELÉCTRICA COMO DERECHO FUNDAMENTAL

El acceso a la energía debe entenderse como la capacidad de disponer de un servicio energético adecuado, disponible siempre que sea necesario, confiable, de calidad, asequible, legal, conveniente, saludable y seguro, destinado a atender todas las necesidades energéticas en los ámbitos domiciliario, productivo y comunitario. Esta concepción se alinea con la nueva definición de acceso a la energía, basada en el desempeño del suministro energético, que considera no solo la disponibilidad, sino también la calidad, la confiabilidad y la capacidad del servicio para responder de manera efectiva a las diferentes demandas sociales – individuales y comunitarias – y económicas (Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético (ESMAP) 2014).

En este sentido, el acceso universal a la electricidad constituye una condición habilitadora de derechos y oportunidades sociales. La mayor parte de las regiones que aún no están atendidas se ubica en áreas remotas y aisladas – caracterizadas por aislamiento geográfico, ausencia de infraestructura básica, baja densidad poblacional y predominio de economías de subsistencia –, en las cuales la

expansión de la red centralizada de distribución de energía eléctrica tiende a ser técnicamente difícil y económicamente inviable (Almeshqab and Ustun 2019). En pequeños Estados insulares, por ejemplo, las restricciones geográficas refuerzan la necesidad de sistemas de menor escala (Silva et al. 2024).

La ausencia de energía eléctrica está asociada a múltiples privaciones – salud, educación, seguridad, participación social e ingresos, según se sistematiza en la **Tabla 2** – y actúa como barrera para el desarrollo socioeconómico y el acceso a los servicios públicos, sobre todo en zonas rurales y remotas (Orlando et al. 2018). En estas localidades, la dependencia de biomasa tradicional para cocción y calefacción aumenta la exposición a contaminantes domiciliarios (Spalding–Fecher 2005), impactando de forma desproporcionada a mujeres y niños (Leduchowicz–Municio et al. 2023), además de ejercer presión sobre la cobertura forestal (Leduchowicz–Municio et al. 2022). La sustitución del queroseno y la leña por electricidad reduce los riesgos para la salud, mejora la calidad de vida y permite la continuidad de los servicios esenciales de salud y educación (Daka and Ballet 2011), al mismo tiempo que viabiliza nuevas actividades productivas y agrícolas (Hampl 2024).

Tabla 2. La energía como medio para el buen vivir.

DIMENSIÓN	PRINCIPALES BENEFICIOS
Salud pública	Reducción de la exposición al humo de biomasa; menor incidencia de enfermedades respiratorias y oculares; menos accidentes y quemaduras; servicios de salud más confiables (iluminación nocturna, cadena de frío, operación de equipos).
Educación y capital humano	La iluminación domiciliaria amplía el tiempo de estudio; el acceso a internet hace posibles recursos pedagógicos, enseñanza híbrida y capacitación profesional.
Equidad de género y protección social	Menor carga de trabajo y menor exposición de mujeres y niños al humo y al transporte de leña; la iluminación pública y domiciliaria aumenta la seguridad en los desplazamientos nocturnos.
Economía local y empleo	Nuevos emprendimientos (refrigeración, servicios digitales, talleres); ampliación del horario de funcionamiento; reducción de pérdidas y costos operativos al sustituir combustibles fósiles costosos.
Agricultura y cadenas productivas	Bombeo/irrigación; refrigeración y almacenamiento poscosecha; procesamiento local (secado, molienda), agregando valor e ingresos.
Cohesión social y vida comunitaria	Los espacios comunitarios electrificados favorecen los encuentros, la comunicación y los servicios colectivos (centros comunitarios, escuelas, puestos de salud).
Medio ambiente y clima	Menor presión sobre los bosques al reducir la biomasa tradicional; mitigación de emisiones al sustituir diésel/queroseno por fuentes renovables; integración con eficiencia energética y gestión de la demanda.
Servicios públicos y gobernanza	Mejora de la calidad y continuidad de los servicios esenciales (agua, salud, educación); facilita la digitalización administrativa y el acceso a las políticas sociales.
Transformación digital	Conectividad; inclusión financiera (pagos digitales); acceso a información de mercado y servicios gubernamentales en línea.

Aunque los generadores diésel descentralizados aún se emplean como solución de emergencia, los costos recurrentes de combustible y mantenimiento, sumados a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEE) y contaminantes atmosféricos y sonoros, limitan la sostenibilidad de esta alternativa (Ferreira and Silva 2021). Por esta razón, las soluciones renovables para sistemas aislados, como minirredes solares, híbridas y fuera de la red, se han adoptado cada vez más en áreas donde la extensión de la red no es viable (IEMA (Instituto de Energía y Medio Ambiente) 2023).

Estas alternativas se alinean con el principio de acceso universal, moderno, confiable y sostenible, pero dependen de marcos regulatorios y de políticas públicas capaces de reducir barreras técnicas y financieras e internalizar beneficios sociales y ambientales (Silva et al. 2024).

En la Amazonía, la cuestión energética está intrínsecamente asociada a la historia de la ocupación del territorio. El proceso de poblamiento – caracterizado por la explotación de recursos naturales, la expropiación del territorio y el desplazamiento de poblaciones de otras regiones del país – dio lugar a grandes centros urbanos, consolidados como enclaves de infraestructura en medio del bosque, mientras que las demás áreas del territorio amazónico fueron ocupadas por poblaciones tradicionales o permanecieron bajo ocupación milenaria de los pueblos indígenas, históricamente marginados por la ausencia de infraestructura y el acceso precario a servicios públicos esenciales (Corrêa et al., 1994).

Esa asimetría histórica se refleja en el acceso a la energía eléctrica, particularmente en zonas rurales y comunidades aisladas, donde la universalización sigue siendo un desafío. En Brasil, Bolivia y Perú, los ciclos económicos del caucho y de la minería atrajeron grupos en busca de movilidad social, lo que resultó en la formación de diversos centros urbanos (Becker, 2005), como Iquitos en Perú y las capitales de los estados de Acre (estado brasileño), Amazonas y Pará (estado brasileño), en el proceso conocido como transhumancia amazónica (Furtado 1957).

En los países de la Región Panamazónica, los desafíos para la universalización de este servicio esencial para la vida contemporánea persisten, incluso frente a tasas nacionales de cobertura eléctrica relativamente elevadas, que varían

entre 91,6% y 99,8%, niveles en su mayoría superiores a la tasa global de 91,7% (IEA et al. 2025). La energía eléctrica es ampliamente reconocida como un derecho básico y fundamental, razón por la cual forma parte de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (ONU), específicamente del Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (ODS 7 – Energía asequible y no contaminante), que establece la meta de garantizar, hasta 2030, el acceso universal a la energía de forma asequible, confiable, sostenible y moderna (ONU (Organización de las Naciones Unidas) 2023).

Considerando este escenario, este informe propone una evaluación cualitativa, que comprende un análisis conjunto y comparativo de proyectos piloto de electrificación orientados a pueblos y comunidades tradicionales en territorios amazónicos, así como el análisis de políticas e iniciativas de universalización del acceso implementadas en diferentes países, con miras a sistematizar las lecciones aprendidas y elaborar un perfil orientador de sistemas de energía renovable para su integración en las políticas públicas de electrificación.

El documento se estructura en seis capítulos con el fin de cumplir los objetivos propuestos. El **Capítulo 1** presenta la introducción y contextualización del tema, destacando la importancia de la energía eléctrica como un derecho fundamental para las sociedades contemporáneas y tradicionales. El **Capítulo 2** aborda la exclusión eléctrica desde una perspectiva global, evidenciando tendencias históricas y proyecciones hasta 2030, y analiza la exclusión en los países de América Latina y en los territorios panamazónicos, con énfasis en dimensiones territoriales, sociales y étnicas. El **Capítulo 3** examina políticas e iniciativas de universalización en distintos contextos nacionales y regionales. El **Capítulo 4** presenta una revisión bibliométrica y sistemática de la literatura científica sobre el tema, consolidando contribuciones relevantes e identificando principales brechas. El **Capítulo 5** evalúa, de manera cuantitativa y cualitativa, proyectos piloto financiados por una fundación filantrópica e implementados durante un período de diez años en comunidades amazónicas, analizando sus impactos, limitaciones y lecciones aprendidas. Finalmente, el **Capítulo 6** sintetiza los principales hallazgos y presenta recomendaciones para el fortalecimiento de las políticas públicas de electrificación sostenible, tanto a escala global como en la región panamazónica.



2

*EXCLUSIÓN ELÉCTRICA:
UNA MIRADA DESDE LOS
INDICADORES*

2.1 EXCLUSIÓN ELÉCTRICA EN PERSPECTIVA GLOBAL

La tasa global de personas con acceso a la energía eléctrica en el mundo pasó de 84% en 2010, es decir, 1,1 mil millones de personas sin acceso básico, a 91,7% en 2023, cuando el contingente de excluidos se redujo a 666 millones de personas, como se muestra en la **Figura 2**. Aun así, 63 países presentan más de medio millón de personas que viven sin acceso a la electricidad (ESMAP 2025).

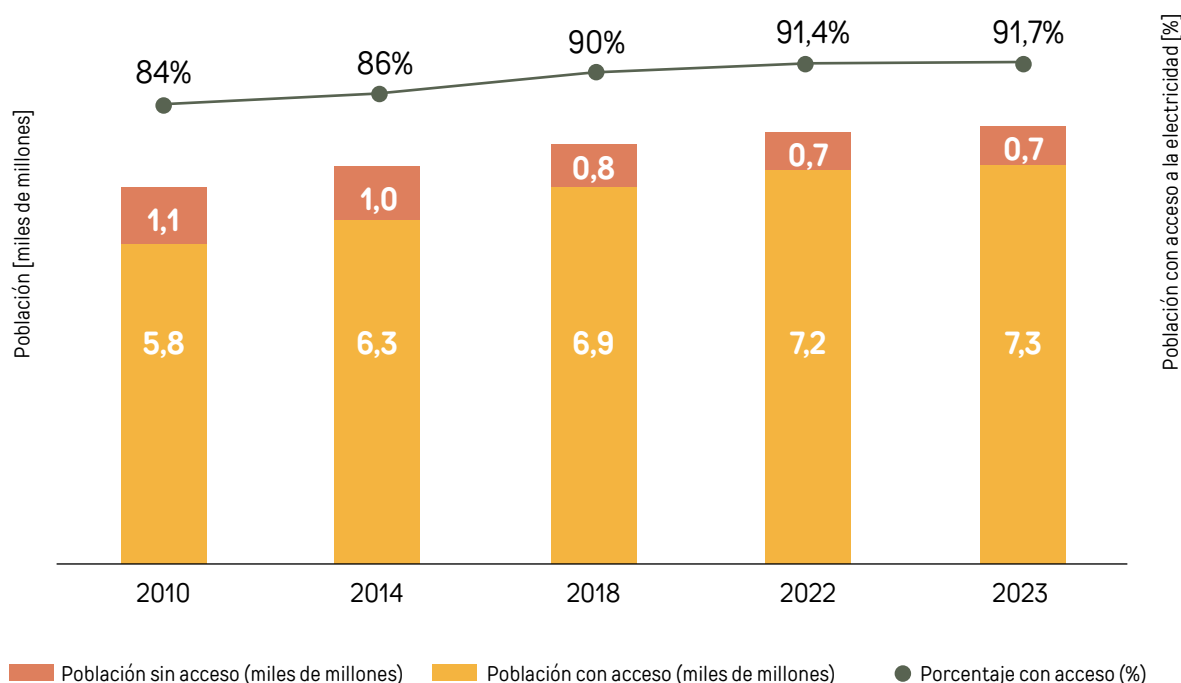


Figura 2. Personas con y sin acceso a la energía eléctrica en el mundo, 2010–2023.

Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

Según la IEA (2025), si se mantiene la trayectoria reciente de universalización del acceso global, en 2030 aún habrá 645 millones de personas sin acceso, de las cuales 565 millones estarán en África subsahariana, región que concentrará aproximadamente 85% de la exclusión global. Estas cifras evidencian no solo la magnitud del desafío, sino también su creciente concentración geográfica en países de baja renta e infraestructura y con alta dispersión territorial, lo que refuerza la dificultad de garantizar el cumplimiento de la meta ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7) hasta 2030.

Para el cumplimiento de esta meta, la tasa de expansión anual del acceso deberá alcanzar 1,2 puntos porcentuales (pp) por año. Sin embargo, entre 2010 y 2020, el promedio anual fue de 0,77 pp y, en el período más reciente, 2020–2023, el incremento medio cayó a 0,39 pp. Por lo tanto, el ritmo actual tendría que triplicarse, como indica la **Figura 3**, precisamente en un momento en que la población remanente es más difícil de atender y enfrenta mayores restricciones de capacidad de pago (IEA et al. 2025).

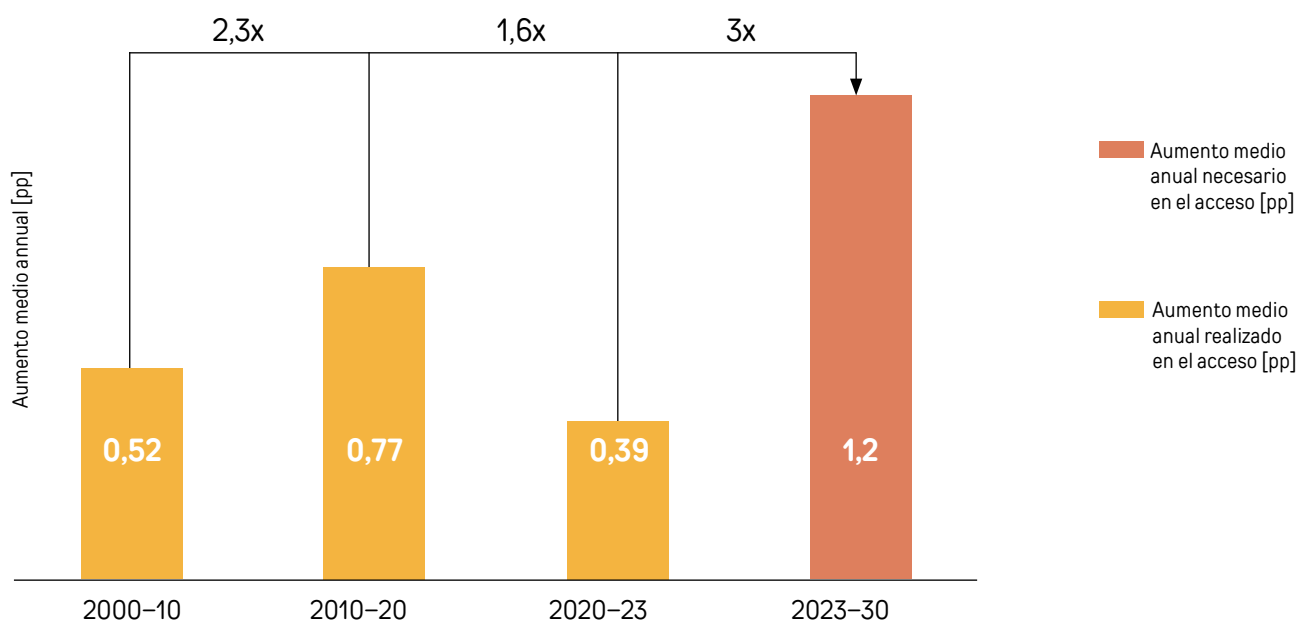


Figura 3. Promedio anual de aumento del acceso a la energía eléctrica, 2000-2023.

Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

Desde el punto de vista regional, hubo ganancias netas globales de 73,1 millones de nuevas personas atendidas por año entre 2021 y 2023, ligeramente por encima del crecimiento poblacional medio de 68,5 millones de personas por año. En África subsahariana, sin embargo, la incorporación anual de 30,2 millones de personas con acceso superó marginalmente el incremento

demográfico de 29,2 millones/año, lo que ayuda a explicar la baja tasa de acceso en la región –en algunos países apenas por encima de 50% de la población– y el estancamiento relativo del indicador regional, como muestra la **Figura 4**. No obstante, Asia Central y Meridional redujo su participación en el déficit global de 36% en 2010 a 4% en 2023, apoyada en el aumento de la renta y la expansión de redes.

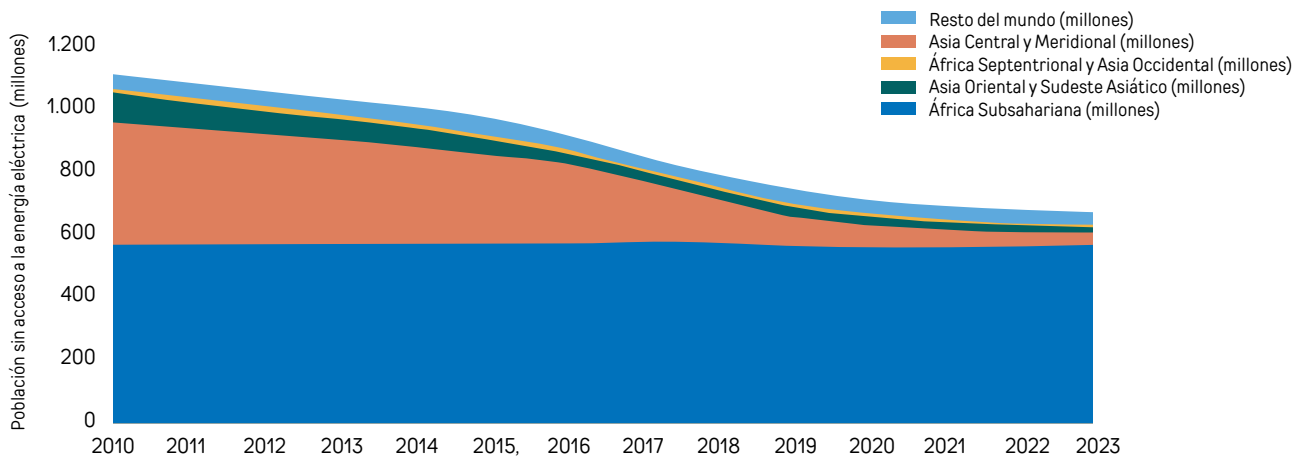


Figura 4. Población sin acceso a la energía eléctrica por región, 2010-2023.

Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

Un indicador fundamental para comprender la exclusión energética es la espacialización de la población a partir del clivaje urbano-rural¹. A nivel global, la tasa de acceso en el medio urbano varió de 96% en 2010 a 97,8% en 2023, como se ilustra en la **Figura 5**.

ÁREA URBANA

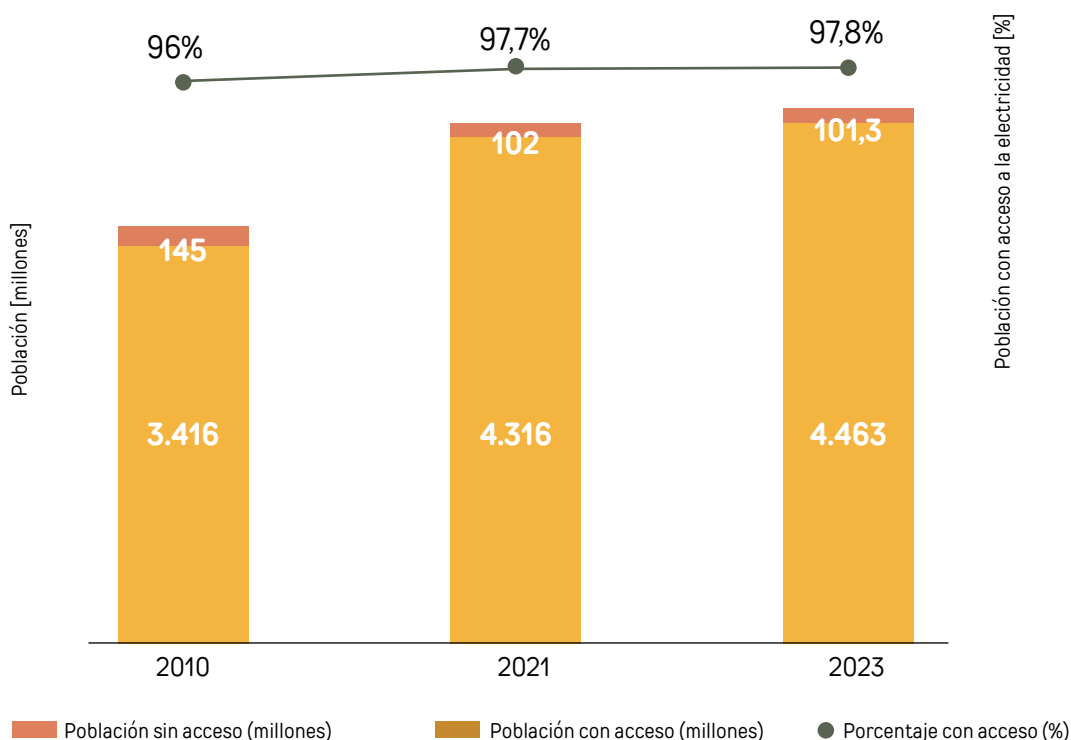


Figura 5. Población global con y sin acceso a la energía eléctrica en área urbana, 2010–2023.

Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

En el medio rural, el avance fue de 73% a 84% en el mismo período, como se muestra en la **Figura 6**. Población global con y sin acceso a la energía eléctrica en área rural, 2010–2023 (The World Bank 2025c). En términos absolutos, en el período considerado, la población urbana con acceso creció en mil millones, mientras que la población rural con acceso aumentó en 480 millones, resultando en la disminución de la exclusión eléctrica rural de 886 millones a

¹ Siempre que se la trate como puerta de entrada y se complemente con métricas de densidad, accesibilidad, dispersión y centralidad, incluyendo la accesibilidad temporal (tiempo hasta servicios esenciales/mercados) y la distancia a la infraestructura (subestaciones, vías navegables, puntos de conexión), y añadiendo indicadores de vulnerabilidad socioeconómica y cobertura de servicios (electrificación, internet, agua). Además, en el contexto amazónico, es necesario considerar barreras ambientales y estacionales (crecida/estiaje, navegabilidad) que reconfiguran la espacialización efectiva. Este tipo de tratamiento evita sesgos de la dicotomía y mejora el poder explicativo para el diseño y la priorización de políticas públicas, como electrificación, conectividad, agua potable, salud, entre otras.

ÁREA RURAL

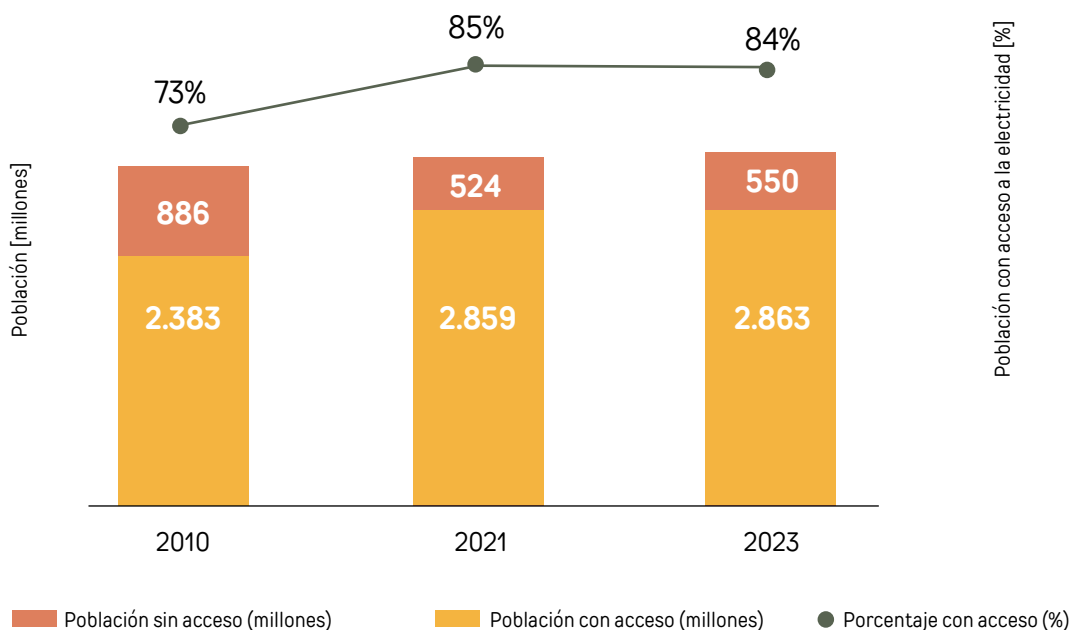


Figura 6. Población global con y sin acceso a la energía eléctrica en área rural, 2010–2023.

Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

550 millones de personas entre 2010 y 2023. Aun así, en África subsahariana la exclusión rural creció de 376 millones a 451 millones en el período, mientras que, en Asia Central y Meridional, la exclusión rural cayó abruptamente de 383 millones a 25,6 millones. En el medio urbano, la exclusión global se redujo de 145 millones a 101 millones entre 2010 y 2023, incluso frente al crecimiento de la migración rural–urbana, es decir, se redujo tanto la exclusión previamente existente como la exclusión potencial asociada al aumento poblacional urbano. Esta

fuerte contribución fue particularmente marcada en Asia Central y Meridional, que redujo su exclusión urbana de 31 millones a un millón.

Al observar la exclusión por países, los contrastes se vuelven aún más marcados. En 2023, 18 de los 20 países con mayores déficits absolutos de acceso estaban localizados en África subsahariana; los dos restantes eran Pakistán y Myanmar, situados en el sur y el sudeste de Asia, respectivamente, como se presenta en la **Figura 7**.

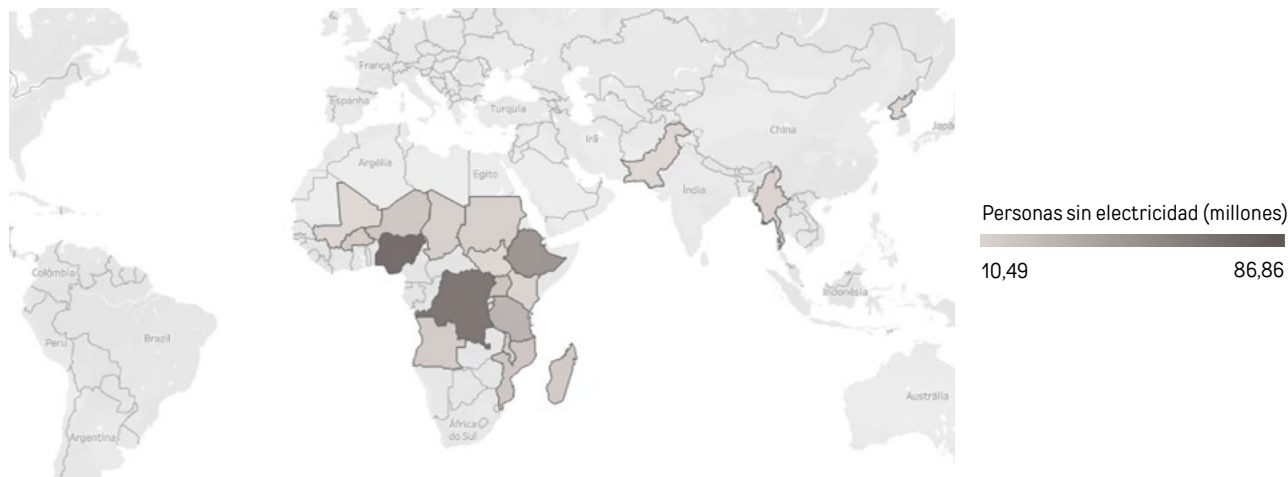


Figura 7. Veinte países con el mayor número de personas sin acceso a la energía eléctrica.

Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

Solo tres países –Nigeria (86,9 millones), República Democrática del Congo (79,6 millones) y Etiopía (56,4 millones)– concentraron un tercio de la exclusión global. En términos relativos, algunos países presentan tasas superiores a 80% de la población sin acceso a la electricidad, como Malawi (84,4%), Chad (88%) y Burundi (88,4%). El caso más extremo es el de Sudán del Sur, donde 94,6% de la población permanece sin acceso, configurando la mayor tasa de exclusión energética del mundo, como muestra la **Tabla 3**.

2.2 EXCLUSIÓN ELÉCTRICA EN AMÉRICA LATINA Y LA REGIÓN PANAMAZÓNICA

En América Latina y el Caribe (ALC), se registraron avances significativos en el acceso a la electricidad desde comienzos de los años 2000. La proporción de hogares con acceso pasó de 87,7% en 2000 a 97,1% en 2023, como muestra la **Figura 8** (IEA 2025a; The World Bank 2025c).

Tabla 3. Países con mayor número absoluto de personas sin acceso a la energía eléctrica.

Región	País	Población sin acceso [millones]	% del total global	% acumulada del total global	% de la población sin acceso a la energía eléctrica
África	Nigeria	86,9	13,0%	13,0%	38,8
África	RDC	79,6	11,9%	25,0%	77,9
África	Etiopía	56,3	8,5%	33,4%	44,6
África	Tanzania	34,9	5,2%	38,7%	51,7
África	Uganda	23,5	3,5%	42,2%	48,5
África	Níger	21,7	3,3%	45,5%	79,9
África	Mozambique	21,7	3,3%	48,7%	64,4
África	Madagascar	18,4	2,8%	51,5%	60,6
África	Burkina Faso	18,2	2,7%	54,2%	78,3
África	Angola	17,9	2,7%	56,9%	48,9
África	Malawi	17,7	2,7%	59,6%	84,4
África	Sudán	16,4	2,5%	62,0%	34,0
África	Chad	16,1	2,4%	64,4%	88,0
África	Kenia	13,1	2,0%	66,4%	23,8
Asia	Myanmar	12,7	1,9%	68,3%	23,2
África	Burundi	11,7	1,8%	70,1%	88,4
Asia	Pakistán	10,7	1,6%	71,7%	4,5
África	Mali	10,6	1,6%	73,3%	45,5
África	Sudán del Sur	10,5	1,6%	74,8%	94,6
África	Zambia	10,0	1,5%	76,3%	48,9
	Resto del mundo	157,6	23,7%	100,0%	2,0

Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

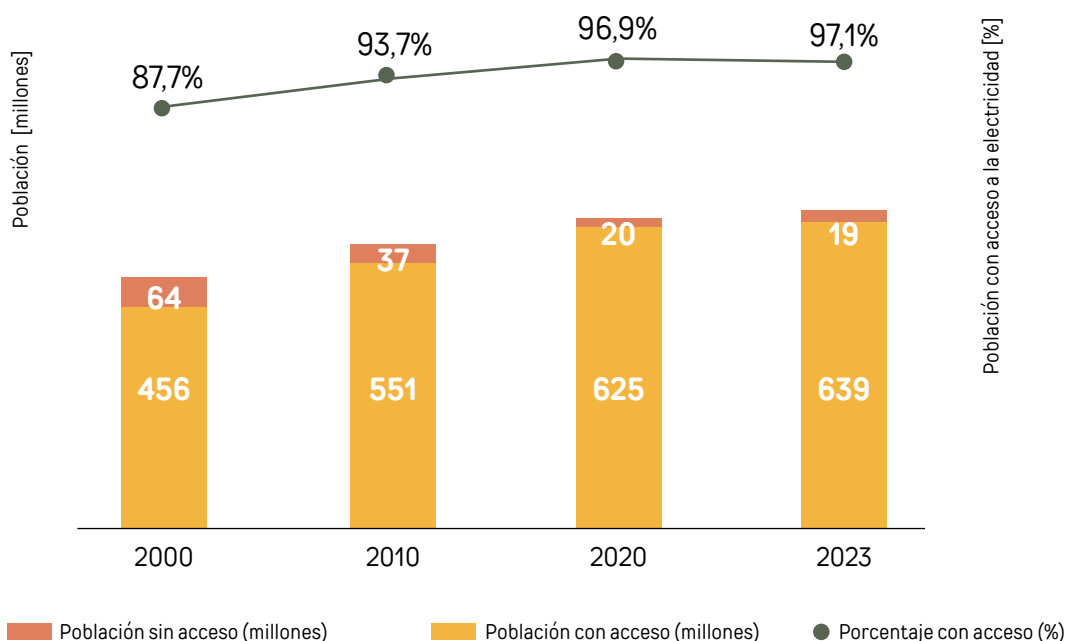


Figura 8. Personas con y sin acceso a la energía eléctrica en el mundo, 2010-2023.

Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

No obstante, los datos agregados pueden ocultar disparidades significativas entre subregiones y países, así como entre diferentes grupos sociales. Factores geográficos, renta e origen étnico configuran factores determinantes de las desigualdades en el acceso a la energía eléctrica.

Desde el punto de vista territorial, los países de la ALC presentan contrastes marcados en el acceso a la energía eléctrica. Chile y Cuba ya alcanzaron la universalización,

con 100% de la población atendida. Venezuela, Brasil, Argentina, Uruguay, Paraguay y Costa Rica registran las menores tasas de exclusión eléctrica, que varían entre 0,1% y 0,4% de la población. En contrapartida, en parte de la ALC, la situación es considerablemente más desafiante. En 2023, aproximadamente 10,4% de la población de Guatemala, 12,8% de Honduras y 52,1% de Haití todavía permanecían sin acceso a la electricidad, como muestra la **Figura 9** (IEA 2025a; The World Bank 2025c).

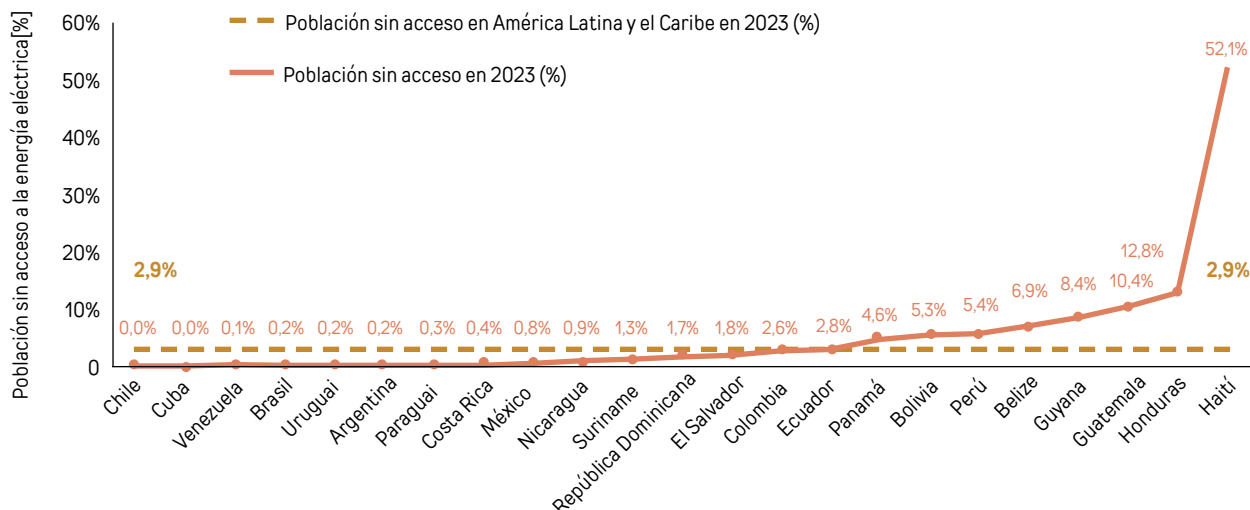


Figura 9. Indicador de exclusión eléctrica en los países de la ALC en 2023. Fuente: Datos del Banco Mundial (2025c) e IEA (2025).

En lo que se refiere a las desigualdades según el área geográfica en la clivaje urbano–rural, se observa que, como se indica en la **Figura 10**, la evolución del acceso a la electricidad en áreas urbanas muestra avances consistentes entre 2000 y 2023. En 2000, la tasa de acceso a la electricidad en áreas urbanas de la ALC era de 97,2%, correspondiendo a 386 millones de personas atendidas y 11 millones aún sin acceso. En 2010, el contingente de

ÁREA URBANA

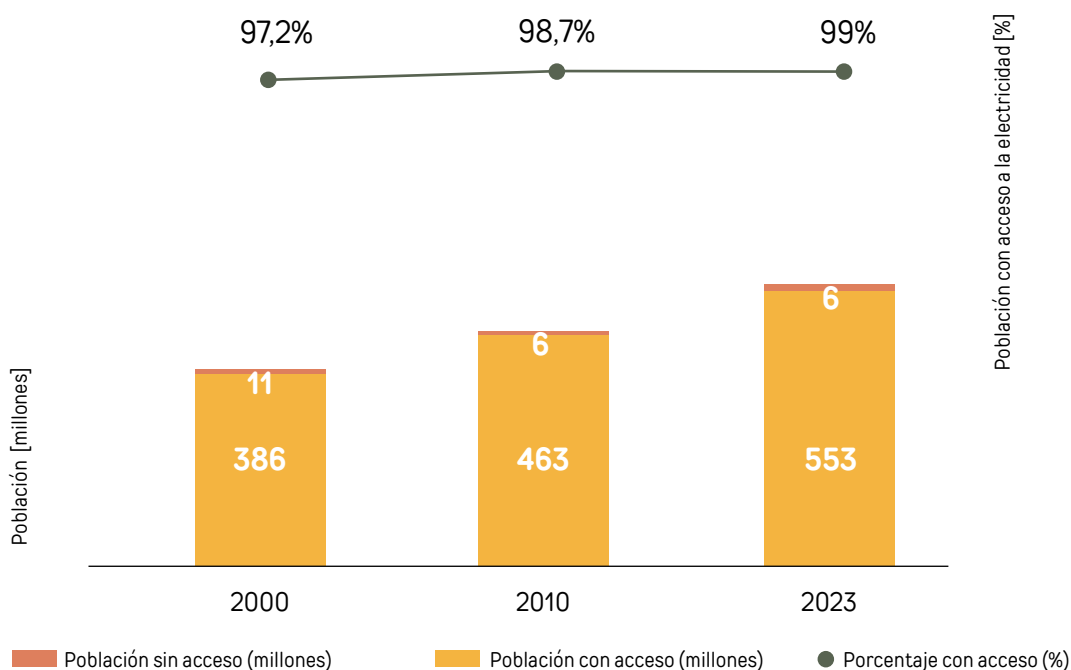


Figura 10. Población de la ALC con y sin acceso a la energía eléctrica en área urbana, 2000–2023.

Fuente: CEPALSTAT – Portal de Datos y Publicaciones Estadísticas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2025).

personas con acceso aumentó a 463 millones, mientras que la exclusión cayó a 6 millones de habitantes urbanos, elevando la tasa de cobertura a 98,7%. En 2023, los indicadores señalaron nuevos avances, con 553 millones de personas en áreas urbanas con acceso a la electricidad y solo 6 millones que permanecían excluidas. Como resultado, la tasa de cobertura alcanzó 99%, prácticamente universalizando el servicio en el medio urbano.

En el caso de las áreas rurales, la exclusión en el período analizado es relativamente mayor que en las áreas urbanas,

como muestra la **Figura 11**. En 2000, la tasa de acceso a la electricidad en las áreas rurales era de 66,5%, lo que correspondía a 43 millones de personas sin acceso. En 2010, se observó una mejora significativa, la tasa de cobertura subió a 81,8%, evidenciando un avance expresivo en el período con 105 millones de personas rurales con acceso, pero 23 millones que permanecían excluidas. En 2023, la tasa de cobertura alcanzó 89,8%, consolidando la tendencia positiva de expansión, aunque sin lograr la universalización, dado que 13 millones de personas aún permanecían sin atención.

ÁREA RURAL

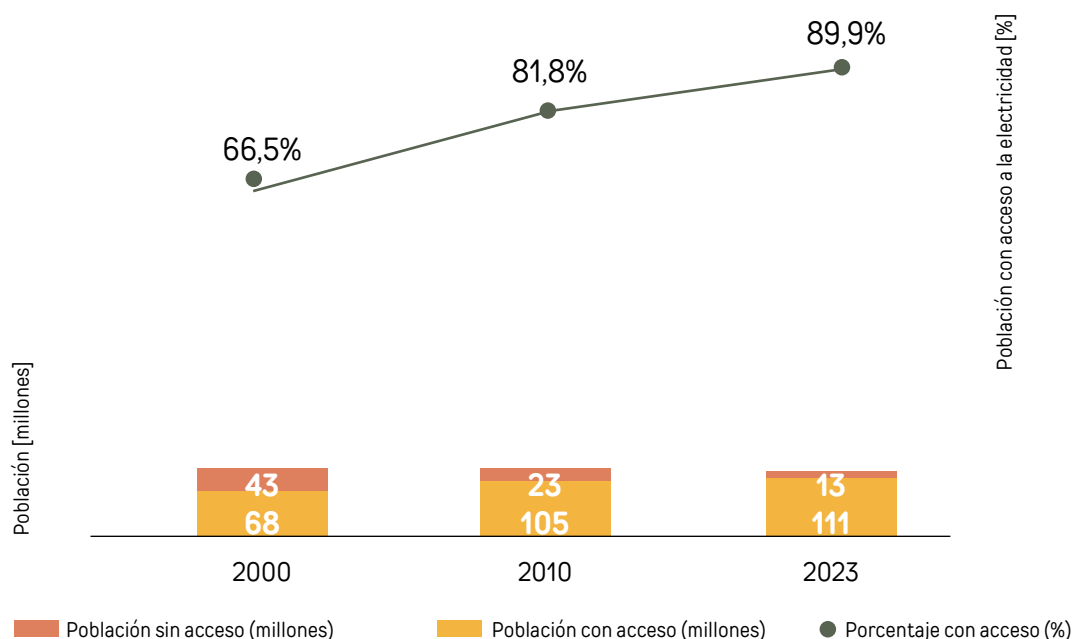


Figura 11. Población de la ALC con y sin acceso a la energía eléctrica en área rural, 2000–2023. Fuente: CEPALSTAT (2025).

Estas cifras evidencian que, mientras la universalización del acceso a la electricidad en áreas urbanas de la ALC se encuentra prácticamente consolidada, con tasas superiores a 99% en 2023 y 6 millones de personas aún excluidas, en el medio rural la exclusión permanece más acentuada, con aproximadamente 13 millones de personas sin acceso, alrededor de 10 pp por debajo de la observada en áreas urbanas. Esta disparidad confirma que la exclusión eléctrica en la región asume un carácter predominantemente rural y refuerza la necesidad de estrategias específicas para comunidades aisladas, donde la expansión convencional de redes tiende a no ser la solución más costo-efectiva.

Al analizar las desigualdades de acceso por grupos poblacionales², los datos presentados en la **Figura 12** indican avances significativos en el período 2000–2023, aunque persisten desigualdades relevantes en algunos grupos. Entre los Pueblos indígenas, la proporción de la población sin acceso se redujo de 28,6% en 2000 a 10,5%

en 2023, una tasa de reducción anual de 4%. A pesar de la reducción constante, este grupo sigue presentando los niveles más altos de exclusión energética relativa.

Entre la población afrodescendiente, la exclusión se redujo de 11,1% en 2000 a 2,4% en 2023, lo que representa uno de los avances más expresivos del período: la mayor tasa anual de reducción, 6% al año (a.a.), entre los grupos analizados, con una fuerte reducción de las desigualdades en relación con el promedio regional.

En los demás grupos poblacionales, la exclusión pasó de 10,1% en 2000 a 2,8% en 2023. Considerando el conjunto de la población, la exclusión eléctrica se redujo de 13,2% en 2000 a 4,0% en 2023. Estos resultados confirman la tendencia de reducción de la exclusión energética en la región, pero también evidencian la permanencia de desigualdades estructurales, sobre todo entre Pueblos indígenas, que siguen siendo el grupo más vulnerable en términos de acceso universal a la energía eléctrica.

² Solo diez países de la región incluyen, en sus encuestas de hogares –fuente de los datos para este indicador–, una pregunta específica sobre origen étnico. Esta limitación metodológica debe considerarse en la interpretación de los resultados, puesto que algunos grupos pueden variar considerablemente en la región.

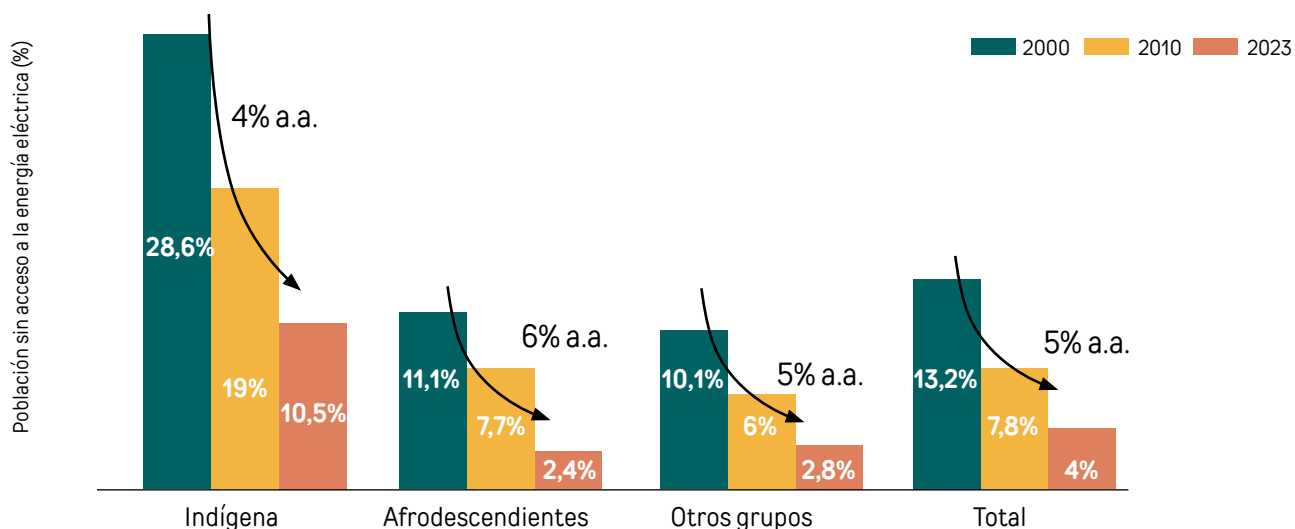


Figura 12. Proporción de la población indígena, afrodescendiente, otros grupos y total poblacional sin acceso a la electricidad en LAC, 2000–2023. Fuente: CEPALSTAT (CEPAL 2025).

El análisis de la exclusión eléctrica por franjas de renta evidencia la persistencia de desigualdades estructurales, aunque los avances entre 2000 y 2023 hayan sido significativos, como muestra la **Figura 13**. En 2000, la exclusión alcanzaba 29,3% de los 20% más pobres (Quintil 1), mientras que, entre los 20% más ricos (Quintil 5), la exclusión era de 1,7%. En el período, todas las franjas registraron reducciones expresivas, de 5% a 3% a.a., con descensos más acentuados en los estratos de menor renta. En 2023, la exclusión entre los más pobres retrocedió a 8,2%, es decir, una reducción superior a 20 pp en relación con el inicio de la serie. En las franjas intermedias, la

exclusión se redujo a 4,4% (Quintil 2) y 2,6% (Quintil 3). En los grupos de mayor renta, los indicadores se aproximaron a la universalización: 1,6% en el Quintil 4 y 0,8% en el Quintil 5.

Estos resultados confirman una tendencia general de reducción de la exclusión eléctrica en todas las franjas de renta, pero muestran que la desigualdad persiste de forma más acentuada entre los segmentos más pobres de la población. En 2023, la exclusión eléctrica de los 20% más pobres todavía era diez veces superior a la observada entre los 20% más ricos, evidenciando la fuerte correlación entre renta y acceso a la energía eléctrica.

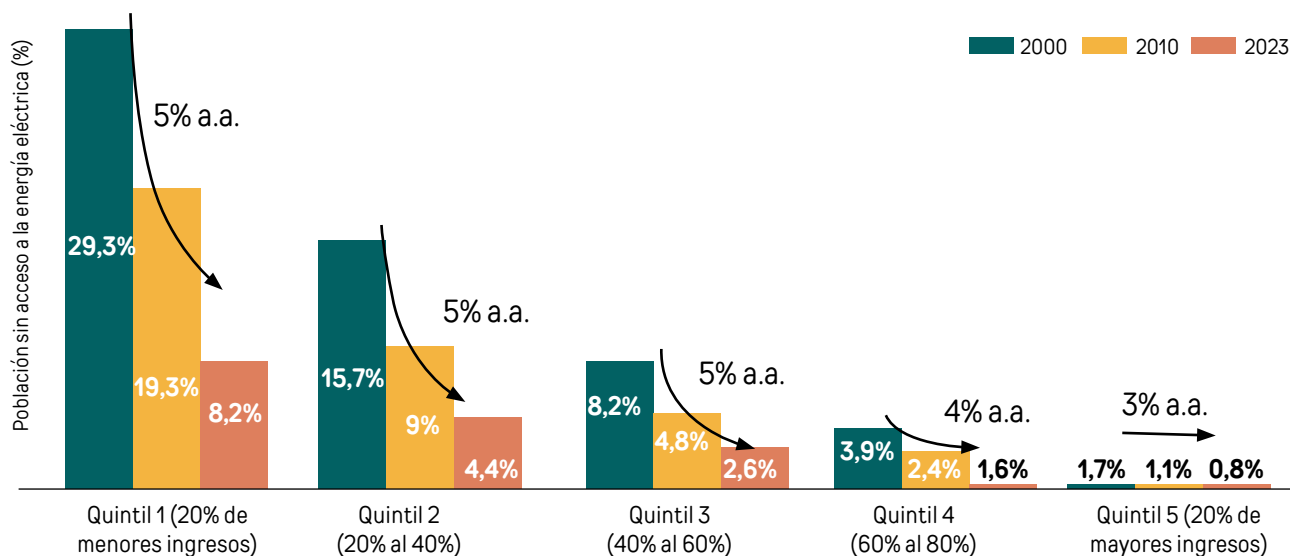


Figura 13. Proporción de la población por franja de renta sin acceso a la electricidad en LAC, 2000–2023. Fuente: CEPALSTAT (CEPAL 2025).

En los países de la Región Panamazónica, aunque las tasas de cobertura eléctrica varían entre 91,6% y 99,9% –en su mayoría en torno a la tasa global de 91,7%, con excepción de Guyana (91,6%)–, aún persisten disparidades significativas, como se ilustra en la **Figura 14**. Se estima que aproximadamente cinco millones de personas permanecen sin acceso a la energía eléctrica en la región (CEPAL 2025).

En términos relativos, Guyana, Perú y Bolivia presentan las menores tasas de electrificación entre los países panamazónicos, con 91,6%, 94,6% y 94,7%, respectivamente, lo que representa aproximadamente 2,6 millones de personas sin acceso a la electricidad. En valores absolutos, los mayores contingentes de exclusión se concentran en Perú y Colombia, con 1,8 millones y 1,4 millones de personas sin acceso a la energía eléctrica, como muestra la **Tabla 4**. En Brasil, aunque la tasa oficial de cobertura sea de 99,8% –correspondiente a cerca de 400 mil personas (CEPAL 2025), seis veces más que el total de Guyana–, se estima que aproximadamente un millón de personas aún no tienen acceso a los servicios públicos de electricidad (IEMA (Instituto de Energía y Medio Ambiente) 2020).

El análisis integrado de los indicadores de acceso a la electricidad evidencia que la exclusión energética en la ALC es heterogénea y se distribuye de forma desigual según dimensiones territoriales, socioeconómicas y étnicas.

Desde el punto de vista espacial y geográfico, las áreas urbanas alcanzaron niveles cercanos a la universalización, con cobertura de 99% en 2023, quedando alrededor de 6 millones de personas sin acceso. En el medio rural, aunque se hayan producido avances significativos, la cobertura pasó de 66,5% en 2000 a 89,8% en 2023, y aún permanecen aproximadamente 13 millones de personas excluidas, lo que confirma que la desigualdad en el acceso a la energía es predominantemente rural.

Desde la óptica socioeconómica, el análisis de las franjas de renta, por quintiles, demuestra que, en 2023, la exclusión entre los 20% más pobres (Quintil 1) todavía era diez veces superior a la observada entre los 20% más ricos (Quintil 5), 8,2% frente a 0,8%. A pesar de la reducción superior a 20 pp entre 2000 y 2023 en el Quintil 1, la renta continúa siendo un factor determinante del acceso, reproduciendo asimetrías sociales históricas.

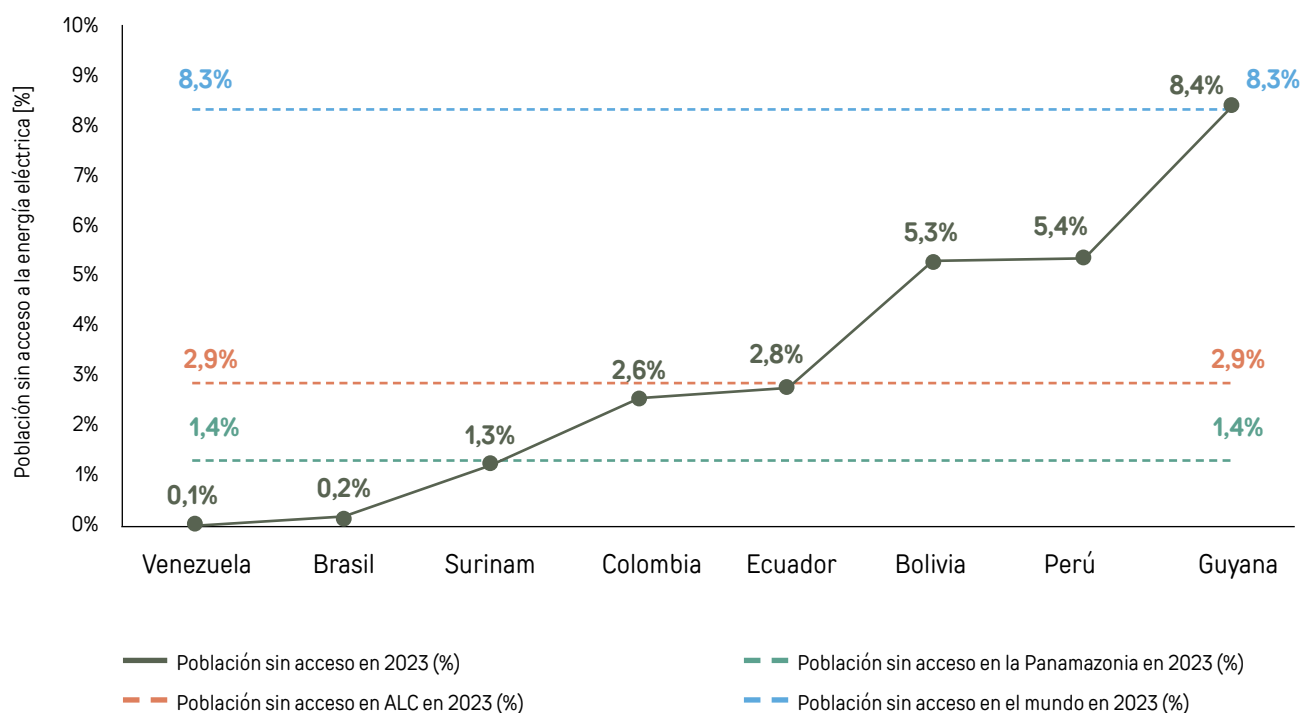


Figura 14. Tasa de exclusión del acceso a la energía eléctrica en los países de la Región Panamazónica en 2023.

Fuente: CEPALSTAT (CEPAL 2025) y Banco Mundial (2025c).

Tabla 4. Datos de población y acceso a la electricidad en los países de la Región Panamazónica en 2023.

País	Población [millones]	Población sin acceso a la electricidad [millones]	Tasa de acceso a la electricidad [%]
Venezuela	28,301	0,028	99,9%
Brasil	211,141	0,422	99,8%
Surinam	0,629	0,008	98,7%
Colombia	52,321	1,360	97,4%
Ecuador	17,980	0,503	97,2%
Bolivia	12,244	0,649	94,7%
Perú	33,846	1,828	94,6%
Guyana	0,826	0,069	91,6%
Total	357,288	4,869	98,6%

Fuente: The World Bank (2025c).

Desde el punto de vista étnico, la exclusión también presenta patrones desiguales. Entre la población que se identifica como indígena, 10,5% permanecían sin acceso en 2023, frente a solo 2,4% entre afrodescendientes y 2,8% en los demás grupos, lo que evidencia la vulnerabilidad persistente de las poblaciones indígenas y tradicionales, que se suma a los desafíos estructurales de localización geográfica y de menor renta per cápita.

Por lo tanto, la desigualdad en el acceso a la electricidad en la región se debe a un conjunto de factores que se superponen: residir en áreas rurales remotas, pertenecer a

los estratos de menor renta e integrar poblaciones indígenas aumenta significativamente la probabilidad de exclusión energética. Estos resultados refuerzan la necesidad de políticas públicas integradas que articulen estrategias territoriales, sociales y culturales para superar los múltiples determinantes de la exclusión eléctrica.

Así, incluso en los países que presentan altas tasas de cobertura y están cerca de la universalización, persisten focos críticos de exclusión eléctrica, lo que evidencia la necesidad de políticas focalizadas para superar desigualdades históricas y garantizar el acceso universal efectivo.



3

*INICIATIVAS DE
PROYECTOS Y DE
POLÍTICAS PÚBLICAS
DE ACCESO A LA
ENERGÍA ELÉCTRICA*

Como ya se ha abordado, el acceso a la energía debe contar con un servicio energético capaz de garantizar todas las demandas energéticas sociales – individuales y comunitarias – y económicas en los ámbitos domiciliario, productivo y comunitario (ESMAP 2014).

En este contexto, la implementación de políticas públicas de Estado es fundamental para enfrentar la exclusión energética, especialmente en países y regiones de bajos ingresos o con bajo Índice de Desarrollo Humano (IDH), donde los desafíos estructurales y las restricciones institucionales dificultan la universalización del acceso. Estas políticas deben estructurarse a largo plazo, con continuidad de gobernanza y administrativa, garantizando previsibilidad y coherencia regulatoria.

También desempeñan un papel central las iniciativas de cooperación con instituciones multilaterales e

internacionales, como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Agencia Internacional de Energía (IEA), la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) y las agencias de la ONU (Organización de las Naciones Unidas).

Estas entidades apoyan técnica y financieramente proyectos de electrificación en territorios vulnerables, por medio de líneas de crédito concesionales e incluso no reembolsables, garantías de riesgo, asistencia técnica y arreglos de gobernanza para la ejecución descentralizada (IADB 2018; The World Bank 2025b), reduciendo las asimetrías regionales y alineando los esfuerzos locales con las metas del ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7), con la combinación entre políticas públicas nacionales y apoyo internacional, acelerando la universalización del acceso, al mismo tiempo que reduce las desigualdades regionales (ESMAP 2022c).

Tabla 5. Características de los instrumentos técnicos de acceso a la energía eléctrica.

TIPO DE SISTEMA	CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS TÉCNICOS DE ACCESO
Electrificación por red	Expansión de la red eléctrica convencional para conectar nuevos domicilios o comunidades, garantizando suministro continuo por medio de la infraestructura centralizada de generación, transmisión y distribución.
Electrificación por minired	Implantación de sistemas locales de generación y distribución, generalmente a partir de fuentes renovables, que atienden comunidades aisladas o distantes de la red principal, con capacidad de operar de forma autónoma.
Sistemas fuera de la red	Soluciones descentralizadas individuales, como sistemas solares domiciliarios, diseñadas para proveer servicios básicos de electricidad en áreas remotas donde la expansión de la red o de miniredes es económicamente inviable.
Generación y transmisión transfronteriza	Proyectos de generación y líneas de transmisión que conectan países vecinos, permitiendo el intercambio de energía eléctrica, aumentando la confiabilidad del sistema y optimizando el uso de recursos energéticos regionales.
Transmisión y distribución	Fortalecimiento y modernización de la infraestructura de transporte y distribución de electricidad, reduciendo pérdidas técnicas y comerciales, ampliando la confiabilidad y viabilizando nuevas conexiones.
Segregación de alimentadores rurales	Separación técnica entre alimentadores de energía destinados a áreas rurales y urbanas, posibilitando mayor control de la calidad del suministro, priorización de carga y reducción de pérdidas en regiones agrícolas.
Eficiencia energética	Conjunto de medidas y tecnologías para reducir el consumo de energía manteniendo el nivel de servicio, incluyendo modernización de equipos, sistemas de gestión de la demanda y uso de tecnologías más eficientes.
Regulación y reforma de mercado	Perfeccionamiento del marco regulatorio y reestructuración del mercado eléctrico para incentivar inversiones, promover competencia, garantizar transparencia y asegurar la inclusión de soluciones descentralizadas en el sector eléctrico.

Fuente: basado en los trabajos de Silva et al. (2022; 2021, 2024), IEMA (Instituto de Energía y Medio Ambiente) (2023), IEI (2022), Ribeiro et al. (2024), ESMAP (2014) y Bhatia y Angelou (2015).

Las políticas públicas de acceso a la energía pueden clasificarse en diferentes etapas de instrumentalización, desde programas de primer acceso, orientados a conectar a las poblaciones aún excluidas, hasta políticas y proyectos orientados al acceso pleno, que aseguran continuidad, calidad y confiabilidad del suministro.

Los instrumentos, sistematizados en la **Tabla 5**, incluyen: (i) refuerzo y expansión de la generación, transmisión y distribución existentes; (ii) la expansión de redes de distribución, priorizando regiones periurbanas y rurales más densas; (iii) la implantación de minirredes comunitarias – como los (Microsistemas Aislados de Generación y Distribución de Energía Eléctrica

MIGDI) – en áreas aisladas; y (iv) la difusión de sistemas individuales de generación – como los Sistemas Individuales de Generación con Fuentes Intermitentes (SIGFI) – atendiendo individualmente a cada unidad consumidora; y (v) instrumentos indirectos de acceso a partir de programas de eficiencia energética y regulación de mercados.

La diversidad de modelos busca adaptarse a las características territoriales y socioeconómicas de las comunidades, combinando soluciones de menor costo con fuentes renovables descentralizadas, garantizando equidad y eficiencia en la ejecución de las políticas de electrificación (Ferreira and Silva 2021).

Tabla 6. Impactos de los instrumentos técnicos en el acceso a la energía eléctrica.

Acceso	Tipo de sistema	Conexión a la red eléctrica	Legalidad	Capacidad de punta (W)	Disponibilidad (h)	Suministro nocturno	Calidad (V)	Confiabilidad (interrupciones)	Accesibilidad económica
1º Acceso	Electrificación por red								
	Electrificación por minirred								
	Sistemas fuera de la red y lámparas solares								
Ampliación del acceso	Generación y transmisión transfronteriza								
	Transmisión y distribución								
	Segregación de alimentadores rurales								
Indirecto	Eficiencia energética								
	Regulación y reforma de mercado								

Fuente: evaluación de los autores basada en los trabajos de Silva et al. (2022; 2021, 2024), IEMA (Instituto de Energía y Medio Ambiente) (2023), WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) (2022), IEI (2022), Ribeiro et al. (2024), ESMAP (2014) y Bhatia y Angelou (2015), REC (2025b, 2025a).

Estas políticas, además de ampliar el acceso, fortalecen la producción local, mejoran los servicios públicos y promueven la integración con políticas sociales más amplias de educación, salud y desarrollo productivo (IEMA (Instituto de Energía y Medio Ambiente) 2023; Silva et al. 2024). El impacto de los diferentes instrumentos de acceso a la energía eléctrica está sistematizado en la **Tabla 6**, en la cual el color naranja indica impacto nulo, el verde claro representa bajo impacto y el verde oscuro alto impacto.

3.1 INICIATIVAS INTERNACIONALES DE PROYECTOS DE ACCESO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA

3.1.1 Programas e iniciativas internacionales de acceso a la energía eléctrica

Diversos programas internacionales han desempeñado un papel central en la universalización del acceso a la energía. El *Integrated Electrification Strategies and Planning* (IESP), coordinado por el Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP)³, presta asistencia técnica y operativa a los gobiernos para la elaboración de planes nacionales de electrificación de menor costo (*least-cost*), utilizando modelos geoespaciales para integrar soluciones de red convencional de distribución, minirredes y sistemas fuera de la red (*off-grid*), cronogramas de implementación, modalidades de ejecución y planes de financiamiento estructurados. La meta es que al menos 50 países adopten oficialmente estas estrategias hasta 2030, en un contexto en que 63 países aún tienen más de medio millón de personas sin acceso a la electricidad (ESMAP 2022c).

El IESP se estructura en cinco pilares: (i) apoyo técnico-operativo para la planificación geoespacial y carteras de minirredes; (ii) perfeccionamiento de la *Global Electrification Platform*; (iii) definición de estándares de datos para planificación; (iv) capacitación de gobiernos, academia y actores sectoriales; y (v) análisis geoespaciales orientados a emergencias de salud pública, como la COVID-19 (ESMAP 2022c).

Paralelamente, el programa *Off-Grid Solar/Lighting Global* expande soluciones solares descentralizadas para regiones remotas, utilizando linternas solares y sistemas domésticos.

El programa busca asegurar precios asequibles al promover entornos regulatorios favorables, establecer estándares de calidad, desarrollar modelos de subsidios, estimular la participación del sector privado y difundir mecanismos de financiamiento como el *pay-as-you-go* (PAYG) – modelos prepago en los que el consumidor compra cuotas de uso, en contraste con el modelo tradicional de facturación posconsumo (ESMAP 2022b).

Entre las experiencias se destacan: el *Africa Regional Geospatial Planning Support Facility*, que apoyó a Angola, Benín, Burkina Faso, Somalia y Tanzania; el *Access to Distributed Electricity and Lighting ADELE Project*, en Etiopía, mayor intervención del Banco Mundial en electrificación descentralizada (US\$ 375 millones, 700 minirredes y 5 millones de beneficiarios); y el *Liberia Electricity Sector Strengthening and Access Project* (LESSAP), en Liberia, que busca universalizar el acceso hasta 2030, atendiendo a más de un millón de domicilios, con un tercio vía minirredes y sistemas solares (ESMAP 2022c).

Además, el IESP actúa en países como Pakistán y Nigeria, reduciendo los plazos de implementación y apoyando la electrificación rural de centros de salud. Otros proyectos fueron financiados en países como Chad, Mauritania, República del Congo, Malawi, Somalia, Somalilandia, Zambia, Botsuana, Mozambique, Sierra Leona y Uganda (ESMAP 2022c).

3.1.2 Indicadores y métricas de iniciativas internacionales de acceso a la energía eléctrica

La métrica tradicional – binaria – de acceso, basada solo en la presencia o ausencia de conexión a la red, no capta su naturaleza multidimensional. Las deficiencias en el suministro reducen la utilidad de la electricidad, crean barreras económicas que limitan su uso y permiten el establecimiento de conexiones ilegales, generando pérdidas y riesgos para la salud y el bienestar de las personas. Por ello, el acceso debe incluir también soluciones fuera de la red, como sistemas autónomos (*off-grid*) y minirredes, contabilizados de acuerdo con la cantidad y calidad de la energía suministrada.

En este contexto, ESMAP (2014) desarrolló el enfoque multinivel, que amplía la métrica tradicional al evaluar

³ El *Energy Sector Management Assistance Program* (ESMAP), en alianza con el Banco Mundial y más de 20 instituciones, apoya a países en desarrollo a partir de asesoría técnica y financiamiento para acelerar la transición energética y garantizar el cumplimiento del ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7) (ESMAP 2022a).

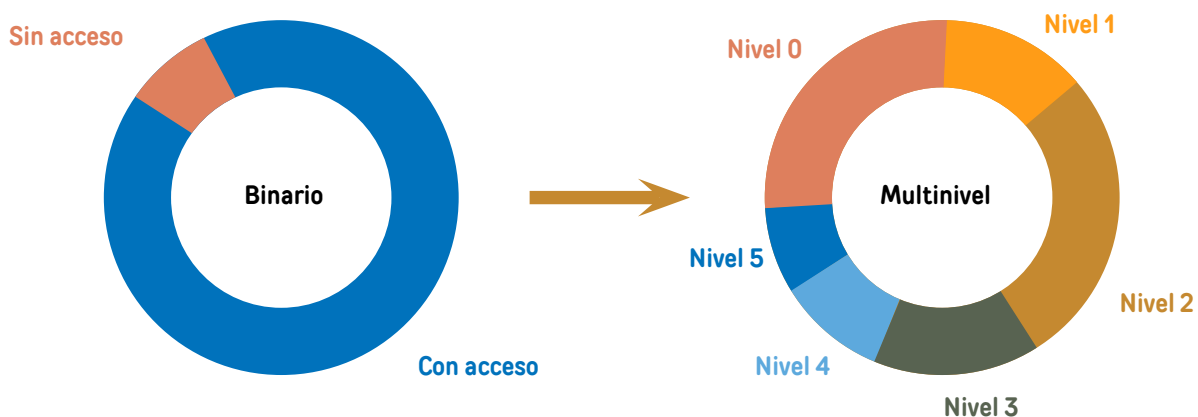


Figura 15. Estructura de la comprensión y clasificación del acceso a la energía eléctrica.
Fuente: adaptado de (ESMAP 2014).

Tabla 7. Matriz multinivel para medir el acceso al suministro de energía eléctrica.⁴

Atributos	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Capacidad	Sin energía	1-50 W	50-500 W	500-2.000 W	>2.000W	
Disponibilidad (duración)	<4h	4-8h		8-16h	16-22h	>22h
Confiabilidad	Interrupciones no programadas				Sin interrupciones no programadas	
Calidad	Baja calidad			Buena calidad		
Accesibilidad	No accesible económicamente		Accesible económicamente			
Legalidad	No legal / en situación irregular			Legal / en conformidad regulatoria		
Salud y Seguridad	No conveniente				Conveniente	

Fonte: adaptado de ESMAP (2014).

⁴ Tabla completa en el ANEXO 1.

el acceso a partir de niveles sucesivos, como ilustra la **Figura 15** y sistematiza la **Tabla 7**, definidos por atributos del suministro: capacidad; disponibilidad (duración); confiabilidad; calidad; accesibilidad económica; legalidad; salud y seguridad. Este enfoque supera las limitaciones de las métricas tradicionales y orienta políticas e inversiones orientadas al cumplimiento de la meta del ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7).

Un cuadro multinivel para medir el acceso a servicios de electricidad complementa la matriz de suministro al evaluar los equipos y electrodomésticos disponibles en el domicilio. Este enfoque evidencia que un mismo domicilio puede presentar niveles distintos de suministro y de servicios, como la presencia de electrodomésticos incluso en condiciones precarias de suministro o, por el contrario, su ausencia en contextos de suministro adecuado. De forma complementaria, considera también el consumo de electricidad, en relación directa con los niveles de servicios recibidos, definido por niveles anuales y diarios basados en horas indicativas de uso de equipos domésticos, según se demuestra en la **Tabla 8**.

El enfoque multinivel, por lo tanto, permite evaluar el acceso a la electricidad de forma amplia, considerando suministro, servicios y consumo. Esta perspectiva evidencia que los domicilios pueden tener clasificaciones distintas en cada dimensión, ofreciendo una visión más completa que la métrica binaria. La **Tabla 9** presenta el análisis y las limitaciones de la aplicación del enfoque multinivel.

Los proyectos de generación, transmisión y distribución tienen un papel central en la elevación de los niveles de acceso. Al corregir los déficits de calidad y ampliar la disponibilidad, permiten que los domicilios avancen de niveles bajos (1 a 3) a niveles más altos (3 a 5). Las inversiones en transmisión y distribución refuerzan la confiabilidad, reducen pérdidas y viabilizan nuevas conexiones, sosteniendo el crecimiento de la demanda. Esto permite que unidades no conectadas (niveles 0 a 2) ingresen a la red y que las ya conectadas obtengan mayor confiabilidad y accesibilidad económica, conforme los niveles demostrados en las **Tablas 7 y 8**.

Tabla 8. Matriz multinivel para medir el acceso a los servicios y el consumo de electricidad domiciliaria.

Atributos	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Criterio de nivel	Sin energía	Iluminación básica y carga de celular	Iluminación general, carga de celular, televisión y ventilador (si es necesario)	Nivel 2 y cualquier electrodoméstico de potencia media	Nivel 3 y cualquier electrodoméstico de alta potencia	Nivel 2 y cualquier electrodoméstico de muy alta potencia
Nivel de consumo anual, en kWh		≥4,5	≥73	≥365	≥1.250	≥3.000
Nivel de consumo diario, en Wh		≥12	≥200	≥1.000	≥3.425	≥8.219

Fuente: adaptado de Bhatia y Angelou (2015).

Tabla 9. Cuadro de análisis y limitaciones del enfoque multinivel.

Aspecto	Análisis	Alternativas
Enfoque metodológico	Complejidad de la metodología, con definición de límites de niveles considerados subjetivos; los atributos independientes no siempre evolucionan simultáneamente.	Adoptar límites más claros y calibrados a partir de evidencias empíricas; combinar atributos de forma gradual conforme experiencias anteriores.
Recolección de datos	Exige recolección extensiva de datos, lo que puede ser financieramente inviable; algunos aspectos relevantes no son contemplados en el instrumento estándar.	Incorporar módulos adicionales específicos a las encuestas; aplicar diferentes niveles de detalle de la matriz conforme los recursos disponibles.
Formulación matemática de los índices	La conversión de valores ordinales (niveles) en valores cardinales de acceso puede no ser matemáticamente robusta.	Perfeccionar la metodología de cálculo; probar métricas híbridas o ponderadas; validar la robustez estadística en diferentes contextos.

El acceso a la energía para usos productivos se define como aquellos que aumentan el ingreso o la productividad, caracterizando actividades de agregación de valor. La diversidad de actividades, escalas y grados de mecanización dificulta la definición de una métrica común, ya que cada actividad demanda aplicaciones energéticas específicas provenientes de diferentes fuentes. En términos generales, estas aplicaciones incluyen: iluminación, información y comunicación, fuerza motriz, calefacción de ambientes, calefacción de productos y calentamiento de agua. También pueden elaborarse índices específicos para agricultura, pequeños comercios y actividades artesanales.

El acceso a la energía en instalaciones comunitarias es igualmente primordial para el desarrollo socioeconómico. La iluminación pública favorece la movilidad, la seguridad y el dinamismo social. En las unidades de salud, garantiza

la atención, la operación de equipos y la cadena de frío. En las escuelas, amplía el tiempo de estudio y mejora el aprendizaje. En los edificios gubernamentales, viabiliza la gobernanza electrónica y las comunicaciones. En centros comunitarios, religiosos o culturales, permite el uso nocturno y la oferta de servicios colectivos. La medición debe considerar cobertura, intensidad luminosa y diversidad de servicios, además de la sostenibilidad financiera, entendida como la capacidad de las instituciones de afrontar los costos de energía, combustibles, repuestos y mantenimiento.

Por último, la **Tabla 10** sistematiza la aplicación del enfoque multinivel para los diferentes accesos a la energía eléctrica – domiciliario, productivo y comunitario –, evidenciando su utilidad para las políticas públicas y la planificación integrada.

Tabla 10. Cuadro de comparación de la aplicación de los multiniveles de acceso a la energía eléctrica.

Contexto de aplicación	Base de evaluación	Principales limitaciones	Cálculo del índice
Suministro de electricidad	Desempeño del suministro eléctrico (capacidad, duración, confiabilidad, calidad, accesibilidad, legalidad, salud y seguridad).	Puede existir conexión formal sin suministro adecuado o continuo.	Clasificación multinivel por atributos de suministro.
Consumo de electricidad	Niveles de consumo anual estimados a partir de horas indicativas de uso de electrodomésticos.	No refleja la diversidad real de electrodomésticos y no incorpora adecuadamente la eficiencia energética.	Clasificación multinivel por rangos de consumo anual; distinta del suministro y de los servicios.
Servicios domiciliarios	Tipo y disponibilidad de equipos y electrodomésticos utilizados en el domicilio.	Los domicilios pueden tener equipos incluso con suministro precario o, por el contrario, no disponer de equipos a pesar de un suministro adecuado.	Clasificación multinivel paralela al suministro, definida por los tipos de equipos disponibles.
Usos productivos	Aplicaciones energéticas en actividades productivas (iluminación, TIC, fuerza motriz, calefacción de ambientes, productos y agua).	La diversidad de usos, escalas de operación y el sector informal dificultan la estandarización.	Índice calculado por el promedio de los niveles obtenidos para cada aplicación productiva; el nivel más bajo entre las aplicaciones define el acceso global.
Instalaciones comunitarias	Servicios comunitarios (salud, educación, iluminación pública, gobernanza y centros comunitarios).	Gran variedad de servicios comunitarios y diferentes atributos a medir (cobertura, intensidad, sostenibilidad financiera).	Índice basado en la evaluación multinivel de los atributos por instalación comunitaria; el nivel más bajo entre los atributos define el acceso global.

3.1.3 Resultados de las iniciativas internacionales de acceso a la energía eléctrica

Los programas internacionales resultaron en avances expresivos, principalmente en los países africanos, que concentran las mayores porciones de la población aún excluida del acceso básico a la energía eléctrica. En 2023, cerca de 561 millones de personas fueron beneficiadas por soluciones renovables descentralizadas, responsables de más de la mitad de las nuevas conexiones en África Subsahariana entre 2020 y 2022 (IEA et al. 2025).

La energía solar *off-grid* se considera la solución de menor costo para el 41% de la población que aún permanecerá sin acceso en 2030 (IEA et al. 2025), especialmente en usos productivos como bombeo, refrigeración y almacenamiento en frío, que amplían el ingreso y la capacidad de pago por el servicio de energía eléctrica.

Sin embargo, los datos de la estructura multinivel – *Multi-Tier Framework (MTF)* – demuestran vulnerabilidades, puesto que la mayoría de los beneficiarios de sistemas solares fotovoltaicos (SFV) por encima de 200 W (nivel 2) reciben menos de 8 h de electricidad por día, y usuarios en niveles 3 o superiores (SFV>800W), que reciben de 8 a 16 h de electricidad por día, son casi inexistentes (ESMAP 2025), lo que refleja problemas de calidad y confiabilidad

del suministro y la necesidad de políticas públicas que eleven progresivamente el nivel de acceso.

La dimensión social de la exclusión también es central. En países de África y del sur de Asia, los domicilios encabezados por mujeres presentan menor probabilidad de acceso *off-grid*, siendo la accesibilidad económica la principal barrera. Entre 2021 y 2023, la exclusión del acceso en los países menos desarrollados – *least developing countries (LDCs)*⁵ – cayó de 481 a 476 millones; por otro lado, en los países en contextos de fragilidad, conflicto y violencia – *Fragile and conflict-affected countries (FCV)*⁶ – aumentó de 422 a 427 millones (IEA et al. 2025).

La **Figura 16** presenta la evolución del número de personas atendidas por programas internacionales. El total creció de 219 millones en 2021 a 326 millones en 2022 y 385 millones en 2023. En ese período, el Nivel 1 pasó de 172 millones a 253 millones (más de 81 millones, crecimiento del 47%), mientras que el Nivel 2 avanzó de 47 millones a 132 millones (más de 85 millones, crecimiento del 181%). Estos resultados indican avances cuantitativos relevantes, pero también resaltan la necesidad de elevar progresivamente la calidad y la confiabilidad del acceso.

Personas atendidas [millones]

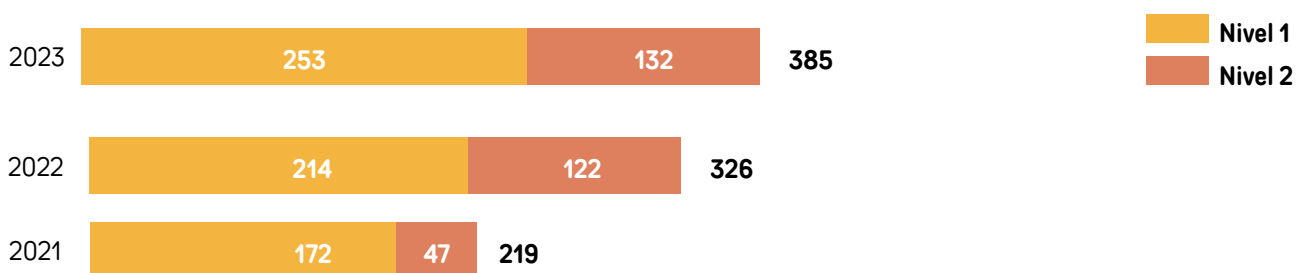


Figura 16. Número de personas que recibieron acceso a la energía eléctrica por tipo de nivel de suministro.

Fuente: adaptado de IEA/IRENA/UNSD/World Bank/WHO (2025).

⁵ Según la clasificación de la ONU (Organización de las Naciones Unidas), actualmente existen 44 países clasificados como LDCs; se trata de países con: (i) bajo ingreso per cápita (medido por el PIB per cápita); (ii) débiles capacidades institucionales y humanas (educación, salud, nutrición); y (iii) alta vulnerabilidad económica y ambiental (choques externos, inestabilidad política, desastres naturales). Estos países poseen el mayor déficit de acceso a la electricidad y energías limpias, y necesitan flujos internacionales de financiamiento, subsidios concesionales y cooperación técnica para avanzar en los ODS (IEA et al. 2025; UNFCCC 2020).

⁶ Características de los países y regiones FCV: (i) baja capacidad institucional del Estado para proveer servicios básicos (incluyendo energía, salud, educación); (ii) conflicto armado o inestabilidad política, como guerras civiles, insurgencias, disputas territoriales; y (iii) violencia generalizada, inseguridad física que afecta a poblaciones, infraestructura e inversiones. Actualmente, existen 21 países en conflicto y 17 países en situación de fragilidad institucional y social; solo Haití y Venezuela están en América Latina (The World Bank 2025a).

En resumen, los datos revelan que, aunque la cobertura se ha expandido, los mayores desafíos residen en la calidad del servicio, en la atención a poblaciones vulnerables, principalmente en los países menos desarrollados y en conflicto armado, y en la sostenibilidad de las soluciones. La combinación de redes, minirredes y sistemas off-grid, asociada a políticas públicas de financiamiento e inclusión social y al conocimiento sobre el consumidor final – necesidades, perfiles demográficos, capacidad de pago y procesos de decisión –, sigue siendo esencial para garantizar el cumplimiento del ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7).

3.2 POLÍTICAS PÚBLICAS EN AMÉRICA DEL SUR Y EN LA REGIÓN PANAMAZÓNICA

El análisis de las políticas públicas e iniciativas de universalización del acceso a la energía eléctrica en los países sudamericanos revela avances heterogéneos y estrategias institucionales variadas, que reflejan los contextos socioterritoriales y las capacidades estatales de cada país.

A partir de la sistematización de documentos técnicos, estudios de caso y literatura científica especializada, se observó que Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Perú y Venezuela cuentan con programas estructurados para la electrificación rural y remota, con diferentes niveles de énfasis en soluciones renovables y descentralizadas.

3.2.1 Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales – Argentina

Argentina ha actuado con el *Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales* (PERMER), orientado a la expansión del acceso por medio de sistemas descentralizados basados en fuentes renovables.

En 1999, el país ya había alcanzado una tasa de electrificación del 95%, pero cerca del 25% de la población rural permanecía sin acceso. El PERMER, establecido en 2000, financiado por el Banco Mundial y por el *Global Environment Facility* (FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial)), fue estructurado para electrificar 35 mil domicilios remotos, 1.750 instalaciones públicas (hospitales y escuelas) y 500 emprendimientos comerciales, utilizando concesiones *off-grid* supervisadas por agencias reguladoras provinciales (Bazilian et al. 2012; PERMER 2015).

El modelo preveía que la elección de la tecnología fuera responsabilidad del concesionario, mientras que los costos se dividían: 30–40% del concesionario, 10% del usuario y 50–60% en subsidios, pagados en dos fases, en la adquisición y en la instalación. Las agencias reguladoras evaluaban la calidad del servicio, las instalaciones y la satisfacción de los usuarios (Bazilian et al. 2012).

Uno de los casos más avanzados fue el de la *Empresa Jujeña de Sistemas Eléctricos Dispersos Sociedad Anónima* (EJSEDSA), concesionaria de Jujuy, que inició en 1996 y, en cinco años, electrificó 4.000 domicilios rurales con minirredes híbridas (microhidroeléctricas, solar fotovoltaico, eólico–diesel) y sistemas solares domiciliarios (Bazilian et al., 2012).

El PERMER fue establecido en 2000 como un nuevo componente del *Programa de Abastecimiento Eléctrico a la Población Rural de Argentina* (PAEPRA), lanzado en 1995. El PAEPRA creó un fondo nacional y provincial para subsidiar proyectos de electrificación rural, otorgando subsidios a concesionarias privadas seleccionadas por licitación, que asumían el compromiso de suministrar electricidad al menor costo posible, incluso por soluciones *off-grid*, recibiendo el monopolio regional, con la obligación de atender nuevas conexiones y mantener la continuidad del servicio a lo largo de la concesión.

Mientras el PAEPRA priorizaba la electrificación rural en general, el PERMER se concentró en sistemas individuales (*stand-alone*) para asentamientos dispersos e instalaciones comunitarias, distribuidos en dos fases: (i) 2000–2012; y (ii) 2015–2020, según se sistematiza en la **Tabla 11** (IEA 2024c).

Los consumidores se hacían cargo de los costos de instalación y de una tarifa mensual fija que cubría cerca del 40% de la inversión inicial a lo largo de 15 años, además de los gastos de mantenimiento y baterías. Subsidios adicionales se destinaban a las familias más pobres, reducidos gradualmente durante la vigencia de la concesión. La primera fase del PERMER tuvo una duración de seis años, hasta 2007, con postergación hasta 2012; la segunda se inició en 2015, con duración de cinco años, y se consolidó como uno de los principales programas de electrificación descentralizada de América Latina (IEA 2024c).

Tabla 11. Sistematización de las dos fases del PERMER.

Aspecto	PERMER I (2000–2012)	PERMER II (2015–2020)
Objetivo	Llevar electricidad a comunidades rurales dispersas sin expectativa de acceso a la red en el corto/mediano plazo; mejorar la calidad de vida y promover la permanencia de la población.	Ampliar la cobertura de PERMER I, atendiendo nuevas demandas en áreas rurales dispersas.
Fuentes de energía	Fotovoltaica (residencial e institucional), eólica doméstica, microhidroeléctricas, centrales híbridas (diésel/renovables), solar térmica (agua, calefacción, cocción).	Fotovoltaica residencial, sistemas para escuelas, servicios públicos, bombeo de agua, actividades productivas y minirredes.
Financiamiento	US\$ 30 mi (BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento)) + US\$ 9,5 mi (FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial)) + US\$ 50 mi adicionales (BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento)).	US\$ 200 mi (BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento)) + contrapartida de US\$ 40 mi (US\$ 11 mi gobierno federal, US\$ 6 mi provincias, US\$ 23 mi sector privado).
Instituciones gestoras	Secretaría de Energía de la Nación (Unidad Coordinadora y Unidades Ejecutoras Provinciales); concesiones públicas y privadas.	Idem PERMER I, ampliado con mayor articulación intergubernamental y participación privada.
Alcance	Instalación de SFV (residenciales), sistemas en escuelas, hospitales, edificios públicos, parques nacionales, bombeo de agua, refrigeración de vacunas etc.	Instalación de 18.500 SHS residenciales, repotenciación en 700 escuelas, servicios públicos, minirredes y apoyo a usos productivos.
Beneficiarios	Miles de domicilios rurales y cientos de escuelas y hospitales en diversas provincias.	~118.000 personas beneficiadas en 12 provincias (Catamarca, Chaco, Entre Ríos, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Neuquén, Río Negro, Salta, San Juan, Santiago del Estero, Tucumán).
Usuario y tarifa	Costos definidos por provincia: cálculo de la tarifa plena, definición del subsidio y valor pagado por el usuario.	Misma lógica de PERMER I, con variación de subsidios según la provincia.

Fuente: elaborado con base en PERMER (2015).

3.2.2 Programa Luz para Todos (LPT) – Brasil

Brasil se destaca por el Programa Luz para Todos (LPT), con alcance nacional y mecanismos de financiamiento robustos orientados a la electrificación rural y remota. Además, incorpora acciones de educación para el uso racional de la energía y eficiencia energética, integrando comunidades de bajos ingresos, Pueblos indígenas, Comunidades quilombolas, Comunidades ribereñas, asentamientos rurales y poblaciones en áreas de conservación (MME 2024).

Aunque la mayoría de los beneficiarios iniciales fue atendida mediante la extensión de redes, el programa pasó a incluir estrategias basadas en Recursos Energéticos Descentralizados (RED) para regiones aisladas, de baja densidad poblacional y ambientalmente sensibles (BRASIL 2020).

Las primeras directrices para soluciones renovables surgieron en 2009. Entre 2011 y 2014 se destacaron dos alternativas: los Sistemas Individuales de Generación con Fuentes Intermitentes (SIGFI) y los Microsistemas Aislados de Generación y Distribución de Energía Eléctrica (MIGDI). Ambos buscaban garantizar iluminación, refrigeración y comunicación en usos residenciales y comunitarios. Las normas preveían autonomía mínima de 48 horas, límite de interrupción de hasta 216 h/mes y disponibilidad de 45 kWh/mes por unidad consumidora (Ferreira et al. 2023). El MIGDI se recomienda para demandas superiores a 900 kWh/mes, limitado a 100 kWp de potencia instalada (Silva et al. 2024).

La estructura institucional sigue un modelo multiagente. El Ministerio de Minas y Energía (MME) coordina el programa y define las prioridades. La ANEEL regula las actividades de distribución, define las tarifas de O&M, fiscaliza los informes de desempeño y supervisa los protocolos de puesta en servicio. La ENBPar, empresa estatal resultante de la escisión de Eletrobras durante el proceso de privatización, evalúa la viabilidad técnico-económica de los proyectos. La ejecución está a cargo de la Concesionaria Regional de Distribución (RUC) – empresas privadas y cooperativas de electrificación rural – responsables de la recolección de la demanda, ejecución de los proyectos y O&M, pudiendo subcontratar tareas a empresas locales (Ferreira et al. 2023).

El financiamiento está garantizado mayoritariamente por la Cuenta de Desarrollo Energético (CDE), que cubre el 90% de los costos de inversión directa, con recursos pagados por los consumidores del Sistema Interconectado Nacional (SIN). La contrapartida incluye la participación de las concesionarias regionales y cooperativas (MME 2024).

Los costos de operación y mantenimiento son cubiertos por tarifas pagadas por los usuarios, con descuento de la Tarifa Social de Energía Eléctrica, desde 2010, destinada a familias de bajos ingresos, Personas mayores / Ancianos, Personas con discapacidad y poblaciones indígenas y Comunidades quilombolas inscritas en el Cadastro Único. La tarifa ofrece descuentos del 100% para el consumo de hasta 80 kWh/mes para familias con ingreso mensual per cápita de hasta medio salario mínimo (Rede Energia & Comunidades et al. 2025). La **Tabla 12** sistematiza la estructura y las características del LPT.

3.2.3 Programa de Electrificación Rural y Social – Chile

Chile adopta una estrategia mixta para universalizar el acceso a la energía eléctrica, priorizando la extensión de redes en áreas interconectables y la implementación de soluciones descentralizadas en comunidades rurales aisladas. En las últimas tres décadas, la cobertura eléctrica nacional pasó de poco más del 50% de la población rural al 96,5%, alcanzando casi el 100% en el total del país (IEA et al. 2025). El desafío actual radica menos en la expansión de la red y más en la calidad del servicio y en la inclusión de comunidades aisladas, con previsión de atender el déficit residual mediante Sistemas fotovoltaicos individuales (hasta 10 kWp), minirredes híbridas renovables y soluciones comunitarias de energía térmica y eléctrica (IEA 2025f; Ministerio de Energía 2024)

El marco regulatorio está liderado por el Ministerio de Energía, en coordinación con los ministerios de Vivienda y Urbanismo y de Medio Ambiente, alineando las políticas energéticas con la reducción de la pobreza energética y con el cumplimiento del ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7). La gobernanza está centralizada en el Ministerio de Energía, que define directrices, supervisa programas y articula la coordinación intersectorial, mientras que la ejecución es descentralizada, con

Tabla 12. Características del Programa Luz para Todos.

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Año de creación	2003 (primeras directrices para soluciones descentralizadas en 2009; inclusión de SIGFI y MIGDI en 2011).
Objetivo	Universalizar el acceso a la energía eléctrica en áreas rurales y remotas, con foco en Poblaciones tradicionales, comunidades remotas, Pueblos indígenas, Comunidades quilombolas, Comunidades ribereñas, asentamientos y áreas de conservación.
Estrategias	Extensión de redes de distribución; sistemas descentralizados de energía renovable (SIGFI – Sistemas Individuales con Fuentes Intermitentes; MIGDI – Microsistemas Aislados de Generación y Distribución de Energía Eléctrica)
Parámetros técnicos	SIGFI: 80 kWh/mes por UC, autonomía de 48 h, límite de interrupción de 216 h/mes. – MIGDI: hasta 100 kW instalados, recomendado para demandas > 900 kWh/mes. – Uso prioritario: iluminación, refrigeración, comunicación y servicios comunitarios.
Estructura institucional	<ul style="list-style-type: none"> –MME (Ministerio de Minas y Energía): coordinación y decisión final. –ANEEL: regulación, definición de tarifas, fiscalización y auditoría. –ENBPar: viabilidad técnica para el MME. –Concesionarias regionales/cooperativas: ejecución, O&M y atención a las demandas locales.
Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> – Cuenta de Desarrollo Energético (CDE): cubre 80–100% de los costos de inversión directa. – Contrapartida 10% concesionarias.
Tarifas y subsidios	De 2010 hasta agosto de 2025, descuentos escalonados (65% para 0–30 kWh; 40% para 31–100 kWh; 10% para 101–220 kWh). Para Pueblos indígenas y Comunidades quilombolas: subsidio integral hasta 50 kWh/mes. Después de agosto de 2025: descuento del 100% para consumo mensual de hasta 80 kWh y exención del pago de la CDE para consumo de hasta 120 kWh para familias con ingreso per cápita de hasta medio salario mínimo.
Público objetivo	Familias rurales de bajos ingresos, comunidades indígenas, Comunidades quilombolas, Comunidades ribereñas, asentamientos rurales, poblaciones en áreas de conservación y en regiones de difícil acceso.
Resultados principales	3,5 millones de domicilios conectados a la red y 65 mil atendidos por SIGFI y MIGDI en áreas aisladas, garantizando acceso básico a la electricidad, inclusión social y apoyo a actividades productivas para más de 17,5 millones de personas.

Fuente: elaborado con base en IEMA (Instituto de Energía y Medio Ambiente) (2023) y MME (2023, 2024).

participación de ministerios sectoriales, gobiernos locales, concesionarias de distribución y Organizaciones sociales (Ministerio de Energía 2021).

Complementariamente, el gobierno implementa mecanismos de protección tarifaria, como el *Energy Emergency and Stabilisation Fund*, traducido como Fondo de Emergencia y Estabilización Energética, que congela o limita los reajustes en el precio de la electricidad para residencias y pequeñas empresas. A su vez, el *Fondo de Acceso a la Energía* (FAE) institucionaliza la participación ciudadana, permitiendo que entidades comunitarias presenten proyectos y asegurando transparencia, integración con políticas sociales y de desarrollo territorial. Estos mecanismos también estimulan acciones de eficiencia energética, sustitución de la leña por fuentes más limpias, mejora del aislamiento térmico de las viviendas y programas de educación energética (IEA 2022, 2024a).

El seguimiento es conducido por el Ministerio de Energía en alianza con organismos reguladores y auditorías externas, monitoreando indicadores de cobertura, confiabilidad, Eficiencia energética y impactos sociales de las soluciones en la reducción de la pobreza energética, en el uso productivo de la energía y en la mejora de las condiciones de habitabilidad. Planes y fondos, como el FAE y el *Energy Emergency and Stabilisation Fund*, cuentan con informes de ejecución periódicos, asegurando transparencia y responsabilidad socioeconómica (IEA 2024a; Ministerio de Energía 2024).

Los proyectos financiados incluyen: (i) Sistemas fotovoltaicos con o sin baterías, de hasta 10 kWp, para comunidades y pequeños establecimientos; (ii) sistemas solares térmicos con capacidad de acumulación de hasta 1.500 litros para viviendas y centros comunitarios; (iii) minirredes renovables para comunidades de mediano porte; y (iv) programas de eficiencia energética residencial, como el *Programa con Buena Energía*, que distribuye kits de soluciones domésticas y capacita a residentes (Ministerio de Energía 2021, 2024).

El financiamiento se apoya en múltiples instrumentos: (i) el FAE, con recursos del Presupuesto público para proyectos comunitarios; (ii) subsidios habitacionales para eficiencia energética y soluciones solares térmicas; (iii) programas específicos del Ministerio de Energía y del

Medio Ambiente, como los de sustitución de sistemas de calefacción; y (iv) mecanismos extraordinarios, como el *Energy Emergency and Stabilisation Fund*, para protección tarifaria. Además, la política moviliza aportes de cooperación internacional y asociaciones público-privadas para ampliar la escala y la Sostenibilidad financiera de los proyectos (IEA 2022, 2024a). La **Tabla 13** sistematiza las características de los programas de acceso a la energía eléctrica de Chile.

3.2.4 Programa Nacional de Eletrificação Rural (PNER) – Colômbia

Colombia adopta estrategias mixtas para ampliar el acceso a la electricidad en áreas rurales y vulnerables, combinando la extensión de redes del Sistema Interconectado Nacional (SIN) con sistemas autónomos y minirredes descentralizadas. En 2023, la cobertura eléctrica nacional alcanzó el 97,4%, pero aún había 1,36 millones de personas sin acceso, concentradas en áreas dispersas y vulnerables. El Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) proyecta la universalización hasta 2031, con hitos intermedios entre 2023 y 2027, alineándose con las políticas de reforma rural, el Acuerdo de Paz y el cumplimiento del ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7), con prioridad para municipios y comunidades indígenas y Afrodescendientes (Minergía 2018, 2023).

El arreglo institucional está coordinado por el *Ministerio de Minas y Energía* (MEM). Los planes de expansión son elaborados por los Operadores de Red (OR), evaluados por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME (*Unidad de Planeación Minero Energética*)) y sometidos a la regulación de la *Comisión de Regulación de Energía y Gas* (CREG), con ejecución por parte de las concesionarias regionales. El *Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas* (IPSE) actúa en áreas no interconectadas, mientras que el financiamiento proviene de fondos sectoriales, programas de *Obras por Impuestos* (OXI) y apoyo internacional (Minergía 2023, 2025a).

Para alcanzar los objetivos se estructuraron tres instrumentos centrales de política pública: FAER, FAZNI y FOES. El *Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas* (FAER), creado por la Ley 788/2002 y reglamentado por el Decreto 1122/2008, financia la expansión y modernización de la infraestructura eléctrica en áreas

Tabla 13. Características del programa de acceso a la energía eléctrica de Chile.

Dimensión	Descripción	Políticas e instrumentos
Estrategia de universalización	Estrategia mixta: extensión de redes en áreas interconectables y soluciones descentralizadas en comunidades aisladas.	Programas como <i>Ruta de la Luz</i> y <i>Programa de Electrificación Rural y Social</i> ; uso de Sistemas fotovoltaicos individuales (hasta 10 kWp), minirredes híbridas y soluciones comunitarias de energía térmica y eléctrica.
Resultados alcanzados	La cobertura eléctrica rural pasó de poco más del 50% al 96,5% en 30 años, alcanzando casi el 100% en el país.	Datos de cobertura nacional (IEA, Ministerio de Energía).
Gobernanza	Centralización normativa y de directrices en el Ministerio de Energía; ejecución descentralizada con ministerios sectoriales, gobiernos locales, concesionarias y Organizaciones sociales.	Ministerio de Energía (coordinación central); Ministerios de Vivienda y Urbanismo y de Medio Ambiente (coordinación intersectorial).
Instrumentos de protección y participación	Mecanismos para reducir la vulnerabilidad tarifaria e institucionalizar la participación social.	<i>Energy Emergency and Stabilisation Fund</i> (Fondo de Emergencia y Estabilización Energética, protección tarifaria); <i>Fondo de Acceso a la Energía</i> (FAE) (proyectos comunitarios, participación ciudadana).
Acciones complementarias	Eficiencia energética, sustitución de la leña por fuentes limpias, mejora del aislamiento térmico y programas de educación energética.	Programas del Ministerio de Energía y del Medio Ambiente.
Monitoreo y evaluación	Monitoreo de indicadores de cobertura, confiabilidad, eficiencia energética e impactos sociales; informes periódicos.	Ministerio de Energía; organismos reguladores; auditorías externas; informes del FAE y del <i>Energy Emergency and Stabilisation Fund</i> .
Proyectos financiados	Tipologías de proyectos para comunidades, viviendas y establecimientos.	(i) Sistemas fotovoltaicos hasta 10 kWp con o sin baterías; (ii) Sistemas solares térmicos hasta 1.500 litros; (iii) Minirredes renovables; (iv) <i>Programa con Buena Energía</i> (kits domésticos y capacitación).
Financiamiento	Instrumentos múltiples: Presupuesto público, Subsidios, Fondos de emergencia, cooperación internacional y PPP.	(i) FAE; (ii) Subsidios habitacionales (eficiencia y solar térmico); (iii) Programas específicos del Ministerio de Energía y Medio Ambiente; (iv) <i>Energy Emergency and Stabilisation Fund</i> ; (v) cooperación internacional y asociaciones público-privadas.

rurales interconectadas (IEA 2024b; Minergía 2025a). El Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI), instituido por la Ley 633/2000 y actualizado por el Decreto 1124/2008, apoya la construcción, reposición y rehabilitación de la infraestructura eléctrica en áreas no conectadas al SIN, con recursos provenientes de contribuciones sectoriales, Presupuesto público nacional y cooperación internacional (IEA 2025d; Minergía 2025b). Por su parte, el Fondo de Energía Social (FOES) asegura Accesibilidad económica por medio de Subsidios tarifarios focalizados, compensando financieramente a las operadoras que trasladan los descuentos directamente a las facturas de los consumidores de bajos ingresos (IEA 2025g).

Combinados, FAER, FAZNI y FOES estructuran la base de la política colombiana de universalización – el PNER –, articulando la expansión de redes interconectadas, la atención a zonas aisladas y los Subsidios sociales, según sistematiza la **Tabla 14**.

La estrategia del PNER incluye: (i) extensión de redes del SIN en áreas de mayor densidad y menor costo; (ii) minirredes renovables (Solar, Hidroeléctrica, híbrida con almacenamiento) en localidades aisladas; (iii) sistemas

fotovoltaicos individuales de hasta 0,5 kWp por domicilio en áreas dispersas, con meta de beneficiar a 84.445 nuevos usuarios hasta 2031; y (iv) soluciones comunitarias y productivas integradas a domicilios, usos agrícolas y servicios colectivos (escuelas, Puestos de salud y centros comunitarios) (Minergía 2023).

El marco regulatorio está definido por el Decreto 1623/2015, que establece criterios para planificación y expansión, priorizando eficiencia económica, reducción de costos, usos productivos y Sostenibilidad financiera. La participación ciudadana se realiza por medio de diagnósticos sociotécnicos simplificados en asambleas comunitarias (PDET, PNIS), lo que permite identificar demandas y validar soluciones. La socialización posterior asegura la comprensión y apropiación local (Minergía 2023).

Por último, los mecanismos de monitoreo y evaluación contemplan indicadores de 2018 a 2031, con matrices específicas para municipios. El seguimiento lo realizan la UPME y el IPSE, asegurando la articulación entre fondos y programas y fortaleciendo la Sostenibilidad de las soluciones implementadas (Minergía 2018, 2023). La **Tabla 15** sistematiza las características generales de la política pública de acceso a la energía eléctrica en Colombia.

Tabla 14. Sistematización de los instrumentos financieros de la política pública de acceso a la energía eléctrica de Colombia.

Fondo	Nombre completo	Objetivo	Fuentes de financiamiento	Público objetivo	Resultados esperados
FAER	Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas	Financiar la expansión y modernización de la infraestructura eléctrica en áreas rurales interconectadas	Contribuciones sectoriales, recursos públicos y tarifas reguladas (Ley 788/2002)	Comunidades rurales interconectadas al SIN	Ampliar la cobertura, garantizar eficiencia tarifaria e integrar los planes territoriales de electrificación
FAZNI	Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas	Financiar la construcción, reposición y rehabilitación de infraestructura eléctrica en áreas no interconectadas	Contribuciones sectoriales, Presupuesto público nacional y cooperación internacional (Ley 633/2000)	Comunidades en zonas aisladas y no interconectadas al SIN	Expandir la cobertura eléctrica en zonas aisladas con Sostenibilidad financiera
FOES	Fondo de Energía Social	Garantizar la Accesibilidad económica de la energía para áreas rurales y poblaciones vulnerables	Compensaciones financieras vía facturas, trasladadas por las operadoras de energía	Familias de bajos ingresos, áreas rurales y poblaciones vulnerables	Reducir las desigualdades en el acceso y asegurar la continuidad del servicio

Tabla 15. Características del programa de acceso a la energía eléctrica de Colombia.

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Meta y exclusión actual (2023)	<ul style="list-style-type: none"> - Atender a 431 mil personas hasta 2031, con universalización del acceso a la electricidad. - 97,4% de la población con acceso; aún 1,36 millones de personas sin electricidad, concentradas en áreas rurales dispersas y vulnerables.
Marco regulatorio	Decreto 1623/2015, que establece criterios para planificación, eficiencia económica, reducción de costos, Sostenibilidad y priorización de usos productivos.
Gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinación: MEM <i>Ministerio de Minas y Energía</i>. - Planificación, evaluación y monitoreo: UPME <i>Unidad de Planeación Minero Energética</i>. - Regulación tarifaria y fiscalización: CREG <i>Comisión de Regulación de Energía y Gas</i>. - Ejecución en zonas no interconectadas: IPSE <i>Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas</i> (ejecución en ZNI). - Ejecución y operación local: concesionarias regionales.
Estrategia de implementación	Modelo mixto: (i) extensión de redes del Sistema Interconectado Nacional (SIN); (ii) miniredes renovables (Solar, Hidroeléctrica, híbrida con almacenamiento) en localidades aisladas; (iii) Sistemas fotovoltaicos individuales (hasta 0,5 kWp por domicilio) para áreas dispersas; (iv) soluciones comunitarias y productivas integradas (agricultura, salud, educación).
Instrumentos financieros y financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Programas de Obras por Impuestos (OXI). - Fondos sectoriales: (i) FAER para la expansión de infraestructura en áreas interconectadas; (ii) FAZNI para la construcción, reposición y rehabilitación en áreas aisladas y no conectadas; y (iii) FOES para garantizar la Accesibilidad económica a poblaciones vulnerables. - Recursos internacionales: cooperación, BID etc. - Estimación ~USD 380 millones solo vía FAER (2024–2031).
Participación ciudadana	Diagnósticos sociotécnicos simplificados en asambleas comunitarias, validación local de las soluciones y socialización de los impactos.
Monitoreo y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Indicadores nacionales y específicos para municipios. - Monitoreo a cargo de la UPME y del IPSE, con informes periódicos sobre cobertura, capacidad instalada y Sostenibilidad de las soluciones.

3.2.5 Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM) – Ecuador

Ecuador estructuró el Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) como instrumento fundamental para la universalización del acceso a la energía eléctrica y para las políticas nacionales de desarrollo productivo y territorial (IEA 2025c). La estrategia adopta un modelo mixto, priorizando la extensión de la red en áreas interconectables y aplicando sistemas descentralizados en zonas aisladas, definidos a partir de diagnósticos territoriales, estudios de demanda y criterios de relación costo-efectividad (IEA 2025b) y uso de soluciones tecnológicas integradas de fuentes renovables, como Solar fotovoltaica, microhidroeléctricas y sistemas híbridos diésel-renovables.

El marco regulatorio está coordinado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), que establece criterios de

eficiencia económica, Sostenibilidad social y ambiental, y priorización de territorios vulnerables. El plan proyecta universalizar el acceso hasta 2030, con metas intermedias de conexión y expansión de la cobertura. Se estima que la extensión de redes atenderá la mayor parte de la demanda, mientras que las Zonas No Interconectadas (ZNI) serán cubiertas por sistemas solares individuales de 0,5 a 1 kWp por domicilio y miniredes comunitarias, beneficiando a decenas de miles de nuevos usuarios (MEM 2023a).

La implementación incorpora procesos participativos, con consultas comunitarias, talleres locales y uso de cuestionarios simplificados para identificar demandas energéticas y usos productivos. Este proceso asegura que las comunidades comprendan los impactos y las responsabilidades en la operación y el mantenimiento. Para el seguimiento, el PNER adopta indicadores de cobertura,

Tabla 16. Características del programa de acceso a la energía eléctrica de Ecuador.

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Meta de cobertura	Universalización del acceso hasta 2030; meta intermedia del 97% en 2014; la cobertura alcanzó el 96,77% en 2013.
Estrategias de acceso	Modelo mixto: extensión de la red en áreas interconectables; sistemas descentralizados en zonas aisladas.
Modalidades de proyecto	- Extensión de redes convencionales; - Minirredes renovables híbridas (Solar, Hidroeléctrica, diésel-renovable); - Sistemas solares fotovoltaicos individuales (0,5–1 kWp/domicilio).
Financiamiento	<i>Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM)</i> , aportes sectoriales de las distribuidoras, Presupuesto público y cooperación internacional (principalmente BID).
Inversiones	1999–2006: USD 259 millones; 2007–2014: USD 440 millones; 2013: USD 34,72 millones en 582 proyectos de redes y 24 proyectos aislados.
Gobernanza	El Ministerio de Energía y Minas (MEM) coordina; las distribuidoras regionales ejecutan; ARCONEL regula y fiscaliza; el BID como socio financiero.
Participación comunitaria	Consultas comunitarias, talleres participativos y cuestionarios simplificados; las comunidades actúan en la operación básica y en el uso racional de la energía.

capacidad instalada, confiabilidad y Sostenibilidad financiera, con informes periódicos del MEM y del regulador ARCONEL, además de auditorías técnicas y financieras que permiten ajustar las metas.

Los proyectos siguen tres modalidades principales: (i) extensión de redes convencionales para localidades de mayor densidad, (ii) minirredes renovables híbridas en poblados medianos y aislados, y (iii) Sistemas fotovoltaicos individuales para domicilios dispersos. Cada modalidad se parametriza en términos de potencia, Confiabilidad mínima y servicios básicos como iluminación, refrigeración, comunicación y usos productivos (MEM 2015).

El financiamiento está garantizado por el *Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM)*, alimentado por aportes sectoriales obligatorios de las distribuidoras, recursos del Presupuesto público y cooperación internacional, principalmente del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El modelo combina Subsidios cruzados, aportes gubernamentales y participación limitada de los usuarios, asegurando Accesibilidad económica y Sostenibilidad. Entre 1999 y 2006, el FERUM invirtió USD 259 millones y, en el período

2007–2014, el valor se amplió a USD 440 millones. En 2013, la cobertura eléctrica llegó al 96,77%, y la meta para 2014 fue de 97,04 (MEM 2015). Actualmente, siguen en ejecución 582 proyectos de redes eléctricas y 24 proyectos de sistemas aislados no convencionales, que totalizan USD 34,72 millones en inversiones (BID 2025).

El objetivo central del FERUM es ampliar y mejorar el acceso al servicio eléctrico en áreas rurales y urbano-marginales, reduciendo desigualdades históricas. Entre sus objetivos específicos se encuentran: (i) fortalecer la capacidad institucional de las distribuidoras para la selección, ejecución y monitoreo de proyectos y (ii) garantizar la Sostenibilidad de las soluciones, especialmente en zonas de difícil acceso. El arreglo institucional involucra al MEM como coordinador, a las distribuidoras regionales como ejecutoras y a ARCONEL como regulador, con participación comunitaria en actividades básicas de operación y uso racional de la energía (BID 2025).

Complementariamente, Ecuador desarrolla iniciativas de planificación energética y eficiencia, como el *Development of Energy Foresight and Planning*, orientado a la elaboración de planes nacionales de energía y Eficiencia energética, y la

Network for the Improvement of Electric Power Distribution Systems, que busca modernizar y sistematizar información del sector para mejorar la calidad de la distribución eléctrica (IEA 2025c). Estas iniciativas refuerzan el carácter integrado de la política, articulando electrificación, eficiencia y planificación de largo plazo (MEM 2023a). La **Tabla 16** sistematiza las características generales de la política pública de acceso a la energía eléctrica en Ecuador.

3.2.6 Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) – Perú

Perú desarrolla una estrategia de extensión de la red por medio del *Programa Nacional de Electrificación Rural* (PNER). El PNER es la principal política pública peruana de universalización del acceso a la energía eléctrica en áreas y comunidades rurales dispersas y vulnerables. Elaborado por el *Ministerio de Energía y Minas* (MEM), por medio de la *Dirección General de Electrificación Rural* (DGER), el plan cumple la Ley General de Electrificación Rural (Ley 28749) y su reglamento (DS n.º 018–2020–EM), en consonancia con la política nacional de Infraestructura y con el ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7) (IEA 2025e).

El PNER 2024–2033 establece la meta de conectar 507 mil domicilios, alcanzando el 96% de cobertura hasta 2026. La estrategia se basa en planificación geoespacial y adopta un modelo híbrido de soluciones: (i) extensión de redes convencionales en comunidades mayores y próximas a líneas existentes; (ii) miniredes renovables (Solar, Hidroeléctrica e híbrida) en centros poblados medianos y aislados; y (iii) sistemas fotovoltaicos individuales para domicilios dispersos en zonas de difícil acceso (MEM 2023b).

El modelo institucional centraliza la coordinación en el MEM/DGER, con ejecución por parte de las distribuidoras regionales y supervisión regulatoria del *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería* (OSINERGMIN). Las comunidades participan en la operación básica y en el uso racional de la energía, mientras que el mantenimiento avanzado es responsabilidad de las concesionarias.

Entre 2013 y 2022, el plan anterior destinó USD 1,28 mil millones a sistemas rurales, USD 53 millones a pequeñas hidroeléctricas, USD 294 millones a módulos fotovoltaicos y USD 42,5 millones a centrales eólicas, estableciendo el uso de renovables como criterio de selección con un peso del 10% (IEA 2025e).

El financiamiento se articula a través del *Fondo de Inclusión Social Energético* (FISE), creado en 2012 para combatir la pobreza energética. Hasta 2019, el FISE benefició a 2,9 millones de domicilios con Subsidios tarifarios, promovió la conversión vehicular a GLP y gas natural y viabilizó la instalación de 177.609 paneles solares, principalmente en viviendas, pero también en escuelas y Puestos de salud, asegurando servicios básicos en comunidades vulnerables. El programa utilizó vales digitales, SMS y bancarización móvil, reduciendo costos administrativos y acelerando la implementación (IEA 2023).

Con el nuevo plan, el PNER prevé la electrificación de más de 500 mil domicilios hasta 2033, priorizando escuelas, Puestos de salud y sistemas de agua potable en regiones de mayor vulnerabilidad. Así, el PNER se consolida como instrumento central para universalizar el acceso eléctrico en Perú, al combinar planificación geoespacial, Subsidios Sociales, renovables descentralizadas y participación comunitaria, promoviendo inclusión social, reducción de desigualdades regionales y mayor resiliencia energética en el territorio rural (MEM 2023b).

3.2.7 Programa Sembrando Luz (SL) – Venezuela

Venezuela implantó el programa nacional *Sembrando Luz* – SL –, orientado al acceso descentralizado a la energía y al agua potable, para atender a más de 300 mil personas en comunidades indígenas y fronterizas aisladas. El objetivo central fue mejorar la calidad de vida y fortalecer las actividades productivas. La población objetivo comprendía comunidades de hasta 500 habitantes, organizadas en consejos comunitarios y ubicadas a más de 10 km de las líneas de transmisión (MPPEE 2013).

La estrategia principal se basó en sistemas descentralizados de energía renovable, ajustados a la disponibilidad de recursos locales y al perfil de los beneficiarios. En la 1.ª fase (2005) se instalaron Sistemas fotovoltaicos (SFV) de 1.200 y 3.840 Wp en escuelas, centros de salud y servicios comunitarios; la 2.ª fase (2007) incluyó sistemas menores (300 y 600 Wp) para demandas residenciales, atendiendo viviendas y cubriendo iluminación, comunicación y refrigeración; ya en la 3.ª fase (2009) se implantaron microrredes híbridas (Solar, Eólica, diésel y baterías), con suministro de hasta 2 kWh/día por domicilio, 3,7 kWh/día para salud y hasta 7,7 kWh/día para escuelas (Leduchowicz–Municio et al. 2022).

El programa fue centralizado en el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica (MPPEE), responsable

del financiamiento, mayoritariamente proveniente de la renta petrolera. La tecnología fotovoltaica inicial fue proporcionada por Cuba a cambio de petróleo, en el marco del acuerdo bilateral de 2000. La Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico (FUNDELEC) coordinó el diseño, la ejecución y la realización de diagnósticos sociotécnicos para verificar la viabilidad social y técnica antes de la aprobación (López-González, Ferrer-Martí y Domenech 2019).

La gestión incorporó participación comunitaria directa. Operadores comunitarios, designados por los Consejos, fueron capacitados por la FUNDELEC para operar y mantener las microrredes, financiados por tarifas locales. Los sistemas individuales tuvieron el mantenimiento básico realizado por los propios usuarios, entrenados durante la implementación, mientras que las reparaciones complejas quedaron bajo responsabilidad de la FUNDELEC. El programa incluyó además talleres móviles regionales y capacitación continua sobre uso eficiente y racional de la energía (López-González et al. 2019). La **Tabla 17** sistematiza las características generales de la política pública de acceso a la energía eléctrica en Venezuela.

3.3 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS Y LECCIONES APRENDIDAS DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS REGIONALES

Aunque los programas de universalización han proporcionado avances expresivos en la expansión de la cobertura eléctrica en áreas rurales y remotas, el acceso universal a la energía aún enfrenta desafíos críticos, sobre todo en regiones con bajo Índice de Desarrollo Humano (IDH), en áreas de conflicto, en zonas de selva tropical y en territorios ocupados por Pueblos indígenas, Comunidades quilombolas, Comunidades ribereñas y demás Poblaciones tradicionales.

Las evaluaciones evidencian limitaciones recurrentes, como la baja continuidad de los servicios, la fragilidad en la Sostenibilidad financiera y operativa de los sistemas implantados, la vulnerabilidad de los modelos de gestión comunitaria y la insuficiente adecuación tecnológica a los contextos socioterritoriales. Además, algunos países con presencia de Bioma amazónico, como Ecuador, Bolivia y Surinamés, aún no disponen de políticas públicas consolidadas para el afrontamiento sistémico de la exclusión energética, lo que refuerza la necesidad de

Tabla 17. Características del programa de acceso a la energía eléctrica venezolano.

Fase / Año	Tecnología	Capacidad instalada	Público objetivo	Aplicación
1. ^a fase (2005–2006)	Sistemas fotovoltaicos (SFV) comunitarios.	1.200 Wp y 3.840 Wp.	Escuelas, centros de salud, casas comunitarias, comedores, puestos militares, reservas naturales.	Servicios públicos esenciales; infraestructura comunitaria.
2. ^a fase (2007)	SFV residenciales.	300 Wp y 600 Wp.	Domicilios (hasta 500 habitantes por comunidad).	Iluminación, comunicación, refrigeración.
3. ^a fase Etapa 1 (2009)	Microrredes híbridas (Eólica + Solar + diésel + baterías).	Hasta 2 kWh/día/domicilio; 3,7 kWh/día (salud); 3,8–7,7 kWh/día (escuelas); potencia máx. 450 VA.	Comunidades aisladas.	Atender múltiples usos comunitarios y domiciliarios.
3. ^a fase Etapa 2 (2012)	Sistemas eólicos autónomos.	1,5 kWp.	Residencias.	Suministro domiciliario básico (iluminación, comunicación, refrigeración).

Fuente: elaborado por el autor con base en MPPEE (2013), Leduchowicz–Mucio et al. (2022) y López-González et al. (2019).

Marcos legales robustos, mecanismos de Financiamiento ajustados a las realidades locales y estrategias participativas que aseguren protagonismo comunitario y respeto a la diversidad sociocultural.

En general, los resultados apuntan a que la universalización requiere: (i) legislación específica para tecnologías descentralizadas, elaborada con Participación social; (ii) valorización de fuentes locales y fortalecimiento de los mercados nacionales de Recursos Energéticos Descentralizados (RED); (iii) incentivos financieros que equilibren los costos de implantación y mantenimiento en contextos de bajo IDH; (iv) modelos de gestión participativa y capacitación comunitaria; y (v) integración de las políticas energéticas a objetivos más amplios de seguridad alimentaria, inclusión productiva, salud y educación.

Las lecciones derivadas de los programas analizados ofrecen insumos relevantes para futuros procesos de universalización en contextos de “*last-mile*” o última milla, tanto en la Región Panamazónica como en regiones de África y Asia, fortaleciendo la perspectiva de un acceso universal, permanente, justo y de calidad, conforme lo establecido por el ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7).

En este sentido, el análisis de diferentes programas e iniciativas de políticas públicas permitió identificar dimensiones clave que sintetizan las principales lecciones aprendidas. Los resultados confirman que la última milla de la universalización exige la integración de RED renovables, como Sistemas fotovoltaicos individuales con almacenamiento en baterías, minirredes híbridas y soluciones comunitarias. Experiencias como el PERMER (Argentina), el PNER (Colombia y Perú), el FERUM (Ecuador) y el LPT (Brasil) muestran que la combinación entre extensión de la red, minirredes y sistemas off-grid asegura una mayor cobertura territorial.

El uso de metodologías de planificación geoespacial integrada (IESP/ESMAP) permite componer carteras *least-cost* que concilian diferentes soluciones tecnológicas con cronogramas, metas de calidad y planes de financiamiento asociados. Los indicadores multinivel (MTF/ESMAP) demuestran que la simple conexión no garantiza suficiencia energética, lo que refuerza la necesidad de estándares mínimos (Nivel 3) para usos productivos y seguridad alimentaria.

A continuación, se sistematizan, en ocho dimensiones establecidas por Municio et al. (2022) y Udaeta et al.

(1997, 2012; 2015, 2016), los principales resultados de las evaluaciones de las políticas públicas, complementados por la **Tabla 18**, que consolida los hallazgos de los análisis dentro de cada dimensión.

3.3.1 Dimensiones de análisis y lecciones aprendidas

Estrategias de decisión

Los procesos conducidos por empresas privadas priorizaron la rentabilidad, mientras que las decisiones públicas aseguraron una mayor equidad. En el PERMER, la decisión sobre la tecnología quedaba a cargo de la concesionaria, regulada por las provincias, o de la empresa que operacionaliza la iniciativa, como en el caso de ESMAP. En el LPT (Brasil), el PNER (Colombia) y el SL (Venezuela), las decisiones centralizadas en ministerios y reguladores favorecieron criterios sociales.

La gobernanza pública mostró mayor capacidad para reducir desigualdades, sobre todo en áreas de baja densidad. La experiencia internacional indica que la adopción de modelos PAYG (Pago por uso), con estándares técnicos certificados y asistencia técnica, puede aumentar la Confiabilidad y la Accesibilidad económica, reduciendo la desigualdad en el proceso decisorio; por otro lado, los países con programas diseñados específicamente para subsidiar el pago de la tarifa de energía eléctrica para consumidores de bajos ingresos se han mostrado eficaces para atenuar la pobreza energética.

Desarrollo de soberanía energética

Los modelos con fuerte participación privada estimularon los mercados nacionales de renovables, como en Chile, con incentivos a la industria Solar y térmica. Los programas públicos, como el LPT y el SL (Venezuela), priorizaron la soberanía local y, en el caso del SL, la autonomía comunitaria, aunque con menor dinamismo de mercado. Ambos arreglos evidencian *trade-offs* entre el fortalecimiento industrial y la consolidación de capacidades locales, demostrando la importancia de valorizar los recursos renovables locales y las tecnologías desarrolladas nacionalmente, fortaleciendo los mercados internos e incentivando la transferencia tecnológica en proyectos de cooperación. Esta estrategia equilibra el fortalecimiento industrial con la consolidación de capacidades comunitarias.

Marcos legales e institucionales

Las ejecuciones distribuidas y multiagente, como en el PNER colombiano, con FAER, FAZNI y FOES, y en Chile, con FAE y Fondos tarifarios, fomentaron nuevos instrumentos

de política, mientras que los modelos centralizados y dependientes de renta exclusiva, como el SL (Venezuela) dependiente del superávit de la exportación de petróleo, limitaron la Sostenibilidad a largo plazo, a pesar de los beneficios sociales inmediatos.

Marcos regulatorios claros, como el Decreto 1623/2015 en Colombia y los parámetros técnicos del LPT – definidos en un manual de operacionalización –, aseguraron mayor previsibilidad. La estandarización de protocolos técnicos según el contexto, con potencia mínima, autonomía y límites de interrupción, se mostró eficaz para facilitar la adquisición, la puesta en servicio y el mantenimiento.

Modelos de gestión

Los protocolos técnicos estandarizados y los modelos de gestión participativa, acompañados de apoyo institucional, reforzaron la autonomía comunitaria. El SL (Venezuela) capacitó operadores comunitarios para O&M, mientras que el PERMER operó con concesiones privadas reguladas por agencias provinciales. El LPT estructuró una gestión multiagente (MME, ANEEL, ENBPar y concesionarias).

Estas experiencias demuestran que los modelos de gestión híbrida – comunitaria con apoyo técnico regulado –, con capacitación gubernamental y arreglos multiagente que fortalezcan indicadores verificables de participación y operación, aumentan la Confiabilidad y la apropiación local.

Estructura económica y financiamiento

Las fuentes estables de Financiamiento fueron determinantes: la CDE en Brasil, el FERUM en Ecuador, el FISE en Perú y el *Energy Emergency and Stabilisation Fund* en Chile garantizaron la Sostenibilidad financiera a largo plazo, mientras que los programas basados en Recursos financieros de Fondos exclusivos de la renta petrolera (SL – Venezuela) o en Subsidios inestables demostraron mayor vulnerabilidad. Además, los instrumentos de Subsidio tarifario (Tarifa Social en Brasil, FOES en Colombia) garantizaron la Accesibilidad a las familias de bajos ingresos.

El uso de Fondos dedicados y estables, con reglas claras de elegibilidad y desembolso por desempeño (CAPEX y O&M), es esencial. Por lo tanto, las estructuras financieras recomendadas incluyen Presupuesto público, Fondos sectoriales, cooperación internacional, instrumentos de *de-risking*⁷ y modelos de garantía de pago o exención de la tarifa de energía eléctrica según el ingreso de las familias beneficiarias.

Estrategias tecnológicas

La estandarización de modelos tecnológicos según el contexto socioespacial incrementó la eficiencia y la equidad: el LPT brasileño definió parámetros mínimos (80 kWh/mes por UC en SIGFI y hasta 100 kWp en MIGDI); el PNER peruano estableció potencia mínima en SFV y priorizó minirredes renovables en poblados medianos; el SL venezolano aplicó soluciones diferenciadas por fase (SFV individuales, SFV comunitarios, híbridos), pero sin estandarización nacional, lo que dificultó el mantenimiento.

Quedó claro que es fundamental adoptar especificaciones de referencia por territorio, asegurando homogeneidad en la operación y en el desempeño. No obstante, persisten cuellos de botella, como la baja Confiabilidad off-grid, el alto costo de las minirredes y la fragmentación de datos, lo que demanda registros georreferenciados y auditorías independientes.

Beneficios socioeconómicos

Mientras que el LPT (Brasil) priorizó principalmente el acceso a la energía eléctrica domiciliar, el SL (Venezuela) y el PERMER (Argentina) enfatizaron la infraestructura comunitaria, como escuelas, unidades de salud y sistemas de bombeo de agua.

La suficiencia energética se mostró esencial para viabilizar la transformación socioeconómica, siendo que los indicadores multinivel (MTF/ESMAP) confirman que el Nivel 3 representa el umbral mínimo necesario para asegurar usos productivos, seguridad alimentaria y servicios comunitarios.

⁷ Los instrumentos de *de-risking* son mecanismos financieros e institucionales creados para reducir riesgos percibidos o reales en proyectos de inversión, especialmente en sectores como energía renovable, Infraestructura y universalización del acceso a la electricidad, creados con el objetivo de atraer capital privado a contextos en los que el riesgo se considera muy alto (por ejemplo, proyectos en regiones remotas, con baja densidad poblacional o incertidumbres regulatorias), cubriendo la morosidad del tomador, fallas técnicas o de ejecución y riesgos de expropiación, guerra, cambios legales abruptos y mitigando la inseguridad jurídica y regulatoria. Son ejemplos: (i) el Banco Mundial/ESMAP con garantías parciales de riesgo para proyectos solares off-grid en países africanos; (ii) el BID con Fondos de primera pérdida en minirredes en América Latina; y (iii) Brasil con la CDE actuando indirectamente como instrumento de *de-risking* al cubrir costos no recuperables de la universalización.

Además, la integración de la electrificación con políticas de salud, educación, agua y agricultura, junto con instrumentos orientados a usos productivos de mayor impacto en el ingreso, como bombeo, refrigeración y cadena de frío, amplía los efectos positivos del acceso.

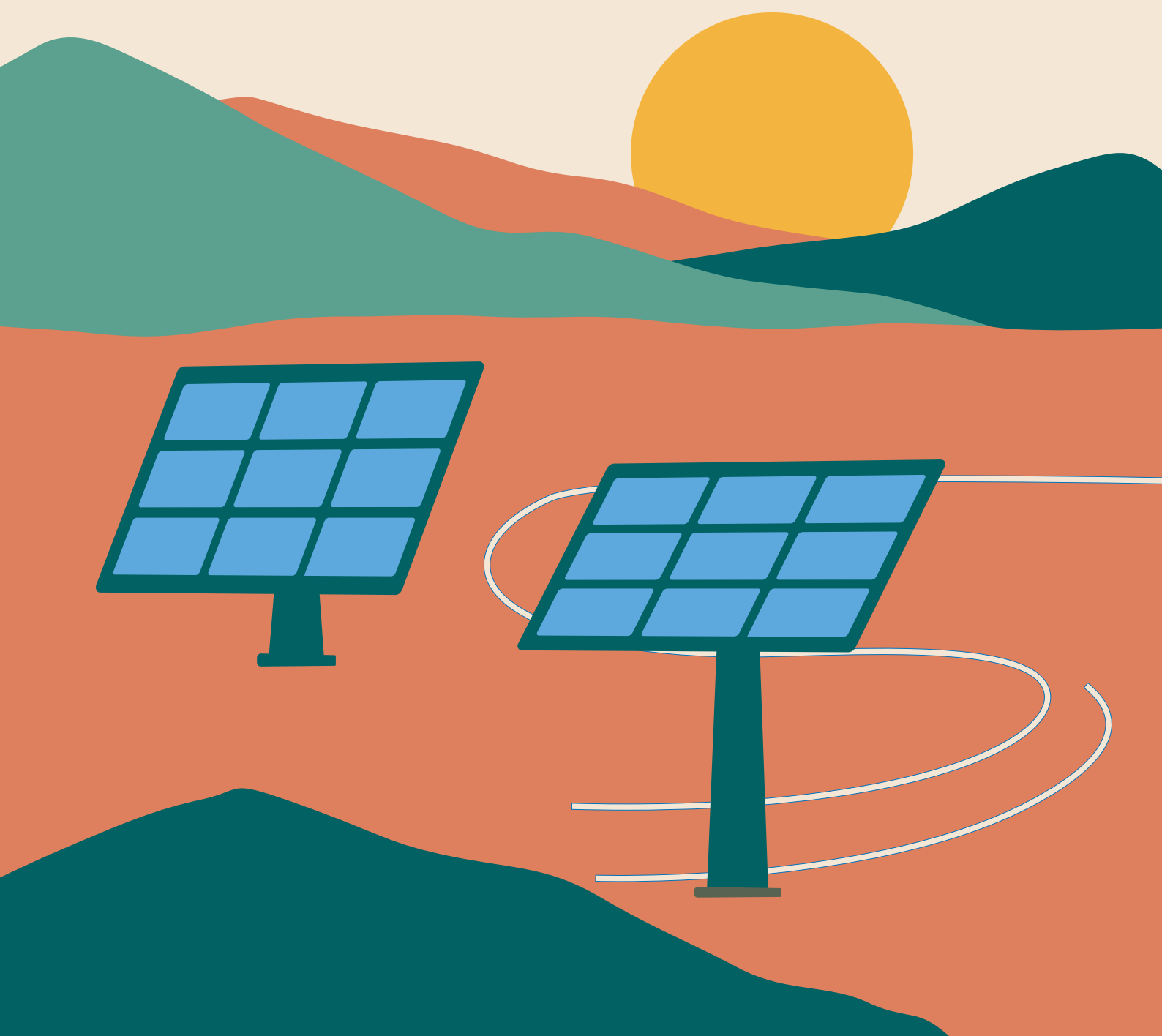
En este sentido, la Eficiencia energética y los programas educativos, como el *Programa con Buena Energía en Chile*, refuerzan que la universalización de la electricidad debe estar articulada con el desarrollo territorial sostenible.

Tabla 18. Sistematización de las dimensiones analizadas.

Dimensión	Indicadores	Gobernanza	Financiamiento	Tecnologías	Beneficios
Cobertura rural	REI, MTF (Nivel 3 mínimo); cobertura territorial; % de UC atendidas.	Coordinación ministerial; ejecución descentralizada (concesionarias, comunidades).	Fondos sectoriales, Presupuesto público, cooperación internacional.	SFV, minirredes híbridas, SFV comunitario; integración red + off-grid.	Expansión de la cobertura eléctrica en áreas rurales dispersas.
Estrategias de decisión	Criterios sociales vs. rentabilidad; inclusión de poblaciones aisladas.	Procesos privados (PERMER) vs. públicos (LPT, PNER).	La decisión pública garantiza Subsidios sociales; la privada depende de APP.	Elección tecnológica regulada por concesionarias (PERMER) vs. normas públicas (LPT).	Reducción de desigualdades de acceso; inclusión de poblaciones vulnerables.
Soberanía energética	Participación del mercado renovable; fortalecimiento de la autonomía local.	Chile: mercado renovable; LPT/SL: estatal; PNER: fondos multiagente.	Mercado nacional (Chile); fondos estatales (SL, LPT, PNER).	DER nacionales; tecnologías locales; incentivo a la industria.	Fortalecimiento de la soberanía local y/o del mercado renovable.
Marcos legales e institucionales	Existencia de decretos y normas, parámetros (SIGFI/MIGDI).	Modelos multiagente (Colombia); centralizado (SL); híbrido (Brasil).	FAER, FAZNI, FOES (Colombia); FERUM (Ecuador); CDE (Brasil).	Protocolos técnicos (SIGFI/MIGDI); normas regulatorias.	Mayor Sostenibilidad a largo plazo; previsibilidad regulatoria.
Modelos de gestión	Protocolos técnicos; indicadores de participación comunitaria; O&M realizado localmente.	Gestión comunitaria (SL), concesiones privadas (PERMER), multiagente (LPT).	Modelos híbridos: Subsidios públicos + apoyo comunitario.	Gestión comunitaria con capacitación; concesiones privadas; gestión pública descentralizada.	Autonomía comunitaria; mayor Confiabilidad y apropiación local.
Estructura económica y financiamiento	Fuentes estables (CDE, FAER, FERUM, FISE); Subsidios tarifarios (FOES, Tarifa Social).	Fondos sectoriales; agencias reguladoras; auditorías externas.	Fuentes estables: CDE, FERUM, FISE; Subsidios a O&M y Tarifas sociales.	Sistemas FV individuales, híbridos; integración con almacenamiento; soluciones colectivas.	Continuidad de las acciones; Accesibilidad para familias de bajos ingresos.
Estrategias tecnológicas	Estandarización tecnológica; potencia mínima por UC; tipología de sistemas (SFV, minirredes, híbridos).	Planificación central; ejecución local; regulación técnica nacional.	CAPEX público, cooperación internacional, apoyo de APP.	Estandarización tecnológica según el contexto socioespacial; requisitos mínimos de potencia.	Equidad territorial en la atención; eficiencia en la expansión.
Beneficios socioeconómicos	Indicadores Nivel 3; acceso a salud, educación, usos productivos; infraestructura comunitaria atendida.	Integración intersectorial: salud, educación, agricultura, agua.	Subsidios sociales, Fondos intersectoriales, cooperación internacional.	FV domiciliario; soluciones para escuelas, salud y bombeo; Eficiencia energética doméstica.	Transformación socioeconómica; seguridad alimentaria; servicios colectivos garantizados.

4

REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA



4.1 ACCESO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA: UNA REVISIÓN BIBLIOMÉTRICA Y SISTEMÁTICA

Para la revisión de la literatura presentada en este capítulo, se utilizó la plataforma Web of Science con el fin de recopilar referencias de trabajos realizados en torno a la temática del acceso a la energía eléctrica por medio de proyectos piloto o estudios de caso, geográficamente limitados a la Región Panamazónica.

La plataforma Web of Science (WOS 2020) reúne artículos de revistas científicas, libros e informes de trabajo en una base de datos con publicaciones originadas en diversos países y en distintas áreas del conocimiento. La herramienta permite identificar las publicaciones indexadas más relevantes de un área del conocimiento y las tendencias científicas actuales.

La selección de las palabras clave respetó los criterios mencionados. La **Tabla 19** presenta la selección de la combinación de palabras clave utilizada en la investigación y el número de registros de artículos.

El tratamiento de la información de los registros seleccionados se realizó de modo a identificar registros duplicados y con información ausente, como título, resumen y número DOI. Se identificaron 103 registros duplicados y 28 con información ausente. Después de filtrar los valores seleccionados, quedaron 140 registros.

La fase final del cribado tuvo por objetivo identificar títulos y resúmenes de los artículos que presentaran adherencia al tema. La identificación de la adherencia siguió la escala de clasificación que puntúa con 0 los registros con poca

Tabla 19. Consolidación de las palabras clave y registros encontrados.

Palabras clave	Resultados
energy access OR electricity access OR renewable energy AND off-grid OR stand-alone system OR remote energy system AND case stud* OR pilot project* AND Amazon	10
power system OR isolated system OR energy system AND remote communit* OR isolat* area OR isolat* communit* AND case stud* OR pilot project* OR field experiment* OR demonstration project OR real-world application OR implementation OR practical experienc* OR decentralized energy project AND Amazon	68
energy access OR electricity access OR renewable energy AND case stud* OR pilot project* OR field experiment* OR demonstration project OR real-world application OR implementation OR practical experienc* OR decentralized energy project AND remote communit* OR isolated area OR rural communit* OR isolat* communit* AND Amazon	37
solar energy OR biomass energy OR micro hydro OR renewable energy AND off-grid OR microgrid OR isolated system AND Case stud* OR pilot project AND Amazon OR Amazon region OR Amazon rainforest	16
solar energy OR biomass energy OR micro hydro OR renewable energy OR power system OR isolated system OR energy system AND off-grid OR microgrid OR isolated system AND case stud* OR pilot project* OR field experiment* OR demonstration project OR real-world application OR implementation OR practical experienc* OR decentralized energy project AND Amazon OR Amazon region OR Amazon rainforest	138
Energy access AND Community training AND Amazon	11
Total	280

o ninguna adherencia, con 1 los registros con adherencia media y con 2 los registros totalmente adherentes al tema de la investigación. Así, 95 registros tuvieron poca o ninguna adherencia, 28 tuvieron adherencia media y 25 registros fueron clasificados como totalmente adherentes. El análisis de la bibliografía se concentró únicamente en los registros totalmente adherentes al tema de la investigación.

El análisis sistemático de la literatura seleccionada permitió identificar la distribución geográfica de las publicaciones, la distribución temporal, la distinción de enfoques, la renovabilidad y las fuentes de energía utilizadas en los estudios de caso, el número de fuentes de energía utilizadas en los sistemas, el tipo de almacenamiento de energía, la finalidad del uso energético y las principales conclusiones y contribuciones de las publicaciones científicas al acceso a la energía eléctrica en la Región Panamazónica.

En relación con la distribución geográfica de las soluciones energéticas propuestas, la mayor parte se concentró en Brasil. La **Figura 17** muestra la distribución geográfica

de los proyectos piloto determinados en la revisión de la literatura científica.

Poco más del 54% de las publicaciones fueron conducidas y probadas en la porción brasileña de la Amazonía. De las 24 de las 25 publicaciones seleccionadas que contenían información geográfica, 14 se realizaron en Brasil. Perú y Ecuador tuvieron cuatro publicaciones identificadas cada uno, seguidos de Colombia, con tres, y Bolivia, con solo una publicación en su territorio.

De las 25 publicaciones científicas, solo 10 facilitaron coordenadas geográficas aproximadas de los sistemas energéticos. La mayor parte de los sistemas energéticos localizados se encuentran en Brasil: ocho sistemas, distribuidos en los estados de Pará (estado brasileño) (tres), Amazonas (dos), Tocantins (estado brasileño) (dos) y Roraima (estado brasileño) (uno). Los otros dos sistemas se encuentran en Ecuador, en Zamora (provincia ecuatoriana) y Orellana (provincia ecuatoriana). La **Figura 18** revela la distribución temporal del número de registros seleccionados.

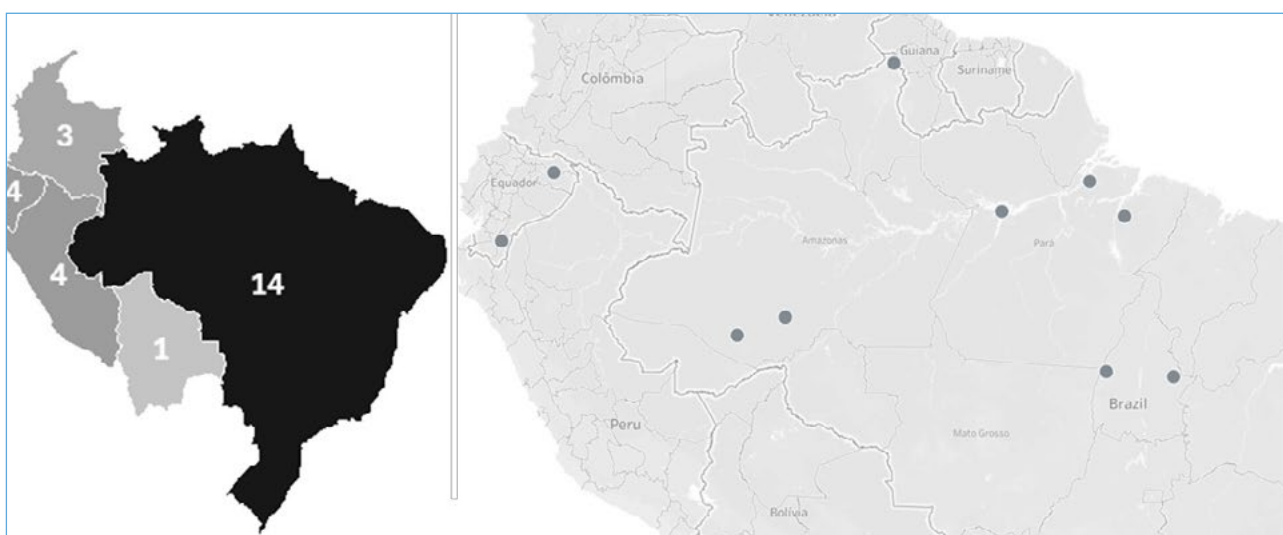


Figura 17. Distribución geográfica de los proyectos piloto de la revisión de la literatura científica.

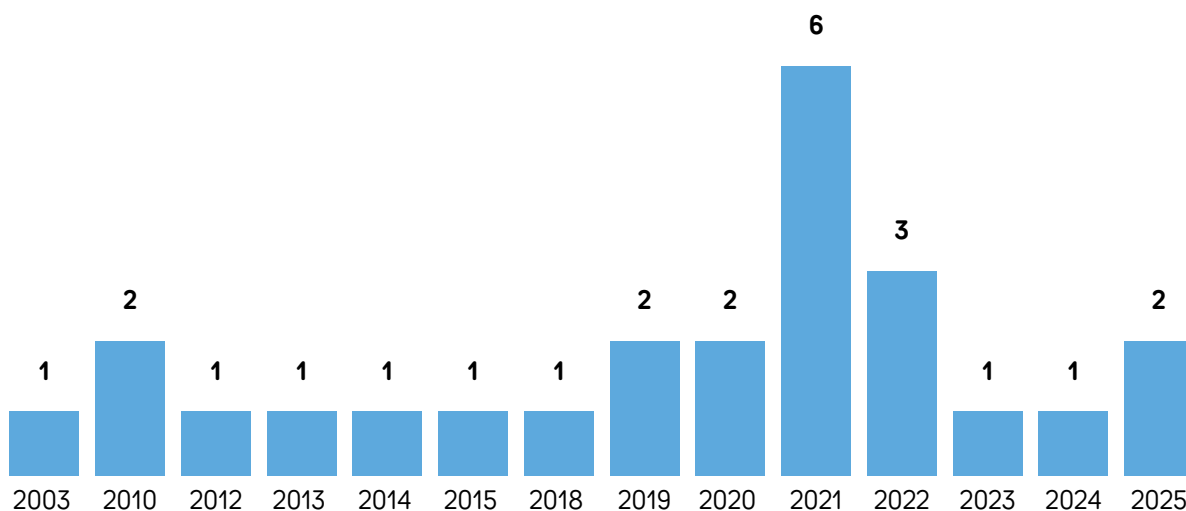


Figura 18. Número de registros por año de publicación.

Los registros presentan una variación temporal de 22 años, entre 2003 y 2025. La mayor ocurrencia de registros se observa en el año 2021, con seis registros, seguido por el año siguiente, 2022, con tres registros. Los años 2019, 2020 y 2025 contaron con dos registros, así como el año 2010. En los últimos cinco años hubo más publicaciones adherentes al tema de la investigación que en el resto del período temporal, lo que indica una tendencia creciente al estudio de proyectos piloto o estudios de caso con energía renovable en la Amazonía. La Figura 19 muestra la ocurrencia de los diferentes enfoques identificados en los registros seleccionados.

Las publicaciones científicas presentan una tendencia tecnocrática en la evaluación de proyectos piloto o estudios de caso que involucran soluciones energéticas para el acceso a la energía eléctrica en la Región Panamazónica. El enfoque exclusivamente técnico, es decir, aquel que se centra estrictamente en los aspectos de funcionamiento técnico de los sistemas empleados, fue el enfoque más identificado entre los registros, apareciendo siete veces. A continuación, los enfoques técnicos combinados con económicos, con cinco ocurrencias, y los enfoques técnicos, económicos, ambientales y sociales (Brandão et al. 2021;

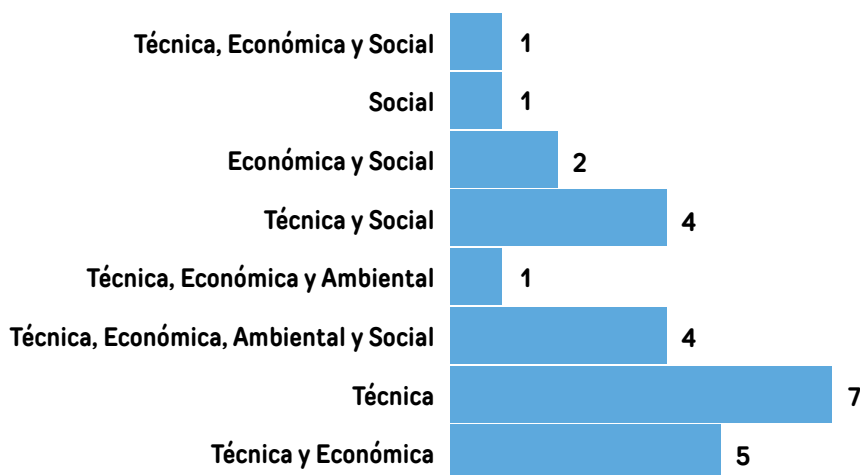


Figura 19. Enfoque de análisis de los registros seleccionados.

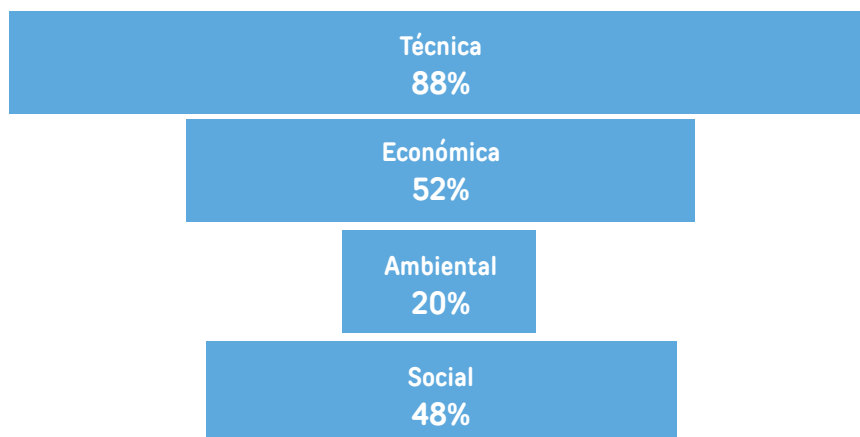


Figura 20. Consolidación de la proporción de enfoques de los registros seleccionados.

Duarte et al. 2010; Espinoza, Jara-Alvear y Flores 2018; Fonseca et al. 2021), así como los enfoques técnicos y sociales (Del-Río-Carazo et al. 2021; Lembi et al. 2025; Lillo, Ferrer-Martí y Juanpera 2021; Mazzone 2020), ambos con cuatro ocurrencias, completan la lista de las tres combinaciones que más se repitieron entre los artículos seleccionados. Además del enfoque técnico, solo fue posible identificar un registro con foco exclusivamente social entre todos los enfoques evaluados (Lillo et al. 2015). La **Figura 20** presenta la proporción de ocurrencias de los enfoques.

La predominancia del enfoque técnico, identificada en el 88% de las ocasiones, puede explicarse por su casi omnipresencia en los registros. Solo tres publicaciones no tuvieron un foco de evaluación del funcionamiento técnico de los sistemas (Lillo et al. 2015; Mazzone 2019; Valer et al. 2014). Los enfoques económico y social se presentaron de forma similar, con un 52% y un 48%, respectivamente. El enfoque ambiental se dio únicamente en el 20% de los registros, aunque todas las publicaciones trataban de sistemas energéticos de aprovechamiento de fuentes renovables de energía. La **Figura 21** muestra la proporción del aprovechamiento de las fuentes de energía utilizadas en los sistemas energéticos.

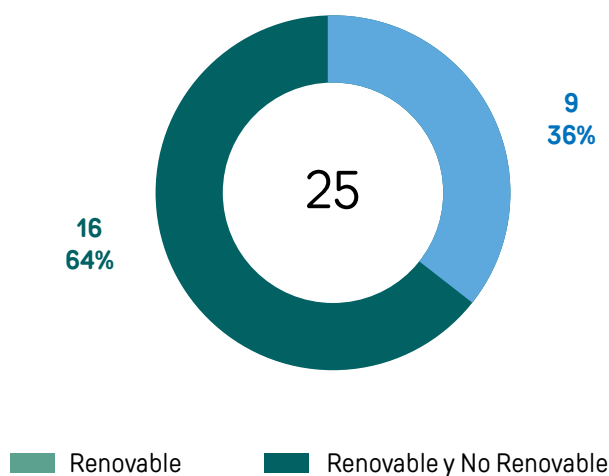


Figura 21. Distribución de los tipos de fuentes, renovables y fósiles, utilizadas en los proyectos piloto.

Todos los sistemas energéticos descritos en las publicaciones aprovecharon el uso de fuentes renovables de energía. Sin embargo, más del 60% de los proyectos piloto o estudios de caso utilizaron el diésel como combustible fósil, ya sea de forma complementaria o como respaldo en caso de fallas en el sistema. La **Figura 22** detalla la ocurrencia del diésel y de otras opciones tecnológicas en las publicaciones observadas.

El diésel se utilizó en 11 de las 25 soluciones energéticas evaluadas, siendo la tercera fuente más frecuente. La fuente solar fotovoltaica, por su parte, estuvo presente en 20 de las 25 publicaciones, lo que indica que el acceso a la energía eléctrica descentralizada en la Región Panamazónica puede facilitarse mediante el aprovechamiento de la fuente solar de energía, debido al aislamiento que el bioma impone a determinadas comunidades y a la aptitud para el aprovechamiento del recurso solar en la región amazónica.

En consonancia con el aprovechamiento solar está el uso de tecnologías de almacenamiento de energía, que se demostró fundamental en sistemas autónomos para 20

de las 25 soluciones energéticas investigadas. En menor proporción se encuentra el uso de la fuente hidráulica (Clairand et al. 2022; Guignard et al. 2022; Lembi et al. 2025; Lillo et al. 2015; da Luz, Vila y Ferreira 2023), la biomasa (Brandão et al. 2021; Duarte et al. 2010; Fonseca et al. 2021; Pinheiro et al. 2012), la eólica (Clairand et al. 2022; Lillo et al. 2015; da Luz et al. 2023), el hidrógeno (Fonseca et al. 2021; Rezk et al. 2020; Silva, Severino y de Oliveira 2013) y el biocombustible (Rodrigues et al. 2021), con variaciones de entre una y cinco ocurrencias.

Además de las fuentes de energía y de sus tecnologías de aprovechamiento, fue posible identificar la tecnología de almacenamiento de energía empleada en los sistemas energéticos. La **Figura 23** muestra la distribución de las tecnologías de almacenamiento de energía.

El uso de baterías de plomo-ácido fue el más frecuente entre las tecnologías identificadas. Ocho sistemas energéticos optaron por utilizar plomo-ácido para almacenar energía en publicaciones desde el año 2003 hasta el año 2025, mientras que no fue posible identificar la tecnología en siete ocasiones.

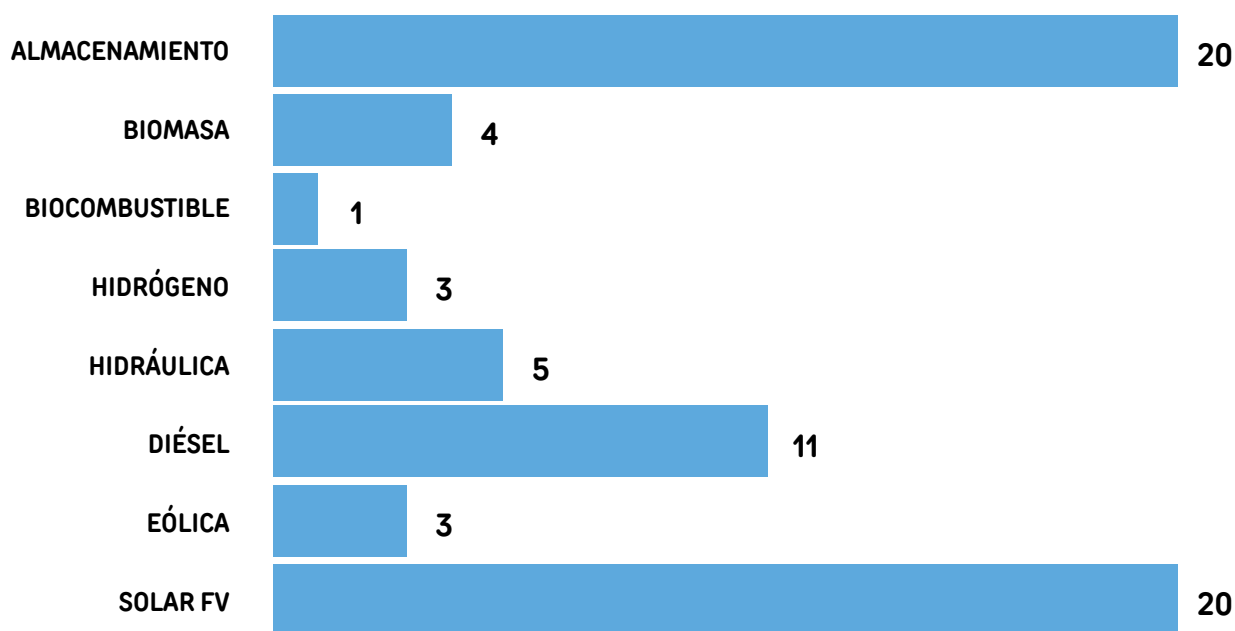


Figura 22. Ocurrencias por tipo de solución tecnológica en los proyectos piloto seleccionados.

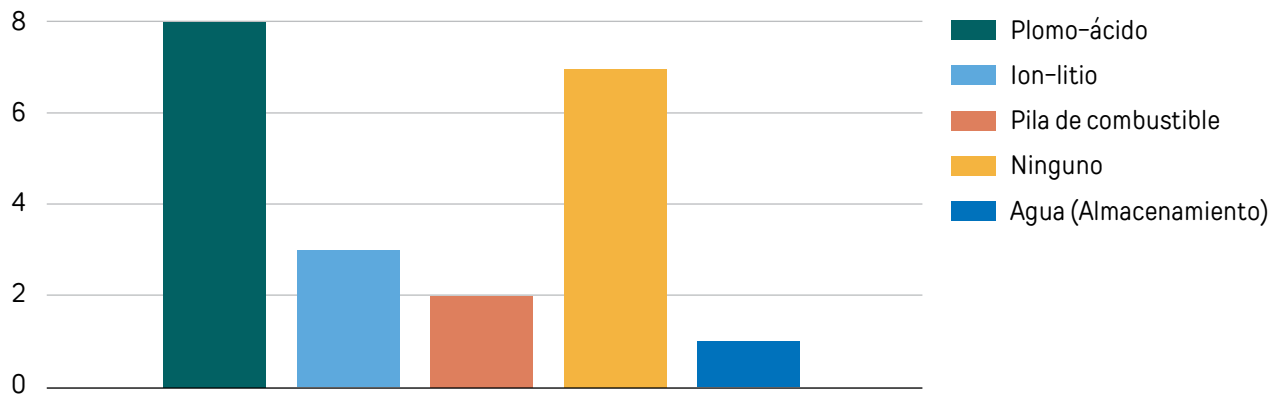


Figura 23. Ocurrencias de tipos de tecnologías de almacenamiento en los proyectos piloto.

Las baterías de ion-litio se identificaron en tres oportunidades en trabajos publicados a partir de 2022 (Domenech et al. 2022; da Luz et al. 2023; Rodriguez, Arcos-Aviles y Guinjoan 2024). El almacenamiento mediante celdas de combustible, que se trata de conversiones electroquímicas utilizadas en proyectos de aprovechamiento energético del hidrógeno, se presentó en dos publicaciones (Fonseca et al. 2021; Rezk et al. 2020).

Por último, una publicación exploró el uso de almacenamiento de agua en un embalse con el fin de utilizarla para mover una turbina y, así, generar electricidad

cuando el sistema fotovoltaico no es capaz de convertir la energía solar en eléctrica (Guignard et al. 2022).

La combinación de diferentes tecnologías para el aprovechamiento de las fuentes de energía se observó en los sistemas energéticos evaluados, como se detalla en la **Figura 24**.

La combinación de fuentes y tecnologías de aprovechamiento de energía se mostró común entre las publicaciones científicas. Solo dos registros evaluaron sistemas energéticos con una única fuente: biomasa (Rodrigues et al. 2021) y biocombustible (Pinheiro et al. 2012).

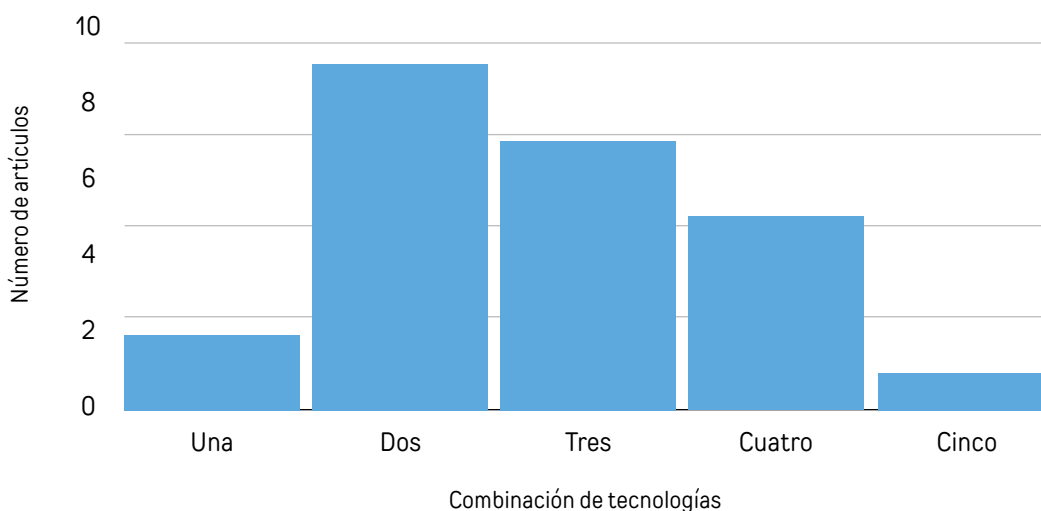


Figura 24. Ocurrencia de combinaciones tecnológicas en los proyectos piloto.

Se observó la combinación de dos tecnologías en la mayoría de las publicaciones, con nueve ocurrencias, seguida de cerca por la combinación de tres, con siete ocurrencias, y de cuatro, con cinco ocurrencias. La combinación de cinco tecnologías en un sistema energético ocurrió una vez, en la que se consideró un sistema energético que aprovechara energía solar, hidroeléctrica, eólica y diésel y utilizara un sistema de almacenamiento con baterías de ion-litio (da Luz et al. 2023). Además, la combinación del aprovechamiento energético exige diseñar un sistema de distribución de la electricidad generada. La **Figura 25** presenta la ocurrencia de las tipologías eléctricas encontradas en los registros analizados.

La mayor parte de los proyectos piloto o estudios de caso de acceso a la energía eléctrica realizados en la Región

Panamazónica utilizaron un sistema de distribución en microrredes. El 67% de las publicaciones desarrolló sistemas que utilizaban microrredes para el uso de la carga.

Solo el 29%, o 7 publicaciones, dispusieron de sistemas off-grid autónomos, es decir, sistemas que generan electricidad para satisfacer directamente a la unidad consumidora. Hubo solo una publicación que comparó impactos del acceso a la electricidad por medio de sistemas *off-grid* y *conectado a la red*, lo que explica la presencia del registro *conectado a la red* en la contabilización de los resultados bibliométricos (Valer et al. 2014). Gran parte de los sistemas energéticos fueron diseñados para proporcionar electrificación a las comunidades o residencias donde se implementaron, como muestra la **Figura 26**.

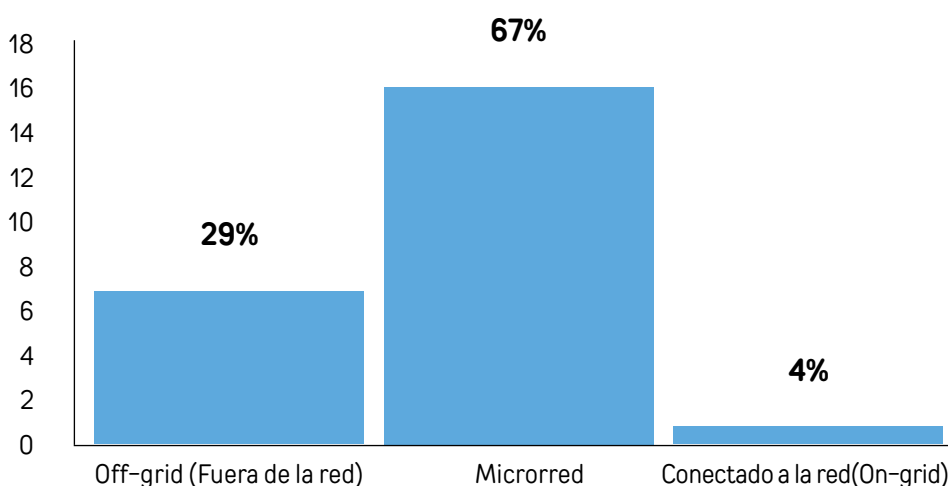


Figura 25. Ocurrencias de los tipos de topologías de las soluciones de suministro de los proyectos piloto.

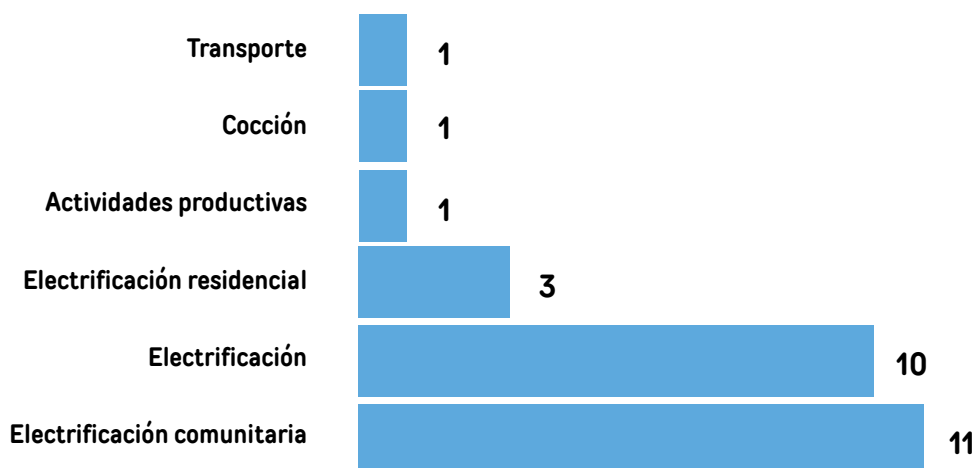


Figura 26. Tipos de unidades consumidoras atendidas por los proyectos piloto.

La finalidad de los sistemas más identificada fue la de electrificación comunitaria y electrificación en general (sin especificar la unidad consumidora). Once publicaciones tuvieron la electrificación comunitaria como finalidad principal del sistema energético, seguida por la electrificación en sentido y uso general, con 10 ocurrencias, y por la electrificación de residencias, con solo tres registros. Se observó que los sistemas energéticos también atendieron finalidades de transporte, cocción y actividades productivas. En dos ocasiones los sistemas energéticos atendían a más de una finalidad, lo que explica que la suma de las ocurrencias de las finalidades sea mayor que el número de publicaciones seleccionadas.

4.2 ACCESO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA: RESULTADOS DE LA REVISIÓN BIBLIOMÉTRICA Y SISTEMÁTICA

La revisión sistemática de la literatura mostró que el 88%, es decir, 22 de las 25 publicaciones adherentes al tema de este estudio, tenía como foco revelar el funcionamiento técnico de las soluciones energéticas propuestas. Y siete de ellas tenían este como único objetivo. La presencia masiva del enfoque técnico en publicaciones científicas sobre proyectos piloto o estudios de caso acerca del acceso a la energía eléctrica en la Región Panamazonica puede reflejar una tendencia a una mirada utilitarista de la situación de vulnerabilidad energética de las comunidades.

Lillo et al. (2015), que evaluó modelos de gestión de sistemas off-grid implementados en comunidades aisladas en Perú, ya había alertado sobre las limitaciones del impacto de las soluciones energéticas en la vida de los comunitarios cuando proyectos puramente tecnocráticos se desarrollaban fuera del contexto comunitario sin considerar las demandas, necesidades, cultura, barreras y costumbres de las comunidades. Además, el autor advirtió sobre la falta de participación comunitaria en las fases cruciales de desarrollo del proyecto. Para Pena et al. (2025), no involucrar a quienes reciben la solución energética impide la transferencia tecnológica y de conocimiento para ambos actores de esta relación, además de comprometer la sostenibilidad de la iniciativa.

La constatación de la limitación en la transferencia de conocimiento y tecnología puede percibirse al

contabilizar los proyectos que involucraron a la comunidad en la implementación de las soluciones de forma de proporcionar entrenamientos y capacitaciones comunitarias. De los 25 proyectos seleccionados, solo siete incluyeron o mencionaron participación comunitaria de manera que permitiera la transferencia tecnológica y de conocimiento. De estos siete, solo una publicación informó el número de comunitarios involucrados en la transferencia tecnológica y de conocimiento e hizo la distinción de género de los involucrados. De las seis publicaciones restantes, una aprovechó la mano de obra de la comunidad sin promover entrenamiento o capacitación, mientras que las otras cinco publicaciones relataron entrenamiento o capacitación sin la contabilización de los participantes.

Lembi et al. (2025)⁸ diseñó soluciones energéticas off-grid de aprovechamiento solar e hidráulico en la Amazonía brasileña con coparticipación de las comunidades atendidas. Cerca de 70 comunitarios estuvieron involucrados en todas las fases de implementación de los proyectos, entre los cuales tres eran mujeres. Según el autor, la participación comunitaria en el desarrollo integral de la iniciativa es una acción necesaria para tornar a la comunidad autosuficiente en relación con la solución energética y garantizar la sostenibilidad de los proyectos. El autor relata, además, que la planificación de la tecnología de aprovechamiento de la energía hidráulica se llevó a cabo en puntos del río indicados por la comunidad a partir del conocimiento tradicional. A pesar de los desafíos de gestionar el proceso de involucramiento comunitario, fue posible estimular la transferencia tecnológica y de conocimiento para alcanzar beneficios en ambos lados del proceso.

Cabe resaltar que, de las siete publicaciones que relataron algún grado de participación comunitaria, cinco eran exclusivamente renovables, ninguna tenía un enfoque estrictamente técnico y tres propusieron la distribución de la energía mediante microrredes.

Obviamente, el número restringido de proyectos adherentes encontrados y los filtros combinados no permiten realizar ninguna conclusión. No obstante, se sabe que la transferencia tecnológica y de conocimiento

⁸ Los autores de esta publicación científica son de la *Universidad Estatal de Michigan (MSU)* y relatan el mismo proyecto piloto presente en la evaluación de soluciones energéticas desarrolladas por organizaciones con apoyo de la Fundación Mott. Por lo tanto, en el presente estudio, este proyecto aparece tanto en la revisión de la literatura científica como en la evaluación cuantitativa y cualitativa de proyectos piloto incentivados por Fundación Mott.

confiere una noción de propiedad de los sistemas a quienes los reciben (Fressoli et al. 2013), y que los sistemas comunitarios aumentan aún más la noción de apropiación tecnológica. Así, si los entrenamientos y la participación comunitaria son más frecuentes en sistemas comunitarios, la difusión de la elección comunitaria parece coherente, dado que los sistemas comunitarios aumentan el grado de confiabilidad y de involucramiento de la comunidad en la gestión del sistema.

Gran parte de las publicaciones revelaron el uso de microrredes para la distribución de la energía generada en la comunidad por las soluciones energéticas de estudio de caso. Cerca del 67% de las publicaciones relataron la adopción de microrredes. Las razones para ello pueden incluir una tendencia a optimizar esta distribución, dado que la generación de energía eléctrica se centraliza en un punto de la comunidad y su distribución se facilita por medio de una infraestructura simple. La mitad de las publicaciones que mencionaron el sistema de distribución en microrredes tenían como finalidad la electrificación comunitaria. Esto refuerza la hipótesis de la preferencia por el uso de microrredes en sistemas remotos.

Rodriguez et al. (2024) propuso un modelo de gestión de energía para optimizar el manejo de microrredes en comunidades aisladas de la Amazonía ecuatoriana. Los resultados mostraron una reducción anual del 2,4% de energía desperdiciada y del 1,5% del consumo de energía fósil. Para el autor, los sistemas de distribución interconectados en comunidades aisladas tienen un funcionamiento mejorado en relación con aquellos aislados y, además, las microrredes interconectadas son mejores que las microrredes separadas.

De los 16 estudios que incluyeron el uso de microrredes para las soluciones energéticas en localidades aisladas de la Amazonía, 12 combinan tres o más tecnologías de generación y almacenamiento de energía, solo tres publicaciones estudian la combinación de dos tecnologías y ninguna cita una única opción tecnológica. Esto refuerza la característica de expandir usos tecnológicos para aprovechar el potencial de las fuentes de energía en localidades aisladas en la Amazonía.

Los beneficios del uso de microrredes en sistemas aislados en la Amazonía son destacados por da Luz

et al. (2023) al considerar la posibilidad de combinar múltiples tecnologías de generación de energía eléctrica para proporcionar confiabilidad y eficiencia al sistema en comparación con sistemas individuales. El estudio probó la combinación de cinco tecnologías de aprovechamiento energético para la generación de electricidad, concluyendo que el uso de un sistema híbrido con generador a diésel, sistema fotovoltaico y batería es la mejor configuración cuando no se pueden aprovechar recursos hídricos. Para el autor que condujo un estudio sobre diferentes enfoques de diseño de microrredes en la Amazonía, estos sistemas simplificados de distribución de energía en localidades aisladas son coherentes con los desafíos de la electrificación rural.

Pena et al. (2025) diseñó un sistema fotovoltaico para atender demandas productivas del beneficiamiento del açai en Comunidades ribereñas de la Amazonía brasileña. El sistema fue capaz de manejar variaciones diarias de demanda de las actividades de la cadena del açai y de otras actividades económicas, además de atender demandas domésticas de energía eléctrica. Asimismo, el uso de microrredes puede permitir el aumento de la capacidad de los sistemas en caso de que haya variaciones y un potencial aumento de la demanda de energía eléctrica en el futuro, incluyéndose, en algunos casos, actividades económicas para el desarrollo socioeconómico de las comunidades, siempre que los sistemas se diseñen considerando las necesidades de los consumidores (Mazzone 2020).

En relación con el crecimiento de la demanda futura, Mazzone (2019) advierte que el crecimiento demográfico, la migración y el aumento de actividades de generación de ingresos pueden ejercer presión sobre los sistemas energéticos y que el incremento de la demanda puede adaptarse mejor en comunidades que aún mantienen el uso de combustible fósil, a pesar de que la autora destaca las ventajas de aprovechar la energía renovable para la generación de electricidad.

Como se señaló anteriormente, la sostenibilidad del sistema se alcanza con una mayor participación de la comunidad en todas las etapas de implementación de la solución energética. Además, el aumento de las actividades de generación de ingresos puede ser impulsado por el acceso a la energía eléctrica.

Sin embargo, para Duarte et al. (2010), que evaluó escenarios de adición de diferentes cantidades de aceites vegetales al combustible utilizado para generar energía eléctrica en una comunidad en la Amazonía brasileña, es necesario, más que involucrar, crear modalidades de ocupación en la comunidad. La propuesta del autor fue estimular el uso de aceite de palma como energía primaria para reducir el consumo de diésel en la generación de energía eléctrica, actividad que exigió cultivo y creó empleos para la comunidad. Para el autor, el acceso a la energía eléctrica solo impulsa de hecho el desarrollo económico comunitario cuando la fuente de energía depende del trabajo comunitario.

No obstante, es necesario reflexionar sobre este estímulo, ya que la fuente primaria de energía a ser utilizada por los sistemas dependerá de la disponibilidad de recursos en cada región. El uso del aceite de palma, por ejemplo, no sustituyó el uso y la dependencia del diésel en la comunidad evaluada por Duarte et al. Por otro lado, la sustitución de combustible fósil solo se observó cuando se proyectó la implementación de tecnologías de almacenamiento de energía, como fue el caso del estudio publicado por Viteri et al. (2019), que mostró que el mejor escenario de combinación tecnológica para el aprovechamiento energético era el uso de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de energía en comunidades de la Amazonía colombiana, evitando así completamente el uso de combustible fósil.

Los principales impactos ambientales, sociales y económicos encontrados en la revisión de la literatura se enumeran en la **Tabla 20**.

La mayor parte de los impactos sociales están relacionados con el acceso a la energía eléctrica, que, obviamente, está presente en todas las publicaciones. Sin embargo, también se observaron la transferencia de tecnología y conocimiento y el aumento del uso de electrodomésticos (Lembi et al. 2025), la creación de puestos de trabajo permanentes y temporales (Brandão et al. 2021), Iluminación comunitaria y extensión del horario de funcionamiento escolar (Valer et al. 2014), el aumento de la empleabilidad en la agricultura y en procesos productivos en la comunidad (Duarte et al. 2010), el consumo de electricidad por encima de los estándares mínimos internacionales (Mazzone 2020), el aumento del

tiempo para actividades educativas (Del-Río-Carazo et al. 2021) y la mejora en la condición de vida de la comunidad (Lillo et al. 2015).

En cuanto a los principales impactos económicos y ambientales observados, la reducción del consumo de diésel y otros combustibles fósiles fue la principal razón para estimarlos, y se destacó en la mayor parte de las publicaciones. Brandão et al. (2021), que proyectó el uso de biomasa como fuente de energía para una futura planta de sistema aislado en la Amazonía brasileña, estimó una reducción anual de más de 200 mil dólares en comparación con el escenario de utilización de combustible fósil, lo que, en consecuencia, evitaría consumo de agua y la emisión de 131 kg de CO₂ y de material particulado. Fonseca et al. (2021) detalló un estudio de caso de una solución energética con diferentes fuentes renovables y estimó una reducción del consumo de agua y el secuestro de 854 toneladas de CO₂ por año, además de la reducción del consumo de combustible fósil.

Otra publicación que estimó la ganancia económica de forma cuantitativa fue realizada por Del-Río-Carazo et al. (2021), con un ahorro de más de 50 mil euros por año debido a una iniciativa de electrificación de 51 comunidades en Perú. Pena et al. (2025), por su parte, informó ganancias de mejora de rendimiento y beneficiamiento del açaí con la llegada de electricidad para fines productivos en la comunidad. Por último, conviene destacar lo que no fue posible observar en la revisión de la literatura. La diferenciación de género en el impacto percibido de las soluciones energéticas no se observó; solo una publicación contabilizó tal diferenciación. Además, se informó poco sobre las fuentes de Financiamiento y la sostenibilidad económica de los proyectos piloto, existiendo únicamente consideraciones sobre el impacto de la participación comunitaria y el entrenamiento de beneficiarios en la sostenibilidad de los proyectos. La operación y el mantenimiento se abordaron solo en simulaciones de costos de los proyectos, sin profundizarse, con excepción de las publicaciones que relataron capacitación y entrenamiento, sobre la forma de operación de los sistemas. La inclusión de estos temas en las investigaciones de artículos científicos atenuaría la percepción tecnocrática de los trabajos científicos publicados en revistas internacionales.

Tabla 20. Sistematización de los impactos ambientales, sociales y económicos de la revisión de la literatura.

Referencia	País	Fuentes & tecnologías	Impacto positivo		
			Económico	Ambiental	Social
Lembi et al. (2025)	Brasil	Solar, diésel, hidráulica, almacenamiento	-	Reducción del consumo de combustibles fósiles	Acceso a la energía, transferencia de tecnología, transferencia de conocimiento, uso de electrodomésticos
Brandão et al. (2021)		Diésel, biomasa	Ahorro anual de costos operativos de \$261,663	131.56 kg de CO ₂ evitados, emisiones de material particulado reducidas, y 43,500 L/año de diésel ahorrados	8 empleos permanentes y 22 temporales creados
Valer et al. (2014)		Solar, almacenamiento	Menores gastos en Iluminación, más horas productivas (por ejemplo, pesca nocturna), actividades productivas mejoradas	Reducción del consumo de diésel	Acceso a electrodomésticos, Iluminación y educación nocturna
Duarte et al. (2010)		Diésel, biomasa	Ahorros derivados de la reducción del uso de diésel	Reducción del uso de combustibles fósiles y de emisiones de CO ₂	El empleo aumentó para el 6.5 % de la comunidad en agricultura y producción
da Luz et al. (2023)		Solar, viento, diésel, hidráulica, almacenamiento	Ahorros derivados de la reducción del uso de diésel	Reducción del uso de combustibles fósiles y de emisiones de CO ₂	Acceso a la electricidad
Mazzone (2019)		Solar, diésel, almacenamiento	Reducción de los gastos mensuales	-	Energía suficiente para cumplir con el consumo anual mínimo de la AIE
Pena et al. (2025)		Solar, almacenamiento	Mejora de la cadena de procesamiento del açaí	-	Ganancias de conocimiento a partir de la participación en la construcción del sistema
Fonseca et al. (2021)	Colombia	Solar, H ₂ , biomasa, almacenamiento	Reducción anual de costos	854 kg de CO ₂ /año secuestrados, disminución del uso de CO ₂ y de agua	-
Del-Río-Carazo et al. (2021)	Perú	Solar, almacenamiento	Ahorro anual de €53,365	-	Acceso a la electricidad, aumento del tiempo de estudio y transferencia de conocimiento basada en capacitación
Lillo et al. (2015)		Solar, viento, hidráulica, almacenamiento	-	-	Mejora de las condiciones de vida de la comunidad

5

*EVALUACIÓN CUANTITATIVA
Y CUALITATIVA DE
PROYECTOS PILOTO
IMPLEMENTADOS EN LA
PANAMAZONÍA*



Los proyectos piloto evaluados en este capítulo corresponden exclusivamente a iniciativas financiadas por la **Fundación Charles Stewart Mott** entre 2016 y 2025, en el marco de su actuación orientada a la ampliación del acceso a la energía eléctrica en territorios amazónicos remotos. Este recorte analítico fue adoptado con el fin de generar aprendizajes a partir de proyectos piloto financiados por la filantropía, reconociendo que no abarca el conjunto total de iniciativas filantrópicas existentes en el sector. Los proyectos analizados constituyen una base empírica sólida, compuesta por cientos de intervenciones implementadas en distintos países de la Pan-Amazónica, que abarcan una amplia diversidad de contextos socioterritoriales, arreglos tecnológicos, modelos de gobernanza y escalas de provisión del servicio. La selección de estas iniciativas se fundamenta en la disponibilidad de datos sistematizados y en el seguimiento longitudinal de los proyectos, lo que permite evaluar de manera integrada sus impactos técnicos, económicos, sociales, ambientales e institucionales. En este sentido, la evaluación cuantitativa y cualitativa presentada busca extraer lecciones aprendidas, identificar patrones recurrentes y sustentar recomendaciones orientadas a la mejora, la escalabilidad y la replicabilidad de las políticas públicas de electrificación sostenible dirigidas a comunidades tradicionales y aisladas de la Amazonía.

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROYECTOS PILOTO

Los proyectos analizados fueron implementados en seis países de la Región Panamazónica, abarcando 223 comunidades y aproximadamente 90 residencias. Se identificaron siete organizaciones apoyadas por recursos filantrópicos de la Fundación Mott – Proyecto Salud y Alegría (PSA), Kara Solar, WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza), Instituto Socioambiental (ISA), *Universidad Estatal de Michigan* (MSU), *Derecho, Ambiente y Recursos Naturales* (DAR) y *Amazon Conservation Team* (ACT) – que actuaron con diferentes arreglos de gobernanza, escalas de intervención y objetivos.

La mayoría de las iniciativas utilizó energía solar fotovoltaica como fuente principal, en algunos casos combinada con sistemas de almacenamiento en baterías. Proyectos específicos introdujeron soluciones tecnológicas diferenciadas, como el uso de turbinas hidrocinéticas en transporte fluvial y experiencias de generación eólica a pequeña escala.

La finalidad de las intervenciones varió entre la atención domiciliar básica, la electrificación de infraestructura

comunitaria (escuelas, puestos de salud y centros comunitarios) y el apoyo a actividades productivas (refrigeración, bombeo de agua y procesamiento agroextractivista). Esta diversidad refleja tanto la heterogeneidad socioterritorial de las comunidades beneficiadas como la búsqueda de soluciones ajustadas a las especificidades ambientales y culturales de la región amazónica.

5.1.1 Datos previos de los proyectos piloto

La información previa puesta a disposición por las organizaciones asociadas fue esencial para orientar la elaboración de los cuestionarios. Los datos llegaron en formatos diversos (hojas de cálculo, tablas en PDF y correos electrónicos) y abarcaron intervenciones del Proyecto Salud y Alegría (PSA), Kara Solar, *Universidad Estatal de Michigan* (MSU), *Derecho, Ambiente y Recursos Naturales* (DAR) y *Fondo Mundial para la Naturaleza* (WWF). Aunque solo el PSA es brasileño, organizaciones como WWF y Kara Solar actuaron en múltiples países amazónicos.

Los proyectos utilizaron mayoritariamente sistemas fotovoltaicos, implantados en comunidades indígenas, Comunidades ribereñas y Reservas extractivistas, con finalidades diversas, incluyendo electrificación domiciliar, infraestructura comunitaria y actividades productivas. La diversidad de territorios, nacionalidades y objetivos reforzó la necesidad de instrumentos de recolección estandarizados y comparables, capaces de captar la complejidad de los contextos amazónicos.

5.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DE PROYECTOS PILOTO

5.2.1 Levantamiento, sistematización y estructuración de los indicadores

La formulación de la metodología de evaluación se basó en métricas internas de la Fundación Mott, construidas a partir de datos previos de proyectos piloto, y en indicadores provenientes de la literatura científica y técnica.

Se utilizaron referencias de estudios nacionales e internacionales sobre impactos ambientales, económicos y sociales del acceso a la energía eléctrica, con destaque para Barreto et al. (2020), FIDA (2020), Acevedo et al. (2021), PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2019), ONU Mujeres (Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género) (2022) y CIF (2017). En el contexto

amazónico, se incorporaron los indicadores aplicados en el proyecto Xingu Solar (IEMA, 2019), que evaluó la instalación de Sistemas fotovoltaicos en comunidades indígenas.

Adicionalmente, metodologías de instituciones de fomento e inversión como IADB (2018), Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético (ESMAP) (2024) y BNDES (2022a, 2022b), además de documentos adicionales del IEA et al. (2025a; 2025) y The World Bank (2025b, 2025c; 2014), consolidaron la base de buenas prácticas internacionales.

Estos referenciales consolidan buenas prácticas internacionales y sirvieron como base metodológica para la formulación de los cuestionarios cuantitativo y cualitativo.

5.2.2 Estructura de levantamiento de indicadores y cuestionarios

La estructuración de los indicadores resultó en la elaboración de dos instrumentos complementarios: el cuestionario cuantitativo y el cuestionario cualitativo. Ambos se formularon con base en estudios científicos, datos de proyectos piloto y referenciales internacionales de evaluación, garantizando equilibrio entre comparabilidad estadística y captura de experiencias sociotécnicas locales.

5.2.2.1 Elaboración del cuestionario cuantitativo – multidimensional

El cuestionario cuantitativo fue estructurado para recolectar información estandarizada y comparable sobre proyectos piloto en comunidades amazónicas. Los indicadores se organizaron en seis áreas temáticas:

1. Organizacional: identifica la institución responsable, detalla los plazos de financiamiento y ejecución, el grado de cobertura financiera y la descripción general del proyecto;

2. Geográfica: localiza el proyecto, especificando país, estado, municipio, territorio, comunidad y sus coordenadas geográficas;

3. Técnica: caracteriza el sistema energético implantado, incluyendo finalidad, tipo de fuente renovable, potencia instalada, energía generada, vida útil, almacenamiento y normas de instalación;

4. Económica: evalúa costos y viabilidad, considerando inversión total, gastos de operación y mantenimiento, retorno financiero, tarifas, costos evitados con fósiles y costo por beneficiario;

5. Ambiental: analiza impactos ambientales, como sustitución y reducción del uso de combustibles fósiles, gestión de residuos, cambios en el uso del suelo, remoción y replantación de vegetación; y

6. Social: mide beneficios sociales, como número de beneficiarios, capacitación técnica (incluyendo género), impactos en la renta, acceso ampliado a salud, educación y comunicación, reducción del trabajo manual y cambios en las actividades productivas locales.

Esta estructura garantiza la recolección de datos comparables y abarcadores, permitiendo evaluar de forma sistemática los impactos técnicos, económicos, sociales y ambientales de los proyectos. El instrumento – cuestionario cuantitativo – completo está disponible en el **ANEXO 2**.

5.2.2.2 Elaboración del cuestionario cualitativo – sociotécnico

El cuestionario cualitativo – cuestionario sociotécnico – fue concebido para documentar de forma descriptiva las experiencias comunitarias de acceso a la energía eléctrica, permitiendo captar percepciones locales, prácticas de gestión y lecciones aprendidas. El instrumento está estructurado en diez ejes temáticos.

1. Diagnóstico, motivación y marco institucional
2. Planificación participativa y co-concepción (*co-design*)
3. Justicia energética e inclusión social
4. Tecnología e implementación técnica
5. Operación, mantenimiento y capacitación
6. Financiamiento y sostenibilidad económica
7. Resultados e impactos
8. Sostenibilidad ambiental
9. Gobernanza y gestión comunitaria
10. Aprendizajes y recomendaciones para políticas públicas

Las preguntas son abiertas, con respuestas textuales descriptivas que deben ser completadas por equipos técnicos de las organizaciones ejecutoras. Además de los aspectos sociotécnicos, se incorporan indicadores sensibles a género e inclusión social, abordando el acceso de las Mujeres a la energía, la participación en liderazgo, el Financiamiento con perspectiva de género y la mitigación de la violencia basada en género. El instrumento – cuestionario sociotécnico – completo se encuentra en el **ANEXO 3**.

5.2.3 Elaboración y aplicación de cuestionario

Los indicadores se convirtieron en preguntas estructuradas en hojas de cálculo electrónicas, con instrucciones de llenado en diferentes idiomas, de acuerdo con la nacionalidad de las organizaciones. Cada línea corresponde a una comunidad atendida, garantizando el detalle por localidad en términos técnicos, sociales, económicos y ambientales. Los cuestionarios se enviaron por correo electrónico institucional a todas las organizaciones involucradas en los proyectos piloto apoyados por la Fundación Mott a lo largo de la última década.

5.2.4 Sistematización y análisis de los datos del cuestionario

Los datos recibidos pasaron por una validación conjunta con las organizaciones ejecutoras, asegurando consistencia y completitud. En seguida, se consolidaron en una única base de datos, que sirvió de referencia para los análisis cuantitativos y cualitativos. Los análisis se realizaron con apoyo de las herramientas *Microsoft Excel*, *Tableau* y *Qgis*, lo que permitió la integración entre estadísticas, representaciones gráficas y georreferenciación.

5.3 RESULTADOS POR DIMENSIÓN DE ANÁLISIS CUANTITATIVO

5.3.1 Características de los proyectos piloto por organización

Universidad Estatal de Michigan (MSU)

Implementó proyectos piloto diseñados en conjunto con los beneficiarios, con tecnología solar fotovoltaica y un caso con turbina hidrocíntrica, para electrificación comunitaria, bombeo de agua subterránea, servicios de comunicación y conectividad y actividades de generación de renta en Comunidades ribereñas, Comunidades quilombolas y en Reservas extractivistas, en los municipios paraenses de Oriximiná y Santarém en 2024.

Kara Solar

Implementó proyectos piloto de electrificación de centros solares, encargados de suministrar energía a embarcaciones con motores eléctricos alimentados por sistemas de baterías estacionarias, además de capacitar a beneficiarios entre 2021 y 2023 en la Amazonía brasileña, ecuatoriana, peruana y surinamesa.

Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)

El **WWF-Brasil (Fondo Mundial para la Naturaleza)** implementó proyectos en Reservas extractivistas, con la instalación de Sistemas fotovoltaicos viabilizados

por medio de la donación de Equipos del Ministerio de Minas y Energía y del apoyo logístico del Instituto Chico Mendes de Conservación de la Biodiversidad (ICMBio) y de la Municipalidad de Lábrea (AM). Entre las iniciativas, se destaca la implantación de la minired solar de Vila Limeira, concebida para atender íntegramente la demanda comunitaria. El **WWF-Bolivia (Fondo Mundial para la Naturaleza)** realizó la instalación de un sistema de energía a partir de la fuente Solar, utilizando tecnologías fotovoltaica y térmica, destinado a una unidad de procesamiento de açai. Este fue el único proyecto orientado a una unidad consumidora conectada al servicio público de distribución de energía. El **WWF-Guianas (Fondo Mundial para la Naturaleza)** implantó, en 2023, un sistema fotovoltaico en una comunidad indígena localizada en Surinam. A su vez, el **WWF-Colombia (Fondo Mundial para la Naturaleza)** promovió, en 2024, la sustitución de un sistema de generación a gasolina por una solución fotovoltaica en un hotel situado en la Amazonía colombiana. fotovoltaica em um hotel situado na Amazônia colombiana.

Instituto Socioambiental (ISA)

Entre 2017 y 2022, instaló decenas de Sistemas fotovoltaicos en el Territorio Indígena del Xingú y en la comunidad Raposo do Sol, en los estados brasileños de Mato Grosso (estado brasileño) y Roraima (estado brasileño), respectivamente, con la finalidad de electrificar las aldeas y proporcionar bombeo de agua, en algunos casos, además de capacitar a los Residentes / Habitantes para instalar y realizar el mantenimiento de sistemas energéticos.

Proyecto Salud y Alegría (PSA)

Con apoyo de la Fundación Mott desde 2016, implementa Sistemas fotovoltaicos en Territorios indígenas y Reservas extractivistas para ampliar el acceso a la electricidad, saneamiento, salud, Comunicación y conectividad y actividades de generación de renta en los municipios de Santarém, Itaituba y Jacareacanga en el estado de Pará (estado brasileño).

Amazon Conservation Team (ACT)

Desde 2017, instaló Sistemas fotovoltaicos para atender Puestos de salud y un centro comunitario indígena para Comunicación y conectividad. También instaló kits de Iluminación residencial basados en un pequeño módulo fotovoltaico, lámpara y baterías en decenas de residencias en Áreas aisladas de la Amazonía colombiana y peruana.

Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR)

Implementó Sistemas fotovoltaicos entre los años 2018 y 2024 en infraestructuras públicas de Áreas de conservación

y en comunidades aisladas del departamento peruano de Loreto (región peruana) para asegurar usos productivos, generación de renta, vigilancia forestal y protección de recursos naturales.

5.3.2 Análisis de la dimensión económica de los proyectos piloto

La mayor parte de los proyectos piloto recibió apoyo financiero por medio de donaciones de la Fundación Mott. En el 64% de los casos, las soluciones energéticas fueron costeadas íntegramente por la fundación, incluyendo los proyectos de ACT, DAR y PSA. El WWF contó con Financiamiento parcial de la Fundación Mott en iniciativas en Bolivia, Colombia, Surinam y parte de los proyectos en Brasil, al igual que el ISA. A su vez, la MSU y Kara Solar complementaron sus proyectos con Recursos financieros de otras organizaciones.

La **Figura 27** presenta las inversiones realizadas por las organizaciones. El ISA fue el mayor inversor, destinando más de US\$ 2 millones a la Electrificación de 100 comunidades indígenas en los estados de Mato Grosso (estado brasileño) y Roraima (estado brasileño). El PSA aparece en segundo lugar, con US\$ 1,4 millones aplicados en 46 comunidades del oeste de Pará (estado brasileño), con foco en Comunicación, educación, Electrificación comunitaria, salud y saneamiento. Kara

Solar invirtió aproximadamente US\$ 1,4 millones en proyectos de electrificación de centros solares para la recarga de embarcaciones eléctricas y otros usos en nueve comunidades de Brasil, Colombia, Ecuador y Surinam. El WWF también aportó recursos en proyectos de Comunicación, Electrificación comunitaria, generación de renta, saneamiento y turismo. Por su parte, MSU y DAR invirtieron valores inferiores a US\$ 100 mil, mientras que no se obtuvieron informaciones sobre los costos de los proyectos de ACT.

El análisis de las variables económicas, sociales y técnicas muestra relaciones relevantes entre inversión total, número de beneficiarios y energía anual generada, conforme ejemplifica la **Figura 28.a**. Se verificó una relación logarítmica creciente, pero de baja intensidad, entre el monto invertido y el número de beneficiarios directos ($R^2 = 0,3519$). Esto significa que solo el 35% de la variación se explica por la inversión. El resultado, sin embargo, es estadísticamente significativo ($p\text{-valor} = 0,0001$), descartando la hipótesis de azar. La dispersión de los puntos, representados por círculos cuyo tamaño indica la energía generada y cuyo color representa el tipo de territorio, sugiere que variables como la finalidad y el contexto territorial también influyen en el número de beneficiarios directos.

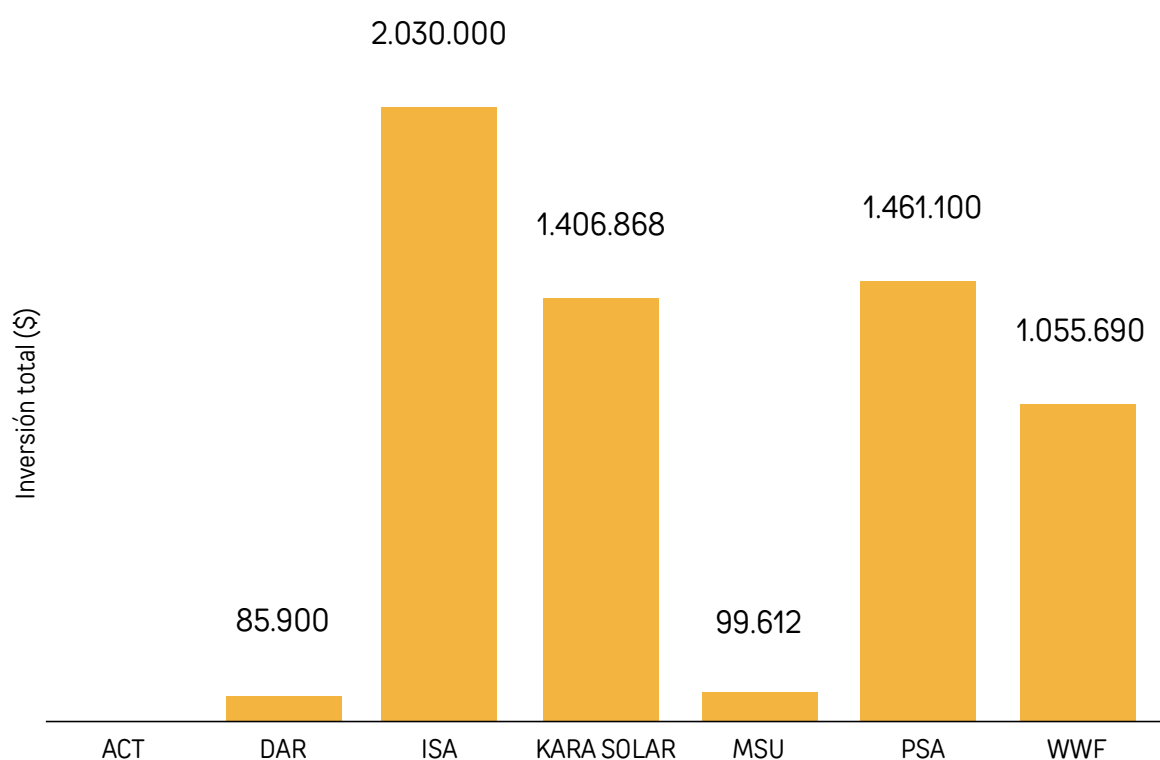


Figura 27. Inversión total por organización.

La segunda distribución (**Figura 28.b**), referente a beneficiarios indirectos, presentó un comportamiento semejante ($R^2 \approx 0,35$), pero con coeficiente angular mayor (10.338,1 contra 5.854,7 para beneficiarios directos). Esto indica que, a cada incremento en la inversión, el número de beneficiarios indirectos crece más intensamente, sugiriendo

un mayor alcance comunitario, aunque con menor impacto individual. Los círculos mayores se concentran entre 10 y 1.000 beneficiarios indirectos, en proyectos con inversiones entre US\$ 50 mil y US\$ 200 mil, sobre todo en Territorios indígenas (rojo) – con 95% de los casos –, Unidades de conservación (azul) y Reservas extractivistas (verde).

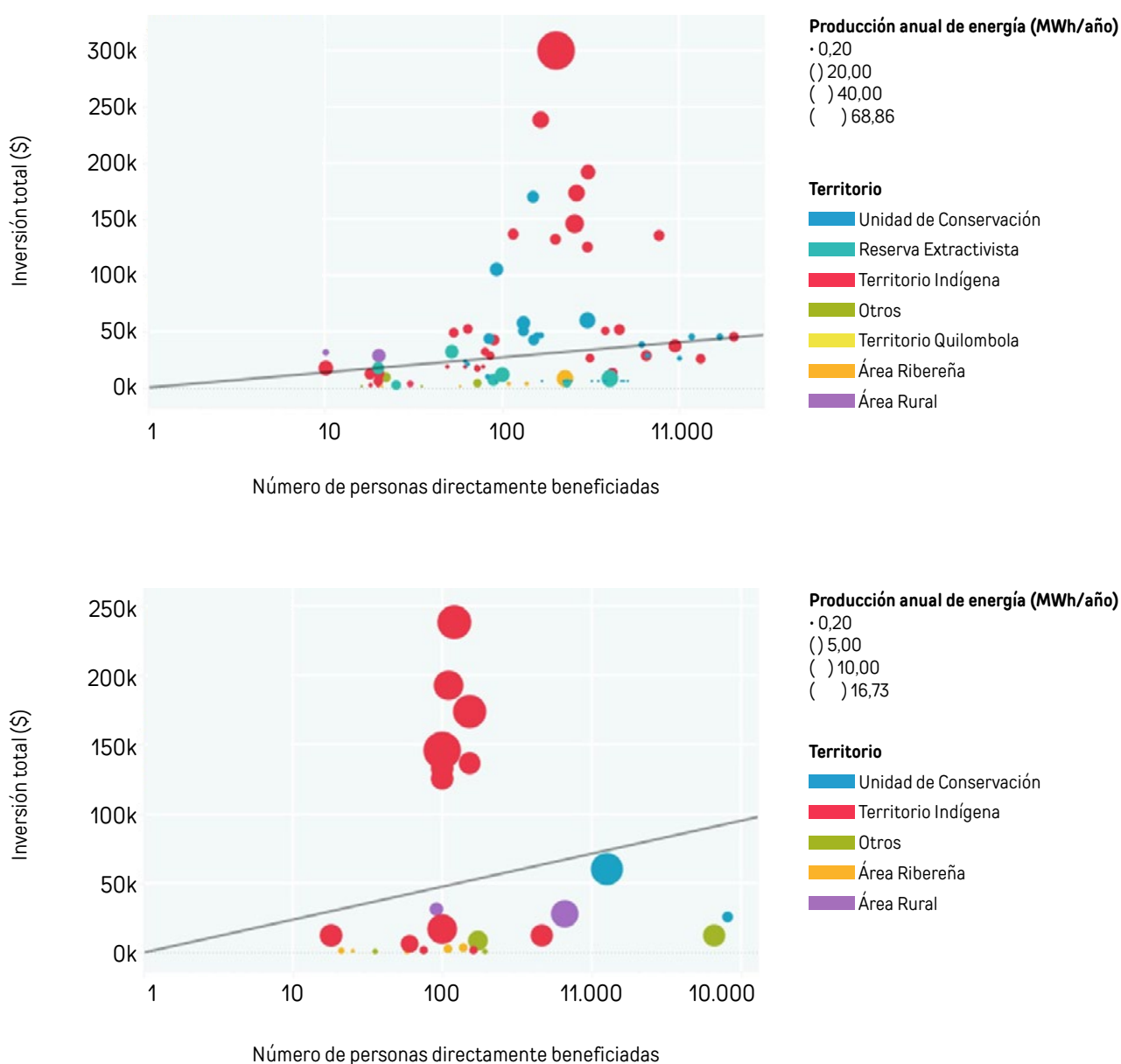


Figura 28. Inversión total por número de personas: (a) directa e (b) indirectamente beneficiadas de las comunidades.

Además de la inversión total, se analizó el costo por beneficiario. La **Figura 29** detalla el costo por beneficiario. Los proyectos de Comunicación y conectividad presentaron costos superiores a US\$ 8 mil por persona, mientras que los de finalidad sanitaria superaron los US\$ 3 mil. Sumados, estos dos tipos representaron el 90% de los costos más elevados. Las demás finalidades — educación, turismo, Electrificación comunitaria y generación de renta — registraron costos medios más bajos, siendo la Electrificación comunitaria la más eficiente en términos de escala de beneficiarios.

Por último, se investigó el impacto en la renta de los beneficiarios, conforme presenta la **Figura 30**. Los proyectos de Electrificación comunitaria registraron el mayor efecto, con un incremento medio superior a US\$ 361 mensuales por familia, principalmente en comunidades con actividades de subsistencia (chacra, pesca y caza). Los proyectos de generación de renta y turismo también presentaron impactos significativos, mientras que las finalidades de Comunicación y conectividad y Electrificación residencial mostraron resultados modestos, variando entre US\$ 7 y US\$ 9. En cambio, los proyectos de educación prácticamente no presentaron impacto directo sobre la renta.

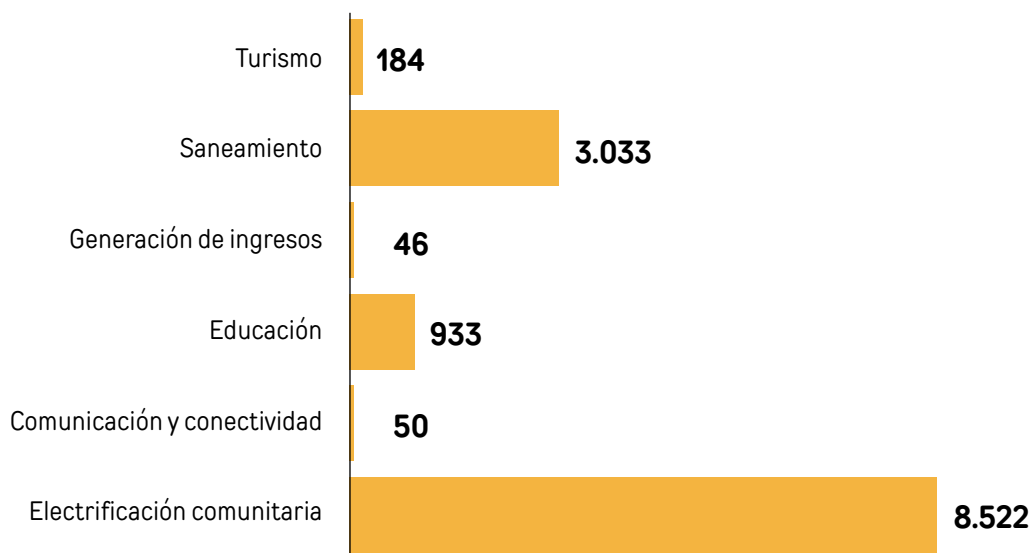


Figura 29. Costo por beneficiario (\$) por finalidad de proyecto.

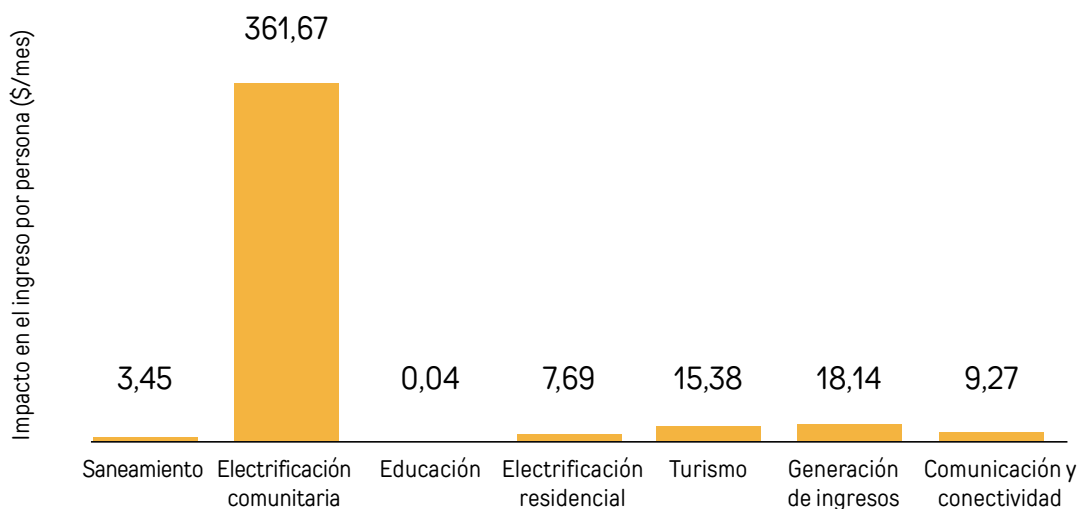


Figura 30. Impacto en la renta mensual por persona beneficiada (\$/month).

5.3.3 Análisis espacial de los proyectos piloto

La **Figura 31** presenta la distribución espacial de los proyectos piloto analizados.

Del total, 191 comunidades fueron atendidas en Brasil, 94 en Colombia, 21 en Perú, 4 en Ecuador, 2 en Surinam y 1 en Bolivia. En Brasil, los proyectos abarcaron los estados de Amazonas, Maranhão (estado brasileño), Mato Grosso (estado brasileño), Pará (estado brasileño), Rondônia (estado brasileño) y Roraima (estado brasileño). En Colombia, las atenciones ocurrieron en los departamentos

de Amazonas, Caquetá (departamento colombiano), Guaviare (departamento colombiano) y Putumayo; en Perú, en los departamentos de Amazonas y Loreto (región peruana); en Bolivia, en Pando; en Ecuador, en Morona Santiago (provincia ecuatoriana) y Pastaza (provincia ecuatoriana); y en Surinam, en Sipaliwini y Marowijne. En todos los casos, las soluciones se dirigieron a Áreas amazónicas remotas y desprovistas de Infraestructura pública, lo que justifica la implementación de proyectos piloto basados en fuentes renovables. La **Figura 32** muestra la cantidad de comunidades atendidas por tipo de territorio.

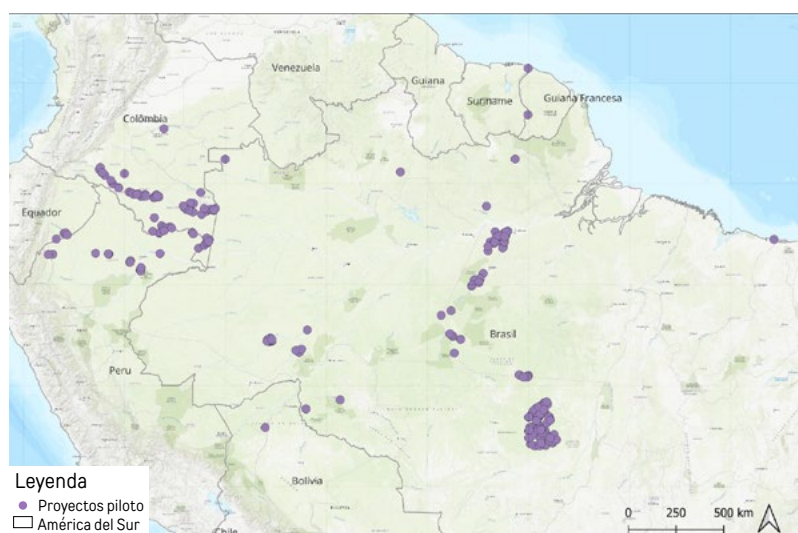


Figura 31. Localización de los proyectos piloto financiados por la Fundación Mott.

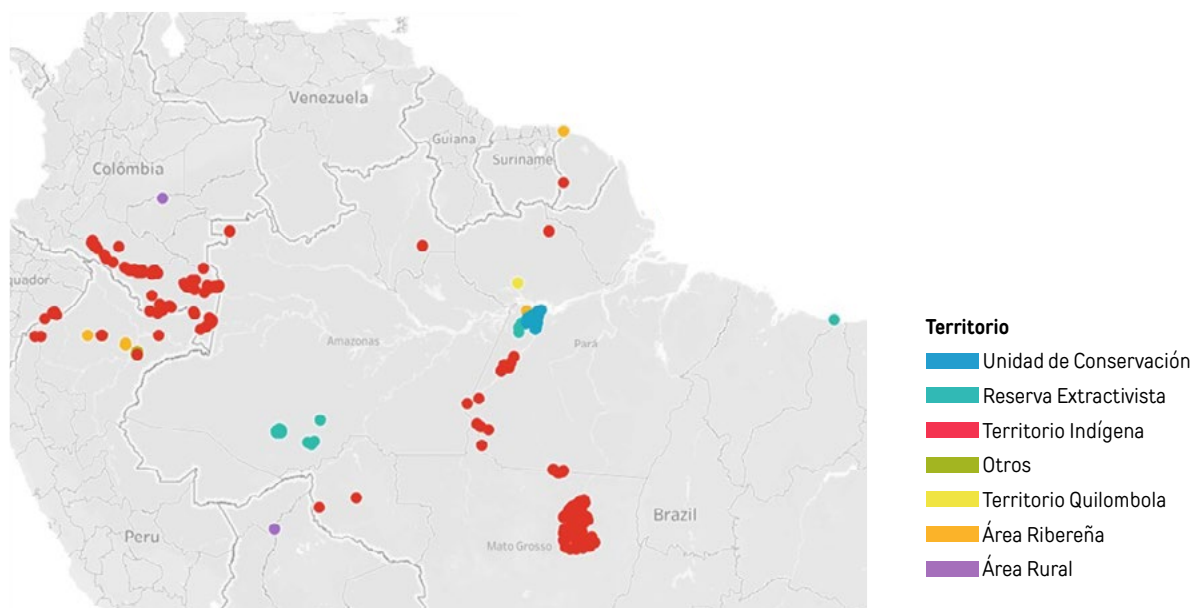


Figura 32. Comunidades y residencias atendidas por tipo de territorio.

La mayoría de los proyectos se concentró en Territorios indígenas, que reunieron 141 comunidades y 90 residencias. Entre estos, se destacan 100 comunidades en el Territorio Indígena del Xingú (Brasil), atendidas por ISA, y 6 comunidades y 90 residencias en los Territorios indígenas a lo largo del río Caquetá (departamento colombiano) (Colombia), beneficiadas por ACT, conforme demuestra la **Figura 33**.

Los territorios extractivistas representaron el 11% de las atenciones, con 36 comunidades contempladas, siendo 7 por MSU y 29 por el WWF. Las Unidades de conservación correspondieron al 10% del total, con 30 comunidades atendidas exclusivamente por el PSA. A su

vez, Áreas ribereñas, Áreas rurales / Rural, Comunidades quilombolas y otras tipologías representaron el 5% de las comunidades y residencias beneficiadas.

5.3.4 Análisis de la dimensión técnica de los proyectos piloto

Las diferencias regionales demandaron enfoques distintos para la implementación de los proyectos piloto apoyados por la Fundación Mott a lo largo de diez años de actuación en países amazónicos. Se identificaron múltiples finalidades de uso de la energía, como muestra la **Figura 34**. En 24 de las 223 comunidades y 90 residencias hubo más de una finalidad, lo que explica que la suma de ocurrencias sea superior al número total de localidades atendidas.

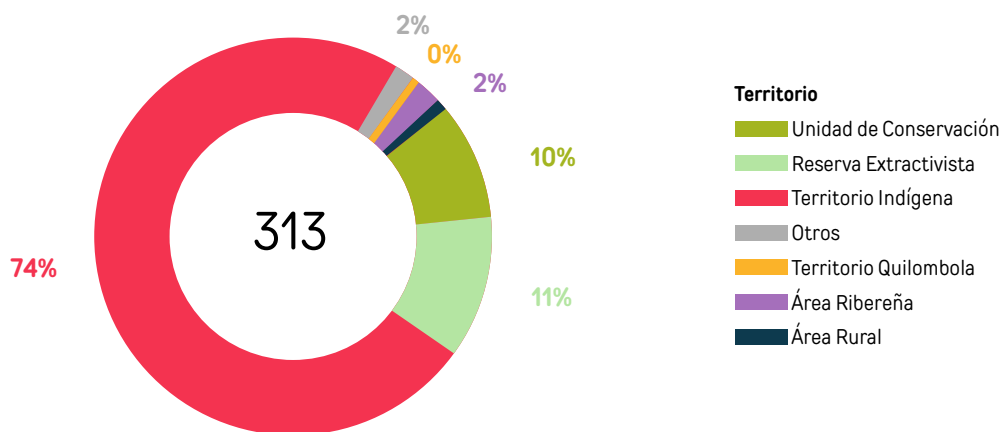


Figura 33. Proporción de atención por tipo de territorio.

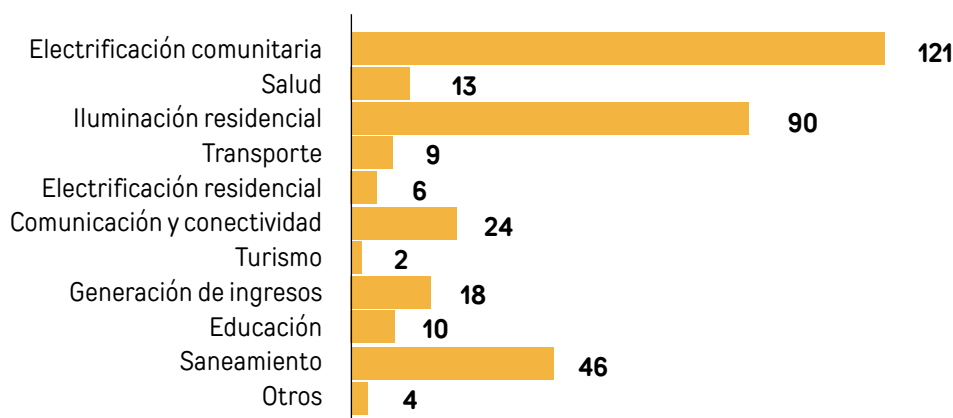


Figura 34. Finalidades de los proyectos piloto.

La Electrificación comunitaria fue la finalidad más frecuente, con 121 ocurrencias (35%). La Iluminación residencial respondió por 90 ocurrencias (26%), correspondiendo al 100% de las residencias analizadas. Esta categoría se trató separadamente de la Electrificación residencial por corresponder a sistemas de pequeña escala, implementados por ACT, destinados exclusivamente a la Iluminación doméstica nocturna. La finalidad sanitaria, asociada a proyectos de bombeo de agua, representó 46 registros (13%). Las demás finalidades, que sumaron el 25% del total, involucraron Comunicación y conectividad, salud, Transporte, educación, generación de renta, Electrificación residencial, turismo y otros usos no especificados.

A pesar de la diversidad de finalidades, la matriz tecnológica fue homogénea: todas las soluciones energéticas utilizaron la fuente Solar fotovoltaica, conforme demuestra la **Figura 35**. Entre ellas, 98 Sistemas híbridos incorporaron combustibles fósiles como complemento. En el 86% de las comunidades se instalaron sistemas de almacenamiento de energía, divididos casi igualmente entre baterías

de ion-litio y de plomo-ácido. Hubo aún dos casos de diversificación: la instalación de un aerogenerador en una aldea indígena en Roraima (estado brasileño) y de una turbina hidrocínética en una Reserva extractivista en Pará (estado brasileño).

La comparación entre la potencia instalada y la energía anual generada por finalidad, conforme presenta la **Figura 36**, evidencia diferentes niveles de demanda. El sector de Transporte, atendido exclusivamente por Kara Solar, fue el más exigente, con generación superior a 9 MWh/año y potencia instalada de 8 kWp por comunidad. Las actividades clasificadas como “otros usos” – registradas en cuatro comunidades – constituyeron la segunda mayor demanda energética. A su vez, las finalidades de Electrificación residencial y salud presentaron valores semejantes, con generación anual de 3,11 y 3,06 MWh y potencia instalada de 3,48 y 2,9 kWp, respectivamente. Por otro lado, los sistemas de Iluminación residencial exclusiva, implementados por ACT, tuvieron las menores exigencias energéticas, limitándose a proveer luz nocturna con sistemas solares simplificados.

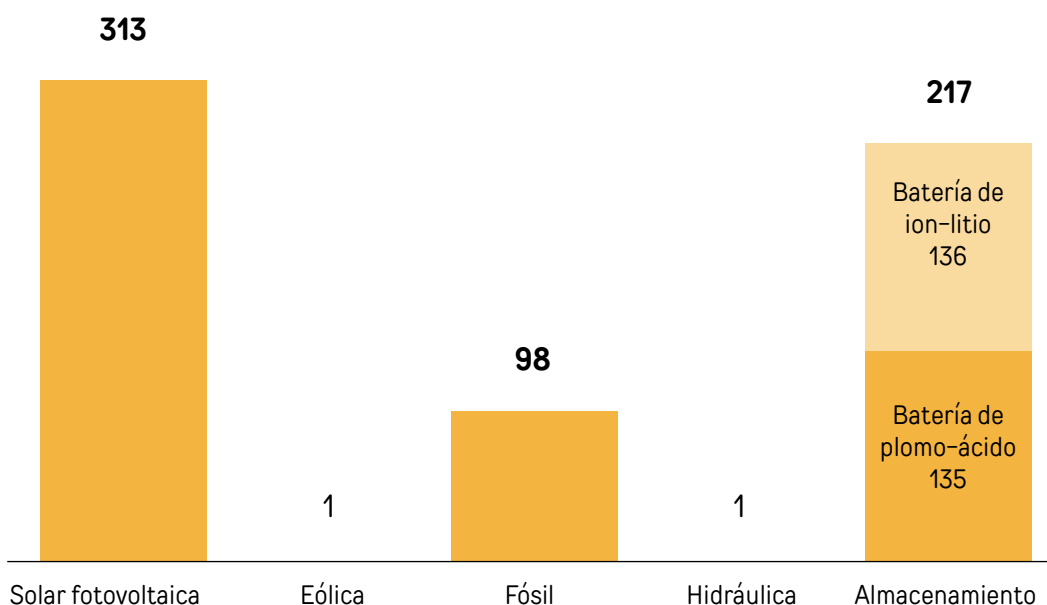


Figura 35. Participación de fuentes de energía.

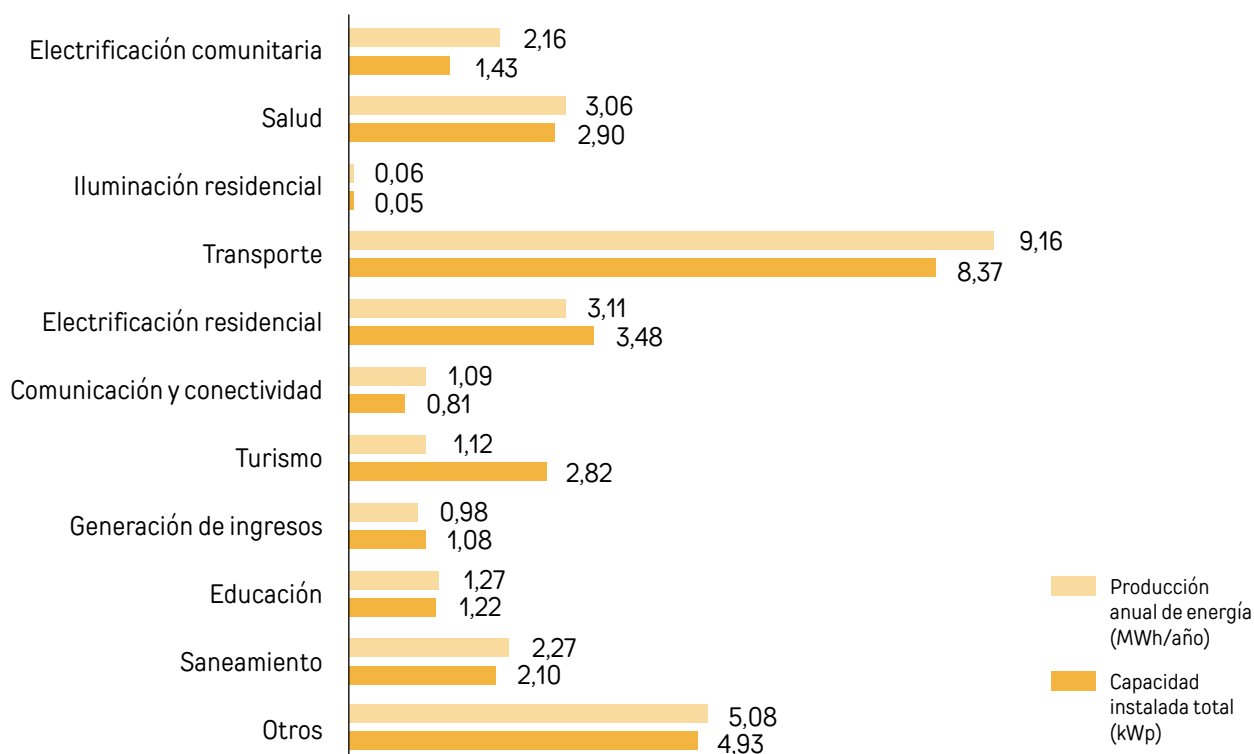


Figura 36. Generación de energía anual y potencia instalada por ocurrencias de finalidad de proyectos.

5.3.5 Análisis de la dimensión social de los proyectos piloto

Los proyectos piloto apoyados por la Fundación Mott beneficiaron a más de 70 mil personas en la Amazonía a lo largo de 10 años de actuación en acceso a energías renovables. La **Figura 37** presenta la distribución porcentual de beneficiarios directos e indirectos por organización.

El total de 43.614 beneficiarios directos corresponde al 60% del universo atendido. Este número fue impulsado por los proyectos implementados en aldeas indígenas por ISA, que alcanzaron 20.570 personas. El PSA, organización que más benefició a personas, superó los 26 mil atendidos, de los cuales 16 mil fueron directos. Sumadas, estas dos organizaciones concentraron el 88% de los beneficiarios directos. En menor escala aparecen Kara Solar, ACT, DAR, MSU y WWF, que en conjunto registraron poco más de 6 mil beneficiarios directos.

Algunas organizaciones presentaron predominio de beneficiarios indirectos. DAR alcanzó a 8,6 mil personas, de las cuales el 94% indirectamente. ACT registró 8,2 mil beneficiarios totales, siendo el 85% indirectos, mientras que WWF atendió a 3,4 mil personas, con el 75% indirectos.

La **Tabla 21** muestra el acceso a Servicios de comunicación, educación y salud viabilizados por los proyectos piloto. Más de 4 mil personas tuvieron acceso ampliado a Comunicación y conectividad en Unidades de conservación, correspondiendo al 64% del total de este servicio en comparación con otros territorios. En los Territorios indígenas, más de 2 mil personas obtuvieron este beneficio, además de registros en Reservas extractivistas y Áreas ribereñas.

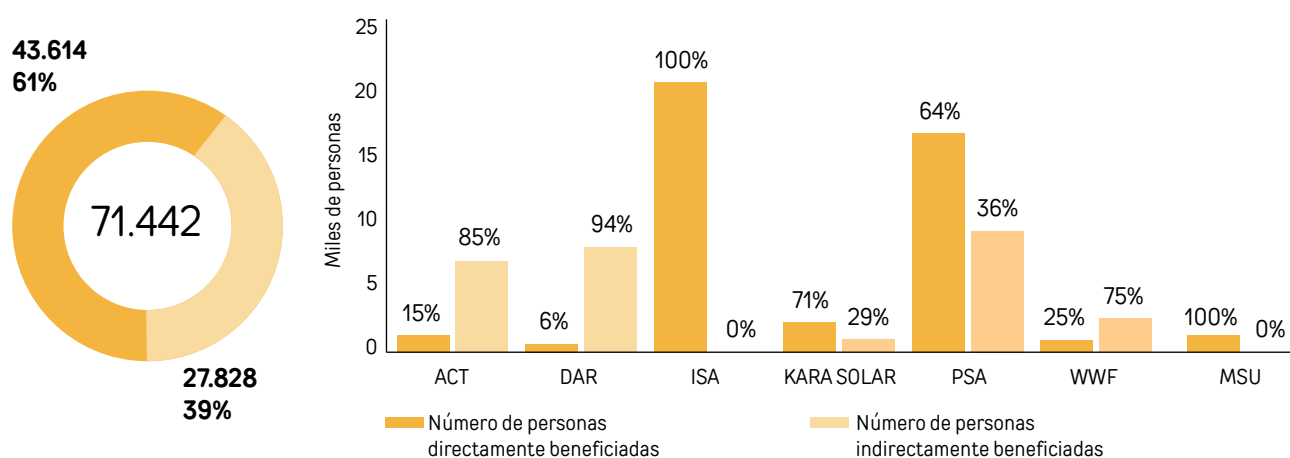


Figura 37. Número de personas directa e indirectamente beneficiadas por organización.

Tabla 21. Acceso a Comunicación y conectividad, educación y servicios de salud por tipo de territorio.

Territorio	Número de personas que obtuvieron acceso a servicios de comunicación gracias al proyecto	Número de personas que obtuvieron acceso a educación gracias al proyecto	Número de personas que obtuvieron acceso a servicios de salud gracias al proyecto
Unidad de conservación	4.056	370	5.111
Reserva extractivista	210	86	260
Territorio indígena	2.264	300	9.293
Territorio quilombola		13	
Área ribereña	145	36	244

El acceso a la educación también fue más expresivo en Unidades de conservación, seguido de cerca por los Territorios indígenas. En quilombos, 13 personas tuvieron acceso exclusivamente a servicios educativos. A su vez, los servicios de salud fueron más representativos entre los Pueblos indígenas: el 62% del total, o más de 9 mil beneficiarios, siendo este el servicio más demandado por ese grupo, como muestra la **Figura 38**.

En las Unidades de conservación, más de 5 mil personas accedieron a servicios de salud, representando el 34% del total y el 53% en comparación con los demás servicios. En Reservas extractivistas, el acceso a la salud fue equivalente al observado en Comunicación, mientras que en Comunidades ribereñas hubo mayor predominio de la salud sobre otros servicios.

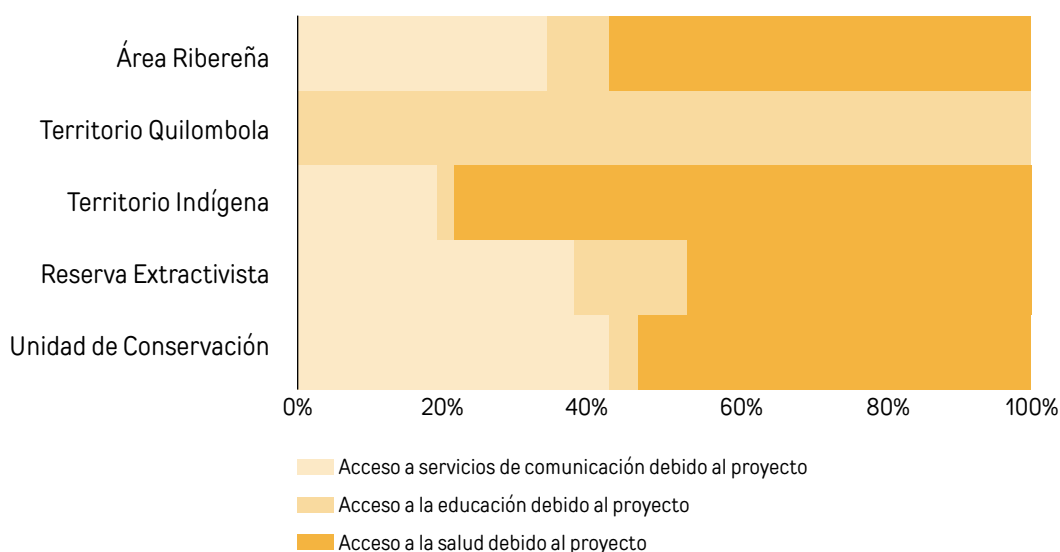


Figura 38. Distribución porcentual del acceso a Comunicación y conectividad, educación y servicios de salud por tipo de territorio.

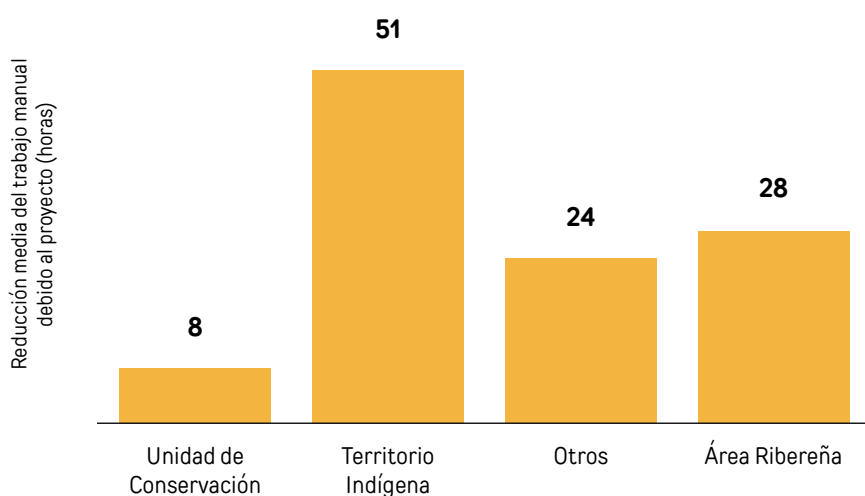


Figura 39. Reducción media del trabajo manual en razón de la implementación del proyecto piloto (horas).

Otro impacto relevante fue la reducción del trabajo manual como consecuencia de la electrificación, conforme presenta la **Figura 39**. En los Territorios indígenas, la reducción superó las 50 horas semanales por residente. Entre Comunidades ribereñas, el promedio fue de 28 horas semanales, seguido por la categoría “otros” con 24 horas. En Unidades de conservación, la reducción fue la menor registrada, y no hubo respuestas para esta variable en otros tipos de territorios.

El número de mujeres capacitadas para instalar, operar y mantener los sistemas representó el 15% de las 583 personas involucradas en las actividades de formación. La **Figura 40** muestra su distribución por territorio.

Las Unidades de Conservación registraron el mayor número absoluto de mujeres participantes en capacitaciones para la implementación de soluciones energéticas, con 24 mujeres de un total de 72 personas capacitadas. Sin embargo, las áreas

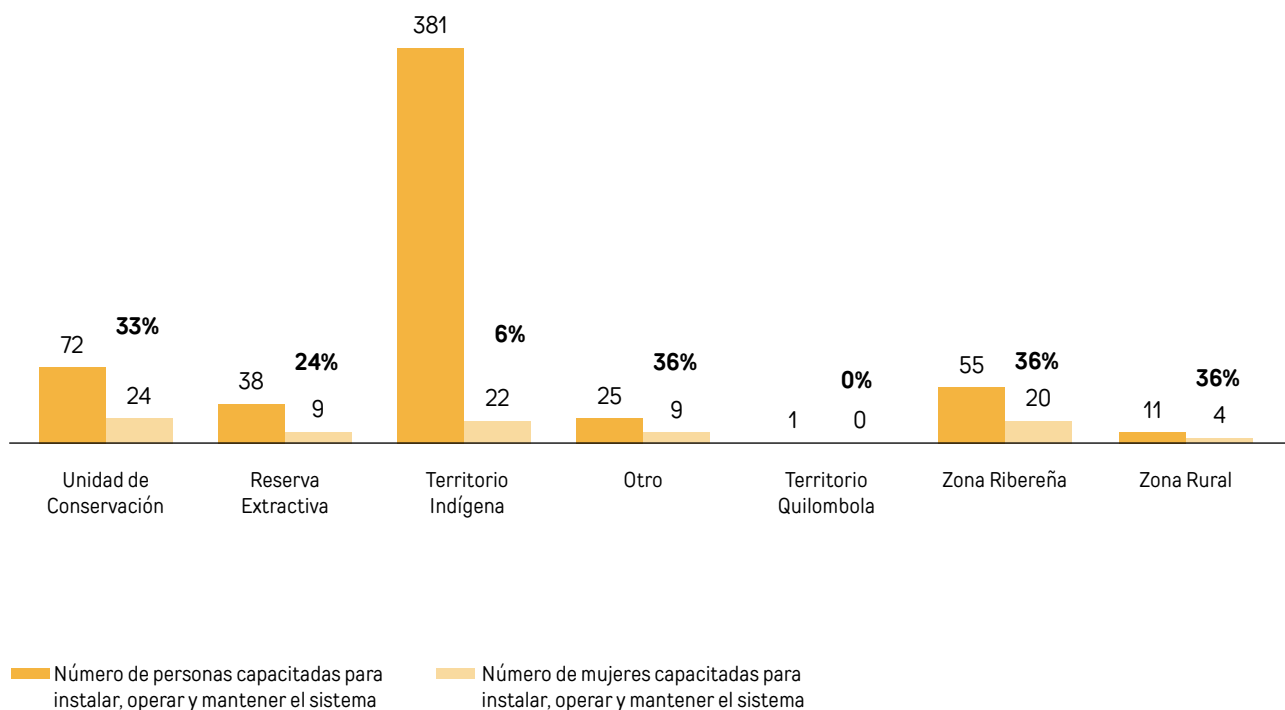


Figura 40. Personas capacitadas para instalar, operar y mantener los sistemas.

ribereñas, las zonas rurales y los territorios clasificados como “otros” presentaron los porcentajes más altos de participación femenina, cada uno con el 36%. A continuación se encuentran las reservas extractivistas, con un 24%, y los territorios indígenas, con apenas un 6%. Este último dato resulta particularmente relevante, considerando que más de 400 personas participaron en las actividades de capacitación en territorios indígenas, pero solo 22 fueron mujeres. No se reportaron datos sobre la capacitación de mujeres para la instalación, operación o mantenimiento de sistemas energéticos en territorios quilombolas.

Se observó un patrón similar en la participación en la implementación de los proyectos. Las mujeres representaron el 15% del total, lo que equivale a 114 mujeres de las 781 personas involucradas en la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas, según se muestra en la **Tabla 22**.

Los proyectos implementados en zonas rurales evidenciaron una participación femenina significativa en las actividades de instalación, operación y mantenimiento, con las mujeres representando el 70% de las 10 personas involucradas en estas funciones, a pesar de que solo cuatro mujeres participaron en actividades de capacitación en estas áreas. En las zonas ribereñas, las mujeres representaron el 32% de las participantes en las actividades de implementación, seguidas por los territorios clasificados como “otros”, con el 26%, las Unidades de Conservación, con el 22%, y las reservas extractivistas, con el 17%. En los territorios indígenas, el mismo porcentaje de participación femenina observado en las capacitaciones (6%) se reflejó en las actividades operativas, con solo el 6% de las 469 personas involucradas en la implementación de los sistemas siendo mujeres.

Tabla 22. Personal involucrado en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto

Territorio	Número de beneficiarios incluidos en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto	Número de mujeres incluidas en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto	% de mujeres incluidas en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto
Unidad de Conservación	104	23	22%
Reserva Extractiva	42	7	17%
Territorio Indígena	469	30	6%
Otro	54	14	26%
Territorio Quilombola	0	0	0%
Zona Ribereña	102	33	32%
Zona Rural	10	7	70%
Total	781	114	15%

Finalmente, el número de mujeres que ocuparon roles de liderazgo en los proyectos piloto fue superior al número de mujeres involucradas en actividades operativas. En total, 121 mujeres desempeñaron funciones de liderazgo, en comparación con 88 que recibieron capacitación técnica y 114 que participaron en la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas.

5.3.6 Análisis de la dimensión ambiental de los proyectos piloto

Las variables de la dimensión ambiental se seleccionaron para evaluar la sustitución y el uso evitado de combustibles fósiles, la implementación de mecanismos de gestión de residuos sólidos y la alteración del uso del suelo. Se observó una baja adherencia de respuestas en las variables no relacionadas con el uso de combustibles y residuos, restringiendo el análisis a estos dos ejes principales.

La **Figura 41** presenta la sustitución del uso de combustibles

fósiles en función de la implementación de los proyectos piloto. En el 99,7% de las comunidades hubo reducción en el consumo de diésel; en el 32% de los casos ocurrió sustitución integral y, en más de dos tercios, la reducción fue parcial.

La **Figura 42** presenta el volumen de combustible fósil evitado por finalidad. Las soluciones de Kara Solar, orientadas al transporte fluvial y a la electrificación de centros de recarga para comunicación y conectividad, representaron más de 200 mil litros de combustible fósil evitados, equivalentes a más de 200 tanques de agua residenciales de mil litros. Estos proyectos representaron el 90% del total de consumo evitado, mientras que los demás correspondieron a poco más de 30 mil litros.⁹

La reducción del uso de combustibles fósiles tiene correlación directa con la emisión evitada de CO₂. Utilizando el factor de emisión de 2,6 kgCO₂/l (IPCC 2006), se estimó el volumen de emisiones evitadas en función de la energía producida,

⁹ La metodología adoptada por Kara Solar para estimar el consumo evitado de combustible fósil incorpora, además del uso directo, el consumo asociado a su logística de transporte hacia áreas remotas. Este enfoque es particularmente importante en el contexto amazónico, donde el abastecimiento puede requerir volúmenes de combustible equivalentes a los de la propia actividad final.

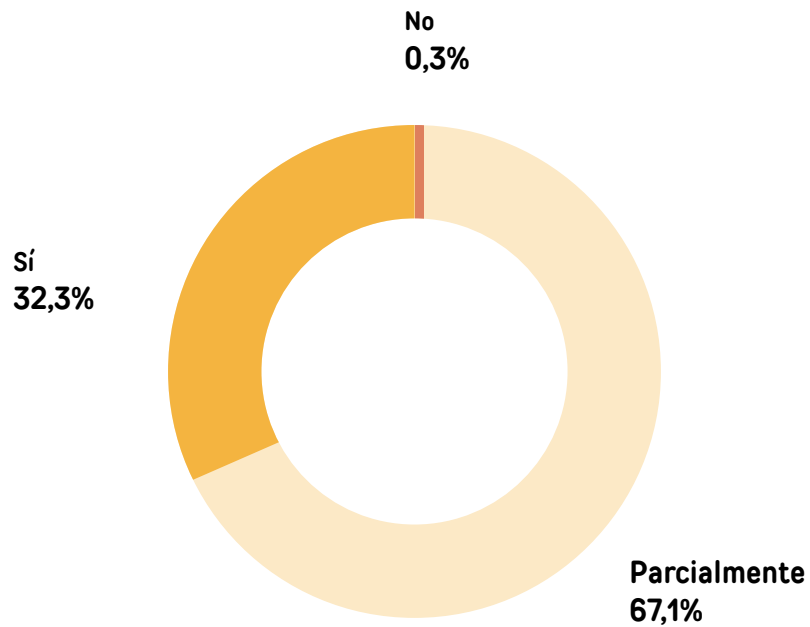


Figura 41. Proporción de sustitución del uso de energía fósil.

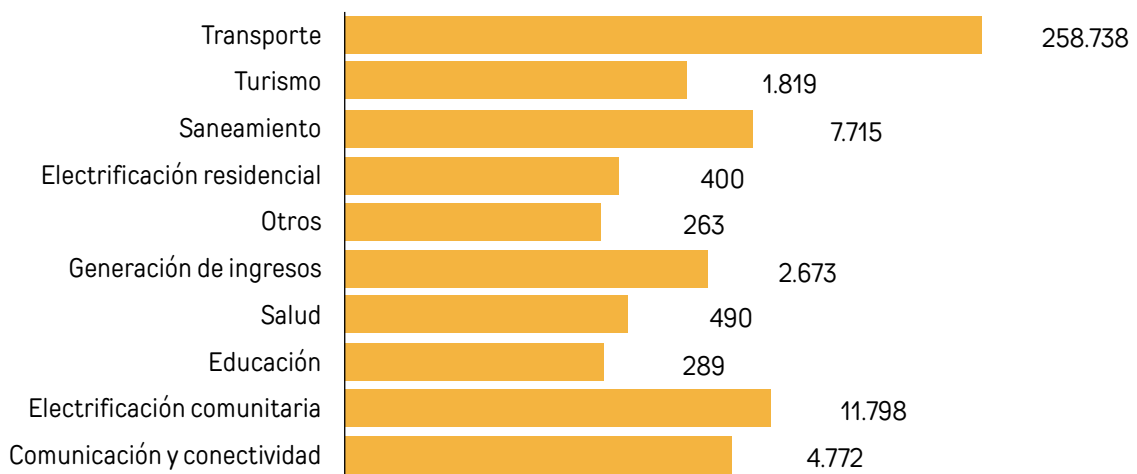


Figura 42. Consumo evitado de combustible fósil por finalidad en base logarítmica (litros).

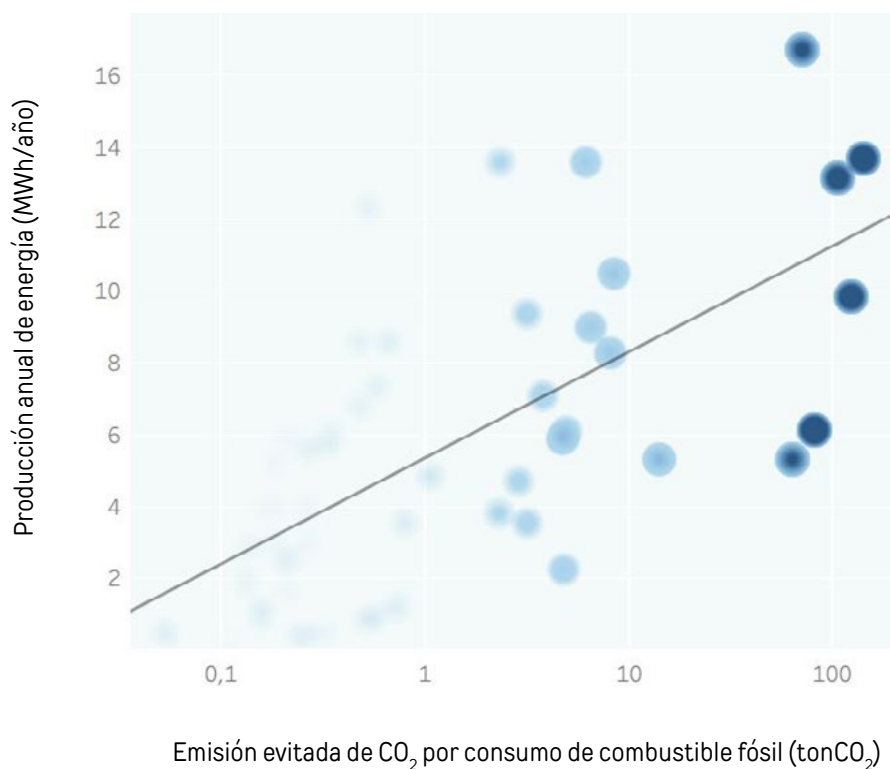


Figura 43. Generación de energía (MWh/year) por emisión evitada (tonCO₂) en base logarítmica.

conforme demuestra la **Figura 43**. El análisis estadístico reveló un coeficiente de determinación (R^2) de 0,4412, indicando que el 44% de la variación de la emisión evitada de CO₂ se explica por la generación de energía. La relación es moderadamente fuerte y estadísticamente significativa ($p = 0,0001$), descartando la hipótesis de casualidad.

Los puntos más intensos del gráfico, concentrados a la derecha, corresponden a proyectos de Transporte, en los cuales la intensidad del color refleja mayores volúmenes de emisión evitada. En algunos casos, estos proyectos no fueron los que más generaron energía, pero presentaron mayor sustitución de combustibles fósiles, debido a que el Transporte renovable, aunque no demande grandes cantidades de energía eléctrica, exige la sustitución integral del combustible fósil para viabilizar su operación.

De esa forma, los resultados demuestran que las actividades de Transporte son estratégicas para ampliar la participación de las fuentes renovables en la Amazonía,

representando el eje de mayor potencial para reducir emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero por medio de proyectos piloto.

5.4 RESULTADOS DEL CUESTIONARIO SOCIOTÉCNICO

A continuación se presentan las principales informaciones obtenidas por medio de la aplicación del cuestionario sociotécnico. La secuencia de tablas representa los resúmenes de las respuestas para cada eje del cuestionario, seguida de una breve evaluación de las informaciones recolectadas.

5.4.1 Diagnóstico, motivación y marco institucional

Las cuestiones que buscan diagnosticar la motivación y el marco institucional de la implementación de proyectos piloto en la Región Panamazónica se sustentan en siete preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

Antes de la implantación de los proyectos, el acceso a la energía era precario e intermitente. Casi todas las comunidades vivían en zonas no interconectadas, dependiendo de pequeños generadores a diésel o gasolina que proporcionaban electricidad durante apenas algunas horas por la noche. En muchos casos, el uso de velas y queroseno era la única opción, resultando en gastos mensuales elevados y problemas respiratorios. Servicios esenciales, como escuelas y Puestos de salud, se veían comprometidos: los alimentos no eran refrigerados, las vacunas no se almacenaban adecuadamente y las reuniones comunitarias estaban limitadas por la ausencia de Iluminación y el alto costo del combustible.

Los proyectos surgieron para responder a necesidades sociales, económicas y ambientales interconectadas. En el campo social, buscaban garantizar electricidad continua y segura para educación, salud y seguridad comunitaria, además de aliviar la carga doméstica de las Mujeres y los riesgos de cocinar con leña o queroseno. En el aspecto económico, pretendían reducir los altos costos de combustibles fósiles, posibilitar actividades productivas, como procesamiento de açai, refrigeración de pescado y turismo, y diversificar las fuentes de renta familiar. Desde el punto de vista ambiental, se destaca la necesidad de reducir emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de la leña, incluso para cocción.

Todas las organizaciones enfatizaron la importancia de la participación comunitaria desde el diagnóstico hasta la implantación. Se realizaron levantamientos de campo, reuniones y asambleas con liderazgos locales, autoridades tradicionales y Residentes / Habitantes, garantizando que el diseño de los sistemas reflejara las necesidades específicas, como bombeo de agua, refrigeración e Iluminación pública. Esta participación fortaleció el sentimiento de pertenencia y la responsabilidad de las comunidades en la operación y el mantenimiento de los sistemas.

El entorno legal e institucional se mostró heterogéneo. En países como Colombia, Perú, Ecuador y Brasil, hay leyes que favorecen las energías renovables en Áreas aisladas, como la Constitución del Ecuador, la Ley de Electrificación Rural de Perú y las resoluciones de la ANEEL (Agencia Nacional de Energía Eléctrica) en Brasil. No obstante, la mayoría de las reglamentaciones aún privilegia grandes proyectos conectados a la red, sin directrices claras para minirredes

y sistemas comunitarios. Barreras adicionales incluyen la demora en la aprobación de generación distribuida, dificultades en la importación de Equipos y ausencia de mecanismos de Financiamiento y mantenimiento de largo plazo, especialmente para la sustitución de baterías.

La articulación con autoridades públicas varió de acuerdo con el contexto. En Brasil, hubo alianzas con secretarías municipales de salud, educación y abastecimiento de agua, que integraron los sistemas solares a escuelas, Puestos de salud y sistemas de bombeo. En Perú, gobiernos regionales y distritales ofrecieron apoyo logístico y capacitación. En algunos casos en Ecuador y Colombia, la actuación inicial se dio casi exclusivamente entre ONGs (Organizaciones No Gubernamentales), Federaciones indígenas y las propias comunidades, con poca participación gubernamental.

Casi todos los proyectos prescindieron de licenciamiento ambiental formal, dado el bajo impacto de las instalaciones solares de pequeño porte. El Financiamiento fue mayoritariamente filantrópico. Pocas iniciativas accedieron a créditos gubernamentales o mercados de carbono, lo que evidencia una oportunidad de fortalecer la Sostenibilidad financiera por medio de incentivos a emisiones evitadas.

Las recomendaciones presentadas por las organizaciones convergen en la creación de fondos específicos para sistemas aislados, tarifas y Subsidios adecuados para minirredes, mecanismos de mantenimiento y reposición de baterías, además de programas de capacitación y fortalecimiento de la gobernanza local. También sugieren integrar el acceso a la energía con políticas de salud, educación, abastecimiento de agua y desarrollo económico, reconociendo la electricidad como un servicio esencial.

En conjunto, la evidencia demuestra que los sistemas de energía renovable gestionados por las propias comunidades son técnicamente viables y socialmente transformadores. La energía solar fotovoltaica mostró mayor adaptabilidad. Los proyectos redujeron el consumo de combustibles fósiles, disminuyeron los costos familiares, mejoraron los servicios educacionales y de salud. Además, fortalecieron la autonomía y la capacidad de monitoreo y vigilancia del desmonte y la explotación de recursos.

Los aprendizajes obtenidos sobre diagnóstico, motivación y marco institucional de los diferentes proyectos piloto están sistematizados en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Sistematización del aprendizaje sobre diagnóstico, motivación y marco institucional de los proyectos piloto.

País	Organización	Acceso previo a la energía	Objetivos/necesidades de la iniciativa	Participación de la comunidad	Marco legal / regulatorio	Apoyo de la autoridad pública	Licencia ambiental / procedimiento financiero	Mejoras recomendadas para proyectos comunitarios
Bolivia	WWF	Altas tarifas de electricidad	Seguridad energética, gobernanza local, menores costos, menor uso de fósiles y leña	Planificación y supervisión comunitaria	Marco nacional sobre cambio de matriz energética	Autoridad del Área protegida	No	Regulaciones existentes ya favorables
Brasil	ISA	Parcialmente electrificado, uso de combustibles fósiles	Electrificación domiciliar y comunitaria, Iluminación pública, saneamiento, salud, Comunicación	Evaluación de demanda y diseño del sistema energético	Convenio 169 de la OIT	Parcialmente a un territorio	No	Aplicar la Tarifa Social de Energía Eléctrica a usos productivos
	PSA	Parcialmente electrificado, uso de combustibles fósiles	Electrificación domiciliar/comunitaria, agua potable, educación, productividad, salud	Recolección de datos comunitarios y principales demandas	Regulación de Sistemas Individuales de Generación con Fuentes Intermitentes (SIGFI)	Municipio de Santarém	No	Simplificar reglas para Sistemas comunitarios dentro de programas de universalización
	MSU	A base de diésel, ~3 horas/día de electricidad	Reducir aislamiento, disminuir costos de diésel, reducir contaminación del aire	100% co-diseño y participación	NBR 5410, 16690, 5419, 16274; NR-10, NR-35	Municipio de Santarém	No	Incentivos para que distribuidoras/consumidores implementen sistemas comunitarios de energía
	WWF	Totalmente dependiente de combustibles fósiles para energía, transporte, agua, educación	Alimentación, educación, agua potable, uso doméstico, seguridad	Liderazgos involucrados en la planificación; Residentes / Habitantes (por género/edad) en la implementación	Resoluciones ANEEL 482/2012, 687/2015	ICMBio, Municipalidad de Lábrea	No	Fortalecer el Programa Nacional de Eficiencia Energética de ANEEL para sistemas comunitarios remotos
Colombia	ACT	Conectado a la red en forma no confiable / desconectado, Iluminación precaria	Iluminación pública, actividades productivas, educación, salud	Participación en asambleas comunitarias	Constitución, Convenio 169 de la OIT, Ley 1715/2014 (Colombia: Energías Renovables), política de energía rural	ESE Hospital San Rafael de Leticia; EPS Indígena Mallas; Secretaría de Salud Departamental	No	Crear acceso a financiamiento para Zonas No Interconectadas (ZNI), directrices para mantenimiento/sustitución de baterías, formalizar la gestión comunitaria
	WWF	Suministro limitado a gasolina	Turismo	Aprobación y discusión comunitaria	-	No	No	Mejorar incentivos fiscales para energía comunitaria
Ecuador	Kara Solar	Electricidad no confiable	Transporte, reducción de dependencia de combustibles fósiles	Evaluación participativa de necesidades	Constitución de 2008; Ley Orgánica de Electricidad; Reglamento de Generación Distribuida	Gobierno municipal/provincial	Se exige despacho aduanero y cumplimiento financiero	Promulgar leyes específicas y Financiamiento estatal para energía limpia subsidiada en Áreas remotas
Perú	ACT	Desconectado, Iluminación precaria	Iluminación pública, actividades productivas, educación, salud	Participación en asambleas comunitarias	Constitución (Art. 89); Convenio 169 de la OIT; Ley de Consulta Previa; Ley de Electrificación Rural	Municipalidad provincial; parroquia de Caballococha	No	Proporcionar acceso a financiamiento público para Zonas No Interconectadas (ZNI), directrices para mantenimiento/sustitución de baterías, formalizar la gestión comunitaria
	DAR	Microrred aislada, 3-4 horas/día	Electricidad como derecho básico; seguridad, salud, educación; cocción limpia	Consulta comunitaria y mapeo de demanda	Ley Marco sobre Cambio Climático; Política Nacional de Energía 2010-2040; Ordenanza Regional 018-2017-GRL-CR; DL 1002	Municipalidad distrital; Gobierno Regional de Loreto	No	Adaptar leyes para sistemas aislados; tarifa especial para microrredes renovables; fondo para sustitución de almacenamiento
Surinam	WWF	Dependencia de diésel, pequeña FV	Acceso renovable, monitoreo de biodiversidad, ecoturismo, agua segura	Comunidad consultada	Ley de Electricidad 2016	Autoridad de Energía, Ministerio de Recursos Naturales	-	-

5.4.2 Planificación participativa y co-concepción (co-design)

La recolección de informaciones sobre la planificación se dividió en siete preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

Las experiencias de Electrificación comunitaria en diferentes regiones de la Región Panamazónica revelan un patrón **consistente: la participación activa de las comunidades es un factor determinante para el éxito y la sostenibilidad de proyectos de energía renovable en Áreas remotas.**

El análisis de los relatos muestra que la participación comunitaria no solo ocurrió, sino que se estructuró de manera que fortaleciera la autonomía local, valorara los saberes tradicionales y garantizara que las soluciones energéticas respondieran a las prioridades colectivas.

En prácticamente todos los casos, el proceso comenzó con un diagnóstico participativo. Reuniones, asambleas, entrevistas y cuestionarios se utilizaron para levantar las necesidades energéticas y entender la realidad de cada lugar. Estas etapas permitieron identificar prioridades como Iluminación de residencias y espacios públicos, Comunicación por medio de internet o telefonía, salud, educación y Transporte. La participación de la comunidad ayudó a definir qué espacios serían beneficiados, qué Equipos serían más útiles y cómo deberían distribuirse los sistemas para atender de la mejor forma a las familias y Áreas colectivas.

Además del diagnóstico, fue común la realización de talleres, capacitaciones y mapeos participativos, en los que los propios Residentes / Habitantes pudieron aprender sobre el funcionamiento de los sistemas, comprender sus limitaciones y participar en la construcción de las soluciones. En muchos casos, estas actividades resultaron en acuerdos formales para el uso y mantenimiento de los Equipos, además de fortalecer capacidades locales en energías renovables. En algunas localidades, encuentros culturales y tradicionales se integraron al proceso, sirviendo como espacios de intercambio de saberes, construcción de consensos y refuerzo de la cohesión social.

Un aspecto central identificado en todos los proyectos fue la valorización del conocimiento local, aunque no haya estado presente en todos ellos de la misma forma.

La elección de lugares para la instalación de turbinas, paneles solares o redes eléctricas tuvo en cuenta el saber tradicional sobre la geografía, los ciclos de crecida y estiaje de los ríos y las mejores épocas para el Transporte de materiales. Los Residentes / Habitantes indicaron especies de madera adecuadas para soportes y postes, sugirieron lugares seguros para bombas de agua y definieron rutas para líneas de distribución. En sistemas de Transporte fluvial con energía solar, el diseño de las embarcaciones se inspiró en modelos tradicionales, adaptando motores y técnicas de navegación de acuerdo con la experiencia local. Esta integración entre tecnología moderna y prácticas ancestrales aseguró mayor eficiencia, redujo costos y aumentó la aceptación de las soluciones.

Las prioridades definidas por las comunidades se reflejaron claramente en los proyectos técnicos. Iluminación doméstica y pública, Comunicación, abastecimiento de agua, refrigeración de medicamentos y alimentos, además de apoyo a actividades productivas, fueron demandas recurrentes. En algunas localidades, la instalación de sistemas solares posibilitó el funcionamiento de escuelas y Puestos de salud, así como el almacenamiento de productos agrícolas y pesqueros en cámaras frigoríficas. En otras, la creación de sistemas de Transporte movidos a energía solar redujo significativamente los costos con combustibles fósiles, ampliando el acceso a servicios de salud y a mercados para el escoamiento de la producción.

El proceso de toma de decisiones colectivas fue otro elemento común y esencial. En reuniones y asambleas, los Residentes / Habitantes definieron reglas de uso, tarifas de mantenimiento y mecanismos de gestión de los sistemas. Muchas comunidades crearon fondos para la reposición de baterías, calculando contribuciones mensuales por familia con base en el costo del Equipo y la expectativa de vida útil. Aunque no siempre todas las familias consiguieran contribuir regularmente, la práctica fortaleció la gobernanza y aumentó la consciencia sobre la importancia de la Sostenibilidad financiera. En algunos casos, se crearon comités o asociaciones responsables por la gestión de la energía, reforzando la autonomía comunitaria.

La autonomía para proponer ajustes y expansiones también se relató en diferentes contextos. Las comunidades pueden solicitar cambios de lugar,

ampliaciones de capacidad o inclusión de nuevos Equipos, siempre que haya viabilidad técnica y recursos disponibles. Durante la implementación, sugerencias de adaptación fueron discutidas con equipos técnicos y, en muchos casos, incorporadas de inmediato. Tras la instalación, la responsabilidad por la operación y el mantenimiento pasó íntegramente a las comunidades, que decidieron de forma independiente sobre futuras modificaciones.

Otro punto relevante fue la integración con actividades productivas y servicios esenciales. Sistemas de bombeo de agua a energía solar se utilizaron ampliamente, reduciendo el esfuerzo manual, ampliando la producción agrícola y fortaleciendo cadenas productivas, como la del açaí y la harina de mandioca. La energía eléctrica también permitió el funcionamiento de talleres, carpinterías y pequeñas industrias domésticas, ampliando oportunidades de generación de renta. La Iluminación pública contribuyó a la seguridad comunitaria y a la ampliación de actividades nocturnas, como estudio, pesca y reuniones colectivas.

A pesar de los avances, la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas todavía presenta desafíos. La reposición de baterías y el mantenimiento periódico exigen recursos financieros que no siempre están prontamente disponibles. Aunque algunas comunidades han estructurado fondos o recibido apoyo de aliados institucionales, en otros casos la reposición depende de nuevos proyectos, donaciones o recaudaciones puntuales. **En Áreas de Unidades de conservación, el acceso a crédito y seguros es limitado, ya que los Residentes / Habitantes no poseen titularidad formal de la tierra, lo que dificulta la obtención de Financiamiento tradicional.**

Los beneficios sociales de las iniciativas fueron expresivos. La llegada de la electricidad redujo el tiempo dedicado a actividades manuales, mejoró las condiciones de salud y educación y fortaleció la cohesión social. Hubo ganancia de tiempo para actividades educativas, mayor confort doméstico y reducción de gastos con combustibles fósiles, como el diésel. En varias comunidades, el ahorro en combustibles permitió redireccionar recursos hacia alimentación, educación y mejoras en la Infraestructura local.

Desde el punto de vista ambiental, las soluciones de energía renovable redujeron el uso de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. En muchos casos, la sustitución del diésel fue parcial, pero

significativa; en otros, llegó a ser completa. Sistemas de Transporte a energía solar evitaron la quema de miles de litros de combustible, disminuyendo la contaminación de ríos y aire, además de contribuir a la mitigación del cambio climático.

El análisis de estas experiencias demuestra que la combinación de tecnología apropiada, participación social y respeto al conocimiento tradicional es fundamental para el éxito de proyectos de Electrificación en regiones aisladas. La participación comunitaria desde el diagnóstico hasta la gestión diaria garantiza que las soluciones energéticas no solo proporcionen electricidad, sino que también fortalezcan la autonomía, generen renta, mejoren la calidad de vida e incentiven la preservación ambiental.

Estos proyectos también muestran que el aprendizaje colectivo es acumulativo e inspirador. En algunos casos, la instalación de sistemas piloto condujo a réplicas en comunidades vecinas, apoyadas por gobiernos u otras organizaciones. El intercambio de experiencias, ya sea por medio de talleres o demostraciones sencillas, generó un efecto multiplicador, ampliando el impacto de las iniciativas originales. Los aprendizajes obtenidos con la planificación participativa y la co-concepción de los proyectos piloto están sistematizados en la **Tabla 24**.

5.4.3 Justicia energética e inclusión social

La recolección de informaciones sobre la Justicia energética y la inclusión social en los proyectos piloto se dividió en cinco preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

El análisis de las iniciativas de Electrificación bajo la óptica de la reducción de desigualdades en el acceso a la energía mostró que las intervenciones buscaron garantizar que el suministro de energía limpia, segura y continua fuera tratado como un derecho básico, no restringido a Áreas urbanas. En algunos casos, se reconoció que eliminar completamente estas desigualdades sigue siendo un desafío, pero las acciones implementadas representan avances significativos hacia la Justicia energética. Las propuestas valorizaron el uso de fuentes renovables, principalmente la Solar, como alternativa a combustibles fósiles, reforzando la idea de que la energía debe ser un bien colectivo accesible para Comunidades rurales / Áreas rurales, Pueblos indígenas, Comunidades ribereñas y de frontera.

Tabla 24. Sistematización de los aprendizajes con la planificación participativa y la co-concepción de los proyectos piloto.

País	Organización	Participación en la planificación y diseño	Talleres y mapeos y resultados	Herramientas y metodologías de co-concepción	Integración de saberes locales	Priorización de demandas locales	Decisión sobre tarifas, gestión y mantenimiento	Autonomía para proponer cambios y ampliaciones
Bolivia	WWF	Proyecto presentado y aceptado por la comunidad; apoyo a la implementación	La difusión de la experiencia generó expansión por otras instituciones	Entrevistas, encuentros, cuestionarios, observación del uso de energía	Unió conocimiento local, interés de la autoridad y de universitarios	Apoyo a emprendimiento productivo	Acuerdos en reuniones comunitarias para implementación y mantenimiento	La comunidad propietaria/gestora tiene libertad para cambios
Brasil	ISA	Indicación de demanda; reuniones, asambleas, seminarios	Registros en informes, mapas y actas con prioridades comunitarias	Mapas, cuestionarios, dinámicas en grupos	El lugar de instalación se definió por saberes locales	Atenciones comunitarias: escuela, Puesto de salud, internet, radio, cocina comunitaria	Gestión y mantenimiento decididos en conjunto; programa de capacitación técnica; debate sobre tasa de mantenimiento	Las comunidades pueden proponer alteraciones considerando limitaciones técnicas y presupuestarias
	PSA	Reuniones y diagnósticos sociales y técnicos desde la concepción; capacitación técnica	Talleres y diagnósticos sociales y técnicos	Talleres comunitarios, talleres, observación de demanda, termo de donación	Soportes de madera para panel solar, uso de mano de obra local, liderazgo comunitario para operación	Iluminación, salud, educación, abastecimiento de agua, generación de renta	Asambleas definen reglas y modelos de gestión para Sistemas colectivos	Comunidades/familias pueden alterar sistemas tras la donación
	MSU	Reuniones, talleres, cuestionarios y entrenamientos	Talleres y dinámicas participativas; lista de prioridades energéticas	Cuestionarios, talleres, observación participante, entrenamientos	Las comunidades definen lugares, materiales (madera), rutas y épocas de instalación; gestión financiera	Internet, Iluminación pública, bombeo de agua, reducción del uso de diésel	Fondo para cambio de baterías con contribución mensual por familia	Autonomía total, aunque el costo adicional para expansiones sea un desafío
	WWF	Encuentros presenciales en todas las fases del proyecto; comunidades definieron usos y lugares; entrenamiento IOM	Talleres, encuentros presenciales y entrenamientos	Mapas, cartillas, presentaciones, actividades prácticas de montaje de Equipos	Técnicas locales para la construcción de estructuras de madera para Equipos del sistema; alternativa al uso de metal, cemento y ladrillo	Bombeo de agua, Iluminación, refrigeración, internet, carpintería, irrigación, ocio	En Vila Limeira: asamblea definió tarifas y mantenimiento; en los demás casos, cotizaciones puntuales	Las comunidades pueden proponer, pero el costo y la falta de crédito dificultan
Colombia	ACT	Reuniones y asambleas definieron criterios, espacios estratégicos y uso de los sistemas	Capacitación, acuerdos de uso, verificación en campo	Diagnóstico participativo	Saberes aplicados en el uso y la gestión de los sistemas	Iluminación doméstica, Comunicación, salud, gobernanza	Acuerdos comunitarios para uso, seguridad, mantenimiento y reposición de baterías	Las comunidades pueden proponer cambios, ampliaciones solo con apoyo técnico
	WWF	Participación en visita de diagnóstico, priorización, instalación y capacitación	Talleres y visitas ayudaron a dimensionar sistemas y alinear expectativas	Identificación de necesidades previas, entrevistas semiestructuradas, talleres de expectativas energéticas	No	Turismo	-	Pueden proponer alteraciones durante el diseño; autonomía tras la instalación
Ecuador	Kara Solar	Consulta previa y diálogo; decisión conjunta con el equipo técnico	Talleres y mapeos participativos generaron apropiación del proyecto	Mapas participativos, diagnósticos, cuestionarios, encuentros matinales "wayusa"	Diseño de canoas y motores adaptados al modelo Achuar de navegación tradicional	Transporte, Iluminación, Comunicación, salud	Acuerdos con comunidades para gestión y mantenimiento	Las comunidades pueden proponer alteraciones durante la instalación, pero los mecanismos para cambios posteriores aún se están definiendo
Perú	ACT	Reuniones y asambleas definieron criterios, espacios estratégicos y uso de los sistemas	Reuniones de capacitación con demostraciones prácticas	Diagnóstico participativo	Saberes aplicados en el uso y la gestión de los sistemas	Iluminación doméstica, Comunicación, salud, gobernanza	Acuerdos comunitarios para uso, seguridad, mantenimiento y reposición de baterías	Las comunidades pueden proponer cambios, ampliaciones solo con apoyo técnico
	DAR	Diagnóstico, entrevistas, consultas, diseño de la solución y acuerdos de gestión	Talleres y reuniones posibilitaron construir prioridades y acuerdos de gobernanza	Diagnósticos participativos, entrevistas, encuestas de consumo	Prácticas tradicionales de cocción, localización para implantación de paneles FV, prácticas productivas, seguridad	Iluminación, Comunicación, salud, educación, producción	Las comunidades discuten tarifas simbólicas; creación de comités energéticos	Pueden sugerir ampliaciones y ajustes en coordinación
Surinam	WWF	Reuniones comunitarias y cuestionarios domiciliarios	Talleres comunitarios	Cuestionarios	Se basó en experiencia previa de la comunidad	Iluminación y Comunicación en edificio multifuncional	Tarifa propuesta por autoridad tradicional (STIDUNAL)	Sistema donado a la organización comunitaria con autonomía total

Las poblaciones atendidas se seleccionaron considerando criterios de vulnerabilidad y aislamiento. Se destacan Pueblos indígenas, Comunidades ribereñas, Extractivistas, Mujeres campesinas / Mujeres rurales y Afrodescendientes, además de grupos que dependen fuertemente de los ríos para Transporte y subsistencia. En varios territorios, la elección de las localidades tuvo en cuenta la relación de confianza ya establecida, la dificultad de acceso a Servicios públicos esenciales y la importancia estratégica de espacios comunitarios, como Puestos de salud, Centros organizativos y escuelas. La priorización también abarcó asociaciones de productores rurales, reforzando la preocupación con la inclusión de diferentes segmentos sociales que tradicionalmente quedan al margen de programas de Electrificación.

Las respuestas evidencian que muchas comunidades habían recibido anteriormente Equipos de baja calidad, sin acompañamiento técnico o con fuerte dependencia de generadores a diésel. Para enfrentar estas deficiencias, los nuevos proyectos invirtieron en Sistemas fotovoltaicos más confiables y adaptados al contexto local, además de desarrollar capacitaciones y materiales educativos para operación y mantenimiento. En algunos casos, los equipos revisaron instalaciones anteriores y planearon la reactivación de sistemas desactivados, mientras que otros destacaron que no hubo experiencias previas que corregir. También se incorporaron estrategias para garantizar la Sostenibilidad financiera, como acceso a fondos públicos y mecanismos de escalonamiento para asociaciones productivas, fortaleciendo la autonomía de las comunidades beneficiadas.

La gestión comunitaria de los sistemas de energía renovable resultó en fortalecimiento de la identidad local y de la capacidad organizativa. El suministro estable de electricidad permitió la ampliación de actividades productivas, como artesanías, y viabilizó el uso de espacios de convivencia, reuniones y servicios de salud y educación en horarios más amplios. En algunas regiones, la tecnología solar impulsó prácticas culturales, como ceremonias tradicionales, e inspiró a Jóvenes a involucrarse en iniciativas vinculadas a la innovación y la conservación ambiental. El conocimiento adquirido en entrenamientos técnicos contribuyó a aumentar la autonomía de las comunidades, permitiendo que el mantenimiento y la gestión de los sistemas se realizaran de forma colectiva y con participación de Mujeres y Jóvenes.

Los efectos sobre la distribución de poder local fueron variados y, en la mayoría de los casos, discretos. En algunas comunidades, individuos responsables de la operación de los sistemas de energía asumieron funciones de liderazgo o ganaron mayor visibilidad social, mientras que en otras las estructuras de gobernanza permanecieron inalteradas. La Electrificación contribuyó a dinamizar espacios colectivos y a ampliar la participación de diferentes grupos en las decisiones comunitarias, pero no provocó reconfiguraciones significativas en las jerarquías existentes. En determinados territorios, se observó fortalecimiento económico, con oportunidades de negocio y reducción de costos de operación, lo que aumentó el interés de actores locales, aunque sin alterar sustancialmente la autoridad tradicional ya consolidada. Los aprendizajes sobre Justicia energética e inclusión social están sistematizados en la **Tabla 25**.

5.4.4 Tecnología e implementación técnica

La recolección de informaciones sobre la tecnología y topología de generación y almacenamiento de energía eléctrica e implementación técnica de los sistemas energéticos se estructuró en cinco preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

La experiencia de las organizaciones presenta una gama de opciones tecnológicas, con predominio de la energía solar fotovoltaica debido a su viabilidad en regiones remotas, facilidad de Transporte y bajo costo de mantenimiento. La irradiación solar consistente en Áreas amazónicas y rurales, sumada a la simplicidad de operación y seguridad, favoreció la adopción de esta fuente de generación. En algunos casos, la energía Solar se combinó con Sistemas híbridos con diésel para garantizar suministro en períodos de baja insolación, o se probó junto con tecnologías como turbinas hidrocinéticas, con el objetivo de ampliar la autonomía energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles. Estudios previos de potencial energético y análisis de costo-beneficio sustentaron estas decisiones, considerando también la adaptación a las condiciones ambientales y logísticas específicas de cada localidad.

La adaptación de los sistemas a las condiciones locales fue un aspecto central del proceso de implementación. Diversos proyectos consideraron factores como clima tropical, estacionalidad de las lluvias, riesgo de inundaciones, disponibilidad de mano de obra y

Tabla 25. Sistematización de aprendizajes sobre Justicia energética e inclusión social de proyectos piloto.

País	Organización	Corrección de desigualdades históricas	Grupos priorizados	Corrección de fallas anteriores	Fortalecimiento de identidad, organización y autonomía	Cambios en la distribución de poder
Bolivia	WWF	Implementó proyectos de energía que resultaron en participación comunitaria y apropiación de las soluciones energéticas	Organizaciones de productores de frutos amazónicos (hombres y Mujeres)	No hubo necesidad	Fortaleció identidad, participación y organización comunitaria	Empoderamiento económico para actores que no lo tenían
Brasil	ISA	Viabilizó la atención a demandas energéticas en tierras indígenas excluidas	Comunidades indígenas	Sí, incorporó aprendizajes y mejoras en procesos	Reforzó la gestión comunitaria y la valorización de la capacitación, sobre todo de Mujeres y Jóvenes	Sí, aunque es difícil de medir
	PSA	Llevó energía solar a Áreas históricamente sin red eléctrica	Pueblos indígenas, Extractivistas y Comunidades ribereñas	Perfeccionó soluciones iniciadas en 1999 por la organización, con formación para mantenimiento y mayor autonomía	Reforzó la organización comunitaria y la autogestión	Sin evidencia de cambios ligados directamente al proyecto
	MSU	Redujo costos de la desigualdad, pero no elimina la diferencia estructural	Comunidades ribereñas	Pocas experiencias previas	Fortaleció organización y autonomía mediante el control del sistema	Casos puntuales de nuevos liderazgos; mayoría sin cambio significativo
	WWF	Energía para Unidades de conservación en Áreas de exclusión eléctrica	Asociaciones de Extractivistas ribereños	Siguió salvaguardas socioambientales para garantizar derechos	Fortaleció identidad y organización en sistemas comunitarios	No
Colombia	ACT	Focalizó comunidades en Zonas No Interconectadas (ZNI) para garantizar acceso limpio y seguro	Pueblos indígenas y Comunidades rurales aisladas (Colombia y Perú)	Reactivó sistemas solares antiguos; recuperó la confianza local; creó cartillas de mantenimiento	Mayor capacidad de organización y gestión colectiva de recursos; la solución energética permitió actividades colectivas de gestión	Mejor organización y participación comunitaria, sin grandes cambios de poder
	WWF	Llevó energía a Zonas No Interconectadas (ZNI)	Comunidades rurales y Afrodescendientes	-	La energía renovable pasó a integrar la identidad y los servicios ecoturísticos	No
Ecuador	Kara Solar	Combate la exclusión histórica con energía limpia y Transporte solar	Comunidades Achuar y ribereñas amazónicas	Corrigió fallas de proyectos solares anteriores con capacitación y mantenimiento local; construyó confianza local	Fortaleció identidad cultural, autonomía y gestión comunitaria; inspiró a Jóvenes	Ampliar el acceso y la inclusión a la energía y al Transporte ayudó a distribuir poder en la vida de las comunidades Achuar
Perú	ACT	Focalizó comunidades en Zonas No Interconectadas (ZNI) para garantizar acceso limpio y seguro	Pueblos indígenas y Comunidades rurales aisladas (Colombia y Perú)	Reactivó sistemas solares antiguos; recuperó la confianza local; creó cartillas de mantenimiento	Mayor capacidad de organización y gestión colectiva de recursos; la solución energética permitió actividades colectivas de gestión	Mejor organización y participación comunitaria, sin grandes cambios de poder
	DAR	Combatió la desigualdad energética en comunidades nativas y rurales de Loreto (región peruana)	Comunidades indígenas, rurales y Comunidades ribereñas	Priorizó energía renovable en lugar de fósil, adaptó el proyecto a la realidad local e implementó mecanismos de Sostenibilidad financiera	Fortaleció organización, autonomía e identidad cultural usando conocimiento local en los proyectos	El acceso a la energía permitió el empoderamiento de líderes locales, aumentó la participación comunitaria y creó nuevos cargos comunitarios con división de responsabilidades
Surinam	WWF	Sí	Comunidad indígena costera	Sí	Sí, con mayor capacidad organizacional	No

dificultades de acceso. En algunos casos, la instalación se planeó para períodos secos, cuando la navegación fluvial o el Transporte terrestre eran más seguros. Las estructuras de los sistemas, como soportes de paneles y gabinetes de protección de inversores, se reforzaron o ajustaron para resistir la humedad y las altas temperaturas. La logística de Transporte, en ocasiones compleja, exigió rutas fluviales bien coordinadas, uso de embarcaciones adaptadas y planificación detallada para el desplazamiento de Equipos pesados hasta comunidades de difícil acceso. En varias situaciones, equipos locales fueron capacitados para la ejecución de las obras, integrando electricistas, albañiles y ayudantes de la propia comunidad o de localidades cercanas.

La participación de las comunidades en la selección y comprensión de las tecnologías fue significativa. En algunos proyectos, la elección por la energía Solar o Sistemas híbridos resultó de asambleas, reuniones y comparaciones entre alternativas, en las cuales se discutieron costos, Sostenibilidad y facilidad de operación. Hubo casos en que, aunque la decisión técnica final haya sido conducida por especialistas, los Residentes / Habitantes fueron consultados sobre las prioridades de uso y la localización de las instalaciones. En casi todas las iniciativas, la formación comunitaria fue útil para enseñar sobre operación, mantenimiento y cuidados con los Equipos, producción de cartillas de orientación en lenguaje accesible e incluso programas estructurados para formar “electricistas solares” locales. Este esfuerzo de capacitación buscó garantizar la apropiación tecnológica y la autonomía para la gestión y el mantenimiento de los sistemas.

Los desafíos técnicos enfrentados fueron diversos y demandaron soluciones creativas. La logística de Transporte fue una dificultad recurrente, principalmente en Áreas con ríos de difícil navegación o caminos intransitables durante el período lluvioso. Para superar estos obstáculos, algunos equipos organizaron Transporte fluvial comunitario o fletaron embarcaciones equipadas con antenas de internet para comunicación en tiempo real. En determinados contextos, la falta de herramientas adecuadas en las primeras instalaciones se contornó con la adquisición de Equipos duplicados para permitir el trabajo simultáneo de diferentes equipos. La

ausencia de datos ambientales precisos, como radiación solar o velocidad de las corrientes de ríos, motivó el desarrollo de sistemas de monitoreo remoto para evaluar el desempeño y ajustar las operaciones. La escasez de mano de obra técnica también exigió capacitaciones específicas, incluso con grupos destinados a Mujeres, a fin de fortalecer la capacidad local de mantenimiento. Cuestiones relacionadas con el almacenamiento de energía, como la limitada vida útil de baterías de plomo-ácido, se resolvieron con la sustitución por baterías de litio, más duraderas y eficientes.

En cuanto a la posibilidad de ampliación o integración con otras tecnologías, las respuestas indican escenarios distintos. En varios casos, los sistemas se diseñaron para atender demandas básicas de Iluminación y Comunicación, sin previsión de expansión significativa. No obstante, algunos proyectos disponen de Infraestructura que permitiría incorporar nuevas fuentes, caso de que los estudios técnicos y los recursos financieros lo hagan viable. Se mencionan el potencial de generación con biomasa, uso de estiércol bovino para producción de gas e integración con sistemas gubernamentales de mayor porte, aunque en muchos lugares estas alternativas sean limitadas por desafíos logísticos o de apropiación comunitaria. En otras situaciones, los Sistemas híbridos existentes, como redes solares asociadas a generadores a diésel, ya ofrecen flexibilidad para ampliaciones moderadas o ajustes de capacidad.

Los aprendizajes con la implementación técnica de las diferentes tecnologías de generación y almacenamiento de energía y topologías de sistemas energéticos están sistematizados en la **Tabla 26**.

5.4.5 Operación, mantenimiento y capacitación

La recolección de informaciones sobre la operación y mantenimiento (O&M) y la capacitación técnica de Agentes comunitarios de energía (ACE) se estructuró en cuatro preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

Las experiencias de operación, mantenimiento y capacitación de los sistemas de energía renovable presentan patrones que reflejan la diversidad de contextos comunitarios y arreglos institucionales en la

Tabla 26. Sistematización del aprendizaje con las tecnologías e implementación técnica de sistemas energéticos de los proyectos piloto.

Pais	Organización	Razón de la elección de la tecnología	Adaptación a condiciones locales	Participación y comprensión de la comunidad	Dificultades técnicas y soluciones	Posibilidad de ampliación
Bolivia	WWF	-	-	-	-	-
Brasil	ISA	Estudios indicaron potencial para Sistemas híbridos (Solar, Eólica, diésel y biomasa) en Roraima (estado brasileño); se optó por Solar/diésel por la viabilidad y costos en Mato Grosso (estado brasileño)	Instalación planificada conforme períodos de sequía y lluvias; capacitación técnica y mano de obra local	Las comunidades participaron en asambleas, definieron fuentes y recibieron capacitación técnica	Dificultades logísticas y rápida evolución de los estándares tecnológicos; se resolvieron con un programa de formación de electricistas y adquisición de Equipos actualizados	Potencial para biomasa, turbinas de filo de agua o gas de estiércol bovino, aunque algunas opciones no sean prioritarias
	PSA	Solar fotovoltaica por la viabilidad logística y mantenimiento sencillo; opción de integración con diésel en bombeo de agua	Proyectos ajustados al clima, logística y contexto social; la mano de obra local todavía es limitada	Las comunidades participan en todas las etapas, desde el diagnóstico hasta la gestión posterior a la instalación	Dificultades en la compra de Equipos y mano de obra técnica; se resolvieron con proveedores externos, curso "Electricistas del Sol" y planificación para períodos de sequía	Posible, mediante evaluación de viabilidad y recursos disponibles
	MSU	Solar, híbrido Solar-diésel e hidrocíntrica para testar viabilidad en la Amazonía	Instalaciones adaptadas al contexto: baterías y controles junto al generador; turbina en flotante con rotor modificado	Las comunidades eligieron microsistemas y participaron en entrenamientos	Falta de herramientas, internet y datos ambientales; se solucionó con compra de Equipos, antena de internet en barco y desarrollo de monitoreo	Posible, pero requiere estudios adicionales; ejemplo de turbina y sistema híbrido en redes independientes
	WWF	Solar modular, de fácil instalación; minirred híbrida Solar/diésel en Vila Limeira para garantizar suministro en mal tiempo	Sistemas adaptados a las realidades locales	Las comunidades participaron y comprendieron el funcionamiento	Pocas dificultades; la experiencia previa ayudó a prever problemas	No, excepto el sistema híbrido de Vila Limeira
Colombia	ACT	Solar fotovoltaica por la viabilidad en Áreas remotas, baja manutención y suministro facilitado de energía	Sistemas escogidos conforme al clima, la logística y la posibilidad de mantenimiento local	Las comunidades participaron en la decisión y recibieron capacitación y cartillas interculturales	Transporte de Equipos a Áreas de difícil acceso y sustitución de baterías	No se puede ampliar en residenciales; la ampliación en Puestos de salud/escuelas es posible, pero no se ha considerado hasta ahora
	WWF	Energía Solar tras análisis de costo-beneficio	Equipos estándar; adaptación en la instalación y protección de inversores; mano de obra comunitaria en la instalación	No participaron en la elección; recibieron capacitación operacional	Ninguna dificultad relevante	Sí
Ecuador	Kara Solar	Sistemas solares confiables, seguros y adecuados al Transporte fluvial en Ecuador	Proyectos adaptados al clima tropical, radiación solar y profundidad de los ríos	Procesos co-diseñados; capacitación en operación y mantenimiento	Desafíos de logística fluvial, Transporte y clima; se superaron con alianzas locales, planificación y mantenimiento continuo	Potencial para microturbinas fluviales, pero el cambio en el clima afecta la previsión de corrientes fluviales
Perú	ACT	Solar fotovoltaica por la viabilidad en Áreas remotas, baja manutención y suministro facilitado de energía	Sistemas escogidos conforme al clima, la logística y la posibilidad de mantenimiento local	Las comunidades participaron en la decisión y recibieron capacitación y cartillas interculturales	Transporte de Equipos a Áreas de difícil acceso y sustitución de baterías	No se puede ampliar en residenciales; la ampliación en Puestos de salud/escuelas es posible, pero no se ha considerado hasta ahora
	DAR	Solar fotovoltaica escogida por radiación constante, logística fluvial favorable, marco legal y Sostenibilidad	Proyectos planificados para el clima amazónico, riesgo de inundación y logística; priorización de compras locales	Selección participativa con comparación Solar vs. diésel; capacitación en mantenimiento y uso	Transporte fluvial caro y baterías de corta vida; se resolvió con logística comunitaria y adopción de baterías de litio	Estudia hibridación y potencial de turbinas fluviales, aún en fase inicial
Surinam	WWF	La comunidad ya estaba familiarizada con la energía Solar y existía un proyecto gubernamental en curso	Sí, adaptado al clima y la logística local	Sí, participación y comprensión	Ninguna	Posibilidad de expansión o integración al proyecto gubernamental

Amazonía. En general, la responsabilidad cotidiana por la operación y el mantenimiento la asumen principalmente las propias comunidades, con variaciones en el nivel de apoyo externo y en la forma de organización interna. En muchos casos, cada familia es responsable de sistemas domiciliarios, mientras que Equipos colectivos, como Puestos de salud y centros comunitarios, quedan bajo la gestión de personas o grupos designados localmente. En algunas iniciativas, organizaciones comunitarias o técnicas formadas específicamente para este fin conducen la operación, contando con soporte eventual de entidades aliadas. También hay casos en que asociaciones locales o “guardianes” elegidos cuidan del sistema, pudiendo recurrir a técnicos de la ciudad o a instituciones de apoyo cuando es necesario.

La capacitación técnica es un elemento recurrente, planificado para fortalecer la autonomía comunitaria. Diversas iniciativas promovieron entrenamientos teóricos y prácticos, desde formaciones básicas sobre el uso de los sistemas y limpieza de paneles hasta programas estructurados de nivel intermedio y avanzado. Algunos proyectos desarrollaron talleres permanentes y cursos especializados, capacitando electricistas y técnicos locales, incluso con incentivo a la participación de Mujeres y Jóvenes. Las metodologías combinan clases presenciales, cartillas ilustradas y acompañamiento continuo, y en ciertos casos incluyen alianzas con Universidades, Institutos de educación técnica y empresas privadas para garantizar certificación y mayor calidad de los entrenamientos.

En cuanto al desempeño, la mayoría de los sistemas opera de forma estable, proporcionando energía de acuerdo con los objetivos definidos. Las fallas relacionadas se concentran en problemas de desgaste natural, como la vida útil de las baterías, y en factores ambientales, como humedad, corrosión de conexiones y acumulación de sedimentos en bombas de agua. También se citaron situaciones de sobrecarga derivadas de usos no planificados, como la conexión de Equipos que exceden la capacidad del sistema, además de dificultades logísticas ligadas al Transporte de piezas y a la distancia de centros de asistencia. En general, las soluciones incluyen sustitución de baterías, ajustes de componentes y desarrollo de mecanismos de monitoreo remoto para detección precoz de fallas.

El nivel de autonomía técnica de las comunidades varía según la complejidad de los sistemas. En localidades

donde predominan instalaciones individuales o de menor porte, la capacitación recibida permite que los Residentes / Habitantes realicen mantenimientos preventivos y pequeños reparos, como limpieza de paneles, verificación de cables y cambios simples de componentes. En sistemas más sofisticados, como minirredes o estructuras híbridas, la necesidad de soporte especializado todavía es significativa, exigiendo la presencia de técnicos externos para intervenciones complejas o para la sustitución de Equipos de mayor costo y sensibilidad.

En general, los proyectos demuestran que la combinación entre entrenamiento práctico, acompañamiento técnico y participación comunitaria es esencial para la Sostenibilidad de sistemas de energía renovable en Áreas aisladas. La actuación conjunta de Residentes / Habitantes capacitados, líderes locales y aliados externos, cuando está bien coordinada, garantiza el funcionamiento regular y la adaptación de las soluciones a las realidades culturales, ambientales y logísticas de la región amazónica.

Los aprendizajes con la operación y mantenimiento (O&M) y la capacitación técnica de Agentes comunitarios de energía (ACE) están sistematizados en la **Tabla 27**.

5.4.6 Financiamiento y sostenibilidad económica

La recolección de informaciones sobre los modelos de Financiamiento y Sostenibilidad económica de los sistemas energéticos implementados en las diferentes comunidades amazónicas se estructuró en cinco preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

En cuanto al Financiamiento y la Sostenibilidad económica, los proyectos de Electrificación analizados revelan una diversidad de arreglos y niveles de madurez financiera. En gran parte, los recursos iniciales provinieron de donaciones filantrópicas o de cooperación internacional, frecuentemente con complementos de contrapartidas locales y apoyos logísticos. Fondos privados, como los de la Fundación Mott, fueron recurrentes, mientras que algunas iniciativas también contaron con Financiamiento público, alianzas con empresas, apoyo de Universidades o de instituciones gubernamentales. En algunos casos, como en determinadas comunidades brasileñas, hubo adicionalmente la donación de Equipos provenientes de

Tabla 27. Sistematización de los aprendizajes con operación, mantenimiento y capacitación de equipo comunitario para la operación de los proyectos

País	Organización	Responsable actual por la operación y mantenimiento	Capacitación técnica local	Funcionamiento y fallas	Capacidad técnica autónoma
Bolivia	WWF	-	-	-	-
Brasil	ISA	Comunidades o técnicos locales indicados; apoyo eventual del ISA; polos estratégicos operados por profesionales de salud o ATIX	Programas de formación con institutos federales, Universidades y empresas, formando decenas de electricistas (incluyendo Mujeres)	Sistemas individuales mantenidos por técnicos locales; minirredes demandan apoyo del ISA; fallas ligadas a la vida útil, descargas eléctricas y uso intenso	Autonomía para mantenimiento de sistemas individuales; minirredes requieren soporte externo
	PSA	Al menos dos personas de referencia en cada comunidad	Capacitación inicial durante la instalación y talleres "Electricistas del Sol" (teoría y práctica)	Sistemas estables; fallas puntuales ligadas a limpieza, conexiones o sobrecarga; reparos hechos por comunitarios capacitados	Autonomía para mantenimientos preventivos; dependencia de técnicos externos para fallas complejas
	MSU	Persona o grupo elegido en cada comunidad; casos de liderazgo autocrático causaron problemas	Sí, con entrenamientos y acompañamiento remoto	Funcionamiento general estable; falla en sistema de bombeo por bomba sobredimensionada y mal uso en otra comunidad; se resolvió con nueva captación y orientación	Miembros capacitados para detección de problemas; monitoreo remoto en desarrollo
	WWF	"Guardián" designado en cada comunidad; sustitución posible por electricistas capacitados	Capacitación inicial teórica y práctica; participantes pasaron a instalar sistemas solos	Funcionamiento regular; fallas en baterías y bombas por sedimentos, solucionadas con cambios	Capacidad autónoma para mantenimiento y sustitución de Equipos
Colombia	ACT	Sistemas domiciliarios: familias; sistemas colectivos: organizaciones indígenas y coordinación del hospital	Jornadas prácticas en cada comunidad para uso y mantenimiento, con cartillas ilustradas adaptadas al contexto cultural	Funcionamiento regular; fallas en baterías, controladores y piezas, resueltas con reposición y asistencia técnica	Autonomía básica para mantenimiento simple; dependencia externa para reparos complejos
	WWF	Responsable del centro ecoturístico (Guaviare); en los demás proyectos no se definió	Capacitación tras definición de los sistemas y con manuales	Sistema funcionando; sobrecarga por instalación de un nuevo Equipo, sin recursos para reparo inmediato	Conocimiento básico para mantenimiento; reparos dependen de técnicos especializados
Ecuador	Kara Solar	Técnicos Achuar de las propias comunidades, con apoyo externo	Capacitación en niveles básico, intermedio y avanzado, con sesiones prácticas y soporte continuo	Operación confiable; paradas ocasionales en barcos solares por fragilidad de motores, resueltas con mantenimiento local y sustitución de piezas	Comunidades capacitadas para operar, mantener y reparar rutinariamente los sistemas
Perú	ACT	Sistemas domiciliarios: familias; sistemas colectivos: organizaciones indígenas y coordinación del hospital	Jornadas prácticas en cada comunidad para uso y mantenimiento, con cartillas ilustradas adaptadas al contexto cultural	Funcionamiento regular; fallas en baterías, controladores y piezas, resueltas con reposición y asistencia técnica	Autonomía básica para mantenimiento simple; dependencia externa para reparos complejos
	DAR	Comunidades y líderes capacitados, con apoyo de aliados y del equipo de DAR	Talleres prácticos en la comunidad, con coordinación local y material adaptado culturalmente	Sistemas en general regulares; fallas en baterías, corrosión y sobrecarga; soluciones con baterías de litio, protección de conexiones y orientación de uso	Capacidad parcial para mantenimiento básico; dependencia externa para reparos complejos o cambio de baterías
Surinam	WWF	Organización comunitaria	Capacitación de miembros (incluyendo 3 Mujeres y 3 hombres) en mantenimiento y resolución de problemas	Funcionamiento estable; falla en proyector, resuelta por el disparo del dispositivo de seguridad	Capacidad para mantenimiento simple y pequeños reparos

programas federales ya concluidos o contribuciones de Órganos públicos para el Transporte y la Infraestructura.

La Sostenibilidad económica de largo plazo presenta diferentes perspectivas. Diversos proyectos consideran su modelo viable, sobre todo porque los sistemas instalados poseen costos de operación relativamente bajos y pueden ser gestionados localmente. No obstante, la necesidad de reposición de componentes con vida útil limitada, como baterías y controladores, impone desafíos a la autonomía financiera. Algunos grupos trabajan con la creación de fondos comunitarios orientados a estas reposiciones, mientras que otros reconocen la importancia de mantener apoyo externo o alianzas con políticas públicas para garantizar mantenimiento y asistencia técnica continuos. Hay aún iniciativas que planean migrar a modelos de generación de ingresos, como programas de leasing y tarifas moderadas, a fin de reducir gradualmente la dependencia de donaciones.

El establecimiento de tarifas o contribuciones comunitarias también varía ampliamente. En sistemas de uso colectivo, es común la definición de tasas en asambleas locales, con recaudación y gestión por comités o asociaciones de la propia comunidad. Estos recursos se destinan al mantenimiento preventivo, reposición de Equipos y, en algunos casos, a la remuneración de operadores locales. En contextos residenciales o de pequeña escala, muchas experiencias optaron por no cobrar por el uso de la energía, adoptando apenas contribuciones voluntarias o acuerdos informales. En comunidades que establecieron tarifas, los valores se calcularon de forma que fueran inferiores a los costos pagados anteriormente por el uso de combustibles fósiles, lo que facilita la adhesión e incentiva la disciplina financiera.

La gestión de la morosidad y de los costos de mantenimiento se trata de forma adaptada a cada realidad. En comunidades donde hay cobro regular, estrategias de diálogo y renegociación de cuotas son comunes, mientras que otras recurren a ajustes en el valor de las contribuciones para compensar la falta de pago de algunos Residentes / Habitantes. En varios casos, asociaciones locales administran directamente los fondos y monitorean el consumo, garantizando transparencia

y evitando situaciones de constricción pública. Esta gobernanza comunitaria refuerza la corresponsabilidad y la Sostenibilidad de los sistemas, aunque todavía haya dependencia de apoyo externo en situaciones que exigen reparos complejos o sustitución de componentes caros.

Algunas iniciativas comenzaron a explorar o ya implementan modelos de organización más estructurados, como comunidades energéticas, asociaciones registradas o cooperativas. Estas experiencias fortalecen la gestión local, permitiendo mayor participación colectiva y favoreciendo la expansión del acceso a la energía. En otras localidades, el debate sobre la creación de fondos o modelos cooperativos aún está en curso, con la perspectiva de consolidar prácticas que aseguren la continuidad y la eficiencia de los sistemas implantados, alineando la autogestión comunitaria con mecanismos de Financiamiento de largo plazo.

Los aprendizajes con los modelos de Financiamiento y Sostenibilidad económica de los proyectos piloto implementados en las comunidades están sistematizados en la **Tabla 28**.

5.4.7 Resultados e impactos

La recolección de informaciones sobre los resultados e impactos de la implementación de los proyectos piloto en la vida y estructura de las comunidades amazónicas se estructuró en cinco preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

Los proyectos de Electrificación analizados demostraron impactos amplios en Servicios públicos esenciales y en la vida cotidiana de las comunidades atendidas. En términos de servicios, se observó mejora significativa en la salud, con energía para el funcionamiento de Equipos médicos básicos, conservación de medicamentos y operación de Puestos de salud en horarios extendidos. En la educación, la Iluminación en residencias y escuelas amplió las horas de estudio, posibilitó el uso de computadoras e impresoras y viabilizó actividades pedagógicas nocturnas. La Comunicación también se vio beneficiada de manera expresiva, por medio de la carga de celulares, instalación de internet vía satélite y mayor uso de radios comunitarios. En algunos casos, el saneamiento

Tabla 28. Sistematización de los aprendizajes de Financiamiento y Sostenibilidad económica de los proyectos piloto.

País	Organización	Fuentes de Financiamiento	Sostenibilidad del modelo	Tarifas y contribuciones locales	Gestión de morosidad y costos de mantenimiento	Modelos cooperativos o comunitarios
Bolivia	WWF	-	-	-	-	-
Brasil	ISA	Donaciones internacionales, alianzas con empresas, Universidades y fondos públicos (Fondo Amazonía, Fondo Clima)	Sostenible cuando se integra a políticas públicas; en autogestión exige alianzas locales	No hay tarifas, pero hay debate sobre la creación de un fondo para baterías	-	-
	PSA	Recursos públicos, privados y donaciones	Autogestión comunitaria viable para sistemas colectivos	Tarifas solo en sistemas colectivos, definidas por comités de gestión	Reglas internas para morosidad; parte de la renta productiva cubre mantenimiento	Modelo de autogestión, no cooperativo
	MSU	National Science Foundation (EE. UU.) y Fundación Mott	Sostenible si hay fondo comunitario para reposición de baterías y otros componentes	Fondo mensual por familia para cambiar baterías; valores entre R\$72 y R\$78	Tratado en asambleas; el liderazgo redefine cuotas en caso de morosidad	No
	WWF	Fundación Mott, PRODEEM (Equipos), apoyo de ICMBio, Municipalidad de Lábrea y UEA	Vila Limeira: sostenible; escuelas dependen de apoyo público	Vila Limeira: tarifa de R\$1/kWh, gestionada por la asociación	El fondo comunitario cubre mantenimiento; diálogo en casos de morosidad	Vila Limeira opera como comunidad energética
Colombia	ACT	Fundación Mott y contrapartida de ACT	Viable a medio plazo; depende de reposición de piezas y asistencia técnica	Contribuciones voluntarias o acuerdos internos definidos en algunas comunidades	Sin cobro formal, no hay gestión estructurada de morosidad	No adoptó cooperativas/ consorcios
	WWF	Fundación Mott	La comunidad creó fondo para reposición con el ahorro en combustible	No hay tarifas	Los costos de mantenimiento se cubren con el ahorro en combustible	Las comunidades actúan como asociaciones registradas
Ecuador	Kara Solar	Filantropía privada, donaciones, apoyo del BID	Depende de apoyo filantrópico; planea transición a modelo sostenible de préstamo y pequeñas tasas	Sin cobro de energía; algunas comunidades pagan Starlink	Sin cobro de energía; el mantenimiento lo cubre la organización	Asociaciones comunitarias y estudio de modelo cooperativo
Perú	ACT	Fundación Mott y contrapartida de ACT	Viable a medio plazo; depende de reposición de piezas y asistencia técnica	Contribuciones voluntarias o acuerdos internos definidos en algunas comunidades	Sin cobro formal, no hay gestión estructurada de morosidad	No adoptó cooperativas/ consorcios
	DAR	Donaciones de cooperación técnica internacional, apoyo no monetario de aliados y contribuciones comunitarias	Sostenibilidad parcial; la reposición de baterías aún no está cubierta	Algunas asociaciones crearon tarifas simbólicas definidas en asambleas	Gobernanza comunitaria con apoyo de DAR; la morosidad aún está en ajuste	Explora modelos comunitarios y de economía del agua para mantenimiento
Surinam	WWF	Donantes: Mott y red WWF	<i>Sostenible si permanece desconectado de la red</i>	No se aplican tarifas, solo sugerencias	No se aplica	No

fue reforzado, especialmente con sistemas de bombeo de agua, y el Transporte pasó a incluir soluciones de movilidad limpia, como barcos solares.

Los sistemas de energía renovable también abrieron espacio para nuevas actividades económicas y aumento de la renta, aunque de forma heterogénea. En diversas localidades, la Electrificación redujo costos de producción y permitió la diversificación económica. Hubo avances en el turismo de base comunitaria, en la producción de artesanías y en la agregación de valor a productos locales, como pulpas de frutas y derivados de pescado. La refrigeración posibilitó el procesamiento y almacenamiento de alimentos, reduciendo pérdidas poscosecha y pospesca, además de viabilizar emprendimientos de panadería con insumos nativos. En algunos contextos, sistemas de Transporte movidos a energía Solar mejoraron el acceso a mercados, reforzando cadenas productivas vinculadas a la agricultura, la pesca y la bioeconomía. En otros, la energía se destinó principalmente a necesidades domésticas, con impactos económicos más indirectos.

Los efectos sobre la vida de Mujeres, Jóvenes y grupos vulnerables fueron consistentes. La disponibilidad de electricidad redujo el tiempo dedicado a tareas domésticas, como búsqueda y Transporte de agua, lavado de ropa y conservación de alimentos, permitiendo mayor participación en actividades productivas y educativas. Las Mujeres pasaron a tener más oportunidades de generación de renta, liderazgo en emprendimientos locales y participación en cursos técnicos, mientras que los Jóvenes ampliaron su tiempo de estudio, incluso en educación a distancia, y se involucraron en iniciativas productivas. En algunas regiones, la formación técnica específica para Mujeres buscó reducir barreras de género en funciones ligadas a la operación y mantenimiento de los sistemas.

En cuanto a la reducción de vulnerabilidades económicas, los proyectos contribuyeron de diferentes formas. La sustitución de velas, queroseno, pilas y generadores a diésel resultó en menor gasto con combustibles fósiles, estabilizando el presupuesto familiar y comunitario. En localidades con cadenas de frío, las pérdidas de alimentos y pescado disminuyeron, fortaleciendo la seguridad alimentaria y la resiliencia económica. En algunos casos, la posibilidad de procesar y conservar productos elevó la autonomía económica de las familias, sobre todo de

las Mujeres, y redujo la dependencia de actividades extractivas o de mercados volátiles.

Por último, el fortalecimiento de cadenas productivas varió conforme el contexto. Proyectos vinculados a la agricultura, la pesca, la bioeconomía y el turismo se beneficiaron del acceso confiable a la energía, ampliando la capacidad de producción y la comercialización de productos. Incluso en comunidades donde la integración productiva aún es incipiente, la Electrificación ya proporciona mejores condiciones para Comunicación, almacenamiento y gestión, creando bases para futuras iniciativas económicas más complejas.

Los aprendizajes sobre los resultados e impactos en la vida de las personas y en la estructura comunitaria con la implementación de los sistemas energéticos de los proyectos piloto están sistematizados en la **Tabla 29**.

5.4.8 Sostenibilidad ambiental

La recolección de informaciones sobre la Sostenibilidad ambiental de la implantación, operación y desmantelamiento de los sistemas energéticos se estructuró en tres preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

En términos de gestión de residuos, algunas organizaciones aún no necesitaron realizar descartes, pues los Sistemas fotovoltaicos permanecen dentro de su vida útil. Sin embargo, varias ya planean o implementan procedimientos específicos. Hay casos de orientación comunitaria y alianzas con empresas de Logística inversa para futuras sustituciones de baterías, mientras que otras ya realizan la recolección y reciclaje de baterías de plomo-ácido o la reutilización de paneles dañados en actividades educativas o decorativas. Algunas instituciones también optan por componentes de mayor durabilidad, como baterías de litio, para reducir la generación de residuos a corto plazo.

Los impactos ambientales relatados fueron predominantemente positivos. La sustitución de generadores a diésel, velas y pilas por energía Solar redujo emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación sonora y riesgos de contaminación por combustibles fósiles. En determinados proyectos, la energía renovable también contribuyó a evitar desmonte al reducir la necesidad de Transporte motorizado. Los efectos negativos fueron mínimos o potenciales, como la

Tabla 29. Sistematización de los resultados e impactos en la vida de las personas y en la estructura comunitaria con la implementación de los proyectos.

País	Organización	Servicios públicos beneficiados	Nuevas actividades económicas / aumento de producción o renta	Influencia en la vida de Mujeres, Jóvenes o grupos vulnerables	Reducción de vulnerabilidades económicas	Fortalecimiento de cadenas productivas
Bolivia	WWF	Procesamiento de frutas	Reducción de costos de producción	Actividades productivas; participación de mujeres en cursos técnicos de mantenimiento de sistemas fotovoltaicos	Reducción de los costos de electricidad en áreas remotas para beneficiar a los productores	Fortalecimiento de la cadena de suministro de açaí y nuez
Brasil	ISA	Salud, educación, agua potable, Comunicación	Pequeñas actividades como refrigeración de productos, talleres de moto y bicicleta, artesanías	Estudio nocturno y producción de artesanías por Jóvenes y Mujeres	Reducción de gastos con pilas y baterías; mayor posibilidad de comercio en línea	Potencial para mayor integración futura; apoyo a la pesca y la agropecuaria (Iluminación y Comunicación)
	PSA	Salud, educación, Comunicación y saneamiento	Turismo comunitario, irrigación, procesamiento de frutas; reducción de costos de producción	Reducción del tiempo en tareas domésticas y mayor participación de Mujeres y Jóvenes en actividades productivas; cursos técnicos para Mujeres	Ampliación del acceso a la energía para usos productivos, fortaleciendo la autonomía económica	Integración con turismo, fábrica de alimento para peces, procesamiento de pulpas de frutas
	MSU	Educación (Iluminación e internet en escuelas), salud (refrigeración de alimentos y agua potable), Comunicación (Starlink), saneamiento (bombeo de agua)	Inicio de proyectos agroforestales y apoyo al comercio local vía internet	Reducción del trabajo doméstico; uso de lavadoras; niños con merienda fresca	Disminución de los costos con electricidad en Áreas remotas	En fase inicial de integración productiva
	WWF	Iluminación, salud, educación, Comunicación, agua, refrigeración, producción extractivista, ocio	Restauración forestal con vivero de plantines de açaí, mayor agilidad en la producción de harina de mandioca, procesamiento de açaí	Mujeres con más tiempo libre, uso de electrodomésticos, posibilidad de educación a distancia	Eliminación de costos de combustible para bombeo de agua y producción	Fortalecimiento de las cadenas de la mandioca y del açaí
Colombia	ACT	Salud (Equipos básicos, conservación de medicamentos), Comunicación (carga de celulares, radios), educación indirecta (Iluminación domiciliaria)	Producción artesanal en horarios nocturnos	Más tiempo para generación de renta y apoyo a la educación de los hijos; Jóvenes con mejores condiciones de estudio	Reducción de gastos con velas, queroseno y pilas, pero sin cambios estructurales de pobreza	No hubo integración relevante con agricultura, pesca o turismo; impacto solo doméstico
	WWF	Iluminación, educación, entretenimiento, refrigeración	No creó nuevas actividades, pero redujo gastos con combustible y amplió el tiempo de servicio	Reducción de desplazamientos para obtener alimentos y bebidas gracias a la refrigeración	Reducción del costo con combustible fósil	Fortalecimiento de la actividad turística y reducción de contaminación sonora
Ecuador	Kara Solar	Transporte fluvial limpio, salud, educación (Transporte de estudiantes), Comunicación	Turismo, artesanías, mejor acceso a mercados agrícolas y pesqueros	Reducción de tareas domésticas, más tiempo para artesanías; niños estudian por la noche; apoyo a Personas con discapacidad	Menor dependencia de combustibles fósiles y costos de energía; fortalecimiento del turismo y las artesanías	Integración con agricultura, pesca, bioeconomía y ecoturismo
Perú	ACT	Salud (Equipos básicos, conservación de medicamentos), Comunicación (carga de celulares, radios), educación indirecta (Iluminación domiciliaria)	Producción artesanal en horarios nocturnos	Más tiempo para generación de renta y apoyo a la educación de los hijos; Jóvenes con mejores condiciones de estudio	Reducción de gastos con velas, queroseno y pilas, pero sin cambios estructurales de pobreza	No hubo integración relevante con agricultura, pesca o turismo; impacto solo doméstico
	DAR	Salud, educación, Comunicación; apoyo a la economía local con cadena de frío	Panadería con insumos nativos, procesamiento de pescado y carne, bebidas de frutos nativos, artesanías	Reducción del tiempo doméstico; mayor autonomía económica femenina; Jóvenes con acceso a estudio y trabajo local	Diversificación de renta, reducción de pérdidas poscosecha/pospesca, mayor seguridad alimentaria y resiliencia comunitaria	Fortalecimiento de agricultura (frutas nativas), pesca (procesamiento), bioeconomía (artesanías y bebidas)
Surinam	WWF	Comunicación y educación	-	Tres Mujeres capacitadas en mantenimiento básico del sistema Solar	-	Turismo

posibilidad de descarte inadecuado de baterías o aumento de residuos plásticos asociados a nuevas actividades productivas.

En cuanto al monitoreo, algunas organizaciones ya calculan o estiman las emisiones de CO₂ evitadas, aplicando metodologías reconocidas, mientras que otras mantienen registros parciales o desarrollan estudios específicos para mejorar la medición. En general, se observa una preocupación creciente con la mitigación de emisiones y con la creación de procesos estructurados de Logística inversa, apuntando a avances graduales en la consolidación de la Sostenibilidad ambiental de los proyectos.

Los aprendizajes con la Sostenibilidad ambiental de la implantación, operación y desmantelamiento de los proyectos piloto están sistematizados en la **Tabla 30**.

5.4.9 Gobernanza y gestión comunitaria

La recolección de informaciones sobre la estructura de gobernanza y gestión comunitaria de los sistemas energéticos implementados en las diferentes comunidades se estructuró en cuatro preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

Los modelos de gobernanza y gestión comunitaria de los sistemas de energía presentan diversidad, pero mantienen elementos comunes de participación y corresponsabilidad. En algunos contextos, la forma de gestión varía conforme el tipo de solución: en sistemas domésticos la responsabilidad es individual, mientras que en instalaciones colectivas, como Puestos de salud o sedes comunitarias, la administración la conducen representantes elegidos localmente. En otras localidades, la gestión también alterna entre responsabilidad individual o comités, con reglas técnicas previamente transmitidas y fondos sugeridos para mantenimiento.

Hay experiencias que priorizan estructuras colectivas más formalizadas, adoptando autogestión comunitaria y capacitación de Residentes / Habitantes para operar, monitorear y mantener los sistemas, lo que garantiza autonomía y fortalecimiento local. En algunas comunidades, asociaciones formalizadas asumen la gestión integral, mientras que en otras la operación es más informal. En ciertos casos, entidades comunitarias específicas recibieron cálculos financieros detallados para planear reinversiones y acompañar los costos de

largo plazo. En otros, la administración se integra a asociaciones ya existentes, con participación activa de los Residentes / Habitantes.

Las decisiones sobre cuestiones técnicas o modificaciones en los sistemas suelen tomarse en reuniones o asambleas abiertas, muchas veces complementadas por prácticas culturales locales de deliberación. En algunas situaciones, un electricista o técnico designado responde ante el liderazgo comunitario y la población, con decisiones validadas en encuentros colectivos. En determinados lugares, la responsabilidad se incorpora a asociaciones productivas y comités de vigilancia, aún en proceso de definición de normas claras y adaptadas a la realidad cultural.

En general, las reglas de uso, mantenimiento, tarifas y resolución de conflictos se debaten y acuerdan colectivamente, fortaleciendo el sentido de apropiación y la corresponsabilidad. La mayoría de las comunidades demuestra sentimiento de responsabilidad y autonomía, aunque en algunos casos existan limitaciones relacionadas con la complejidad técnica y el costo de los Equipos.

Los aprendizajes con la implementación técnica de las diferentes tecnologías de generación y almacenamiento de energía y topologías de sistemas energéticos están sistematizados en la **Tabla 31**.

5.4.10 Aprendizajes y recomendaciones para políticas públicas

La recolección de informaciones sobre la tecnología y topología de generación y almacenamiento de energía eléctrica e implementación técnica de los sistemas energéticos se estructuró en cinco preguntas, que pueden ser analizadas en el contenido del **ANEXO 3**.

El conjunto de experiencias analizadas revela un amplio espectro de lecciones aprendidas en iniciativas de Electrificación con fuentes renovables en comunidades amazónicas y otros contextos remotos. A pesar de las diferentes realidades territoriales e institucionales, los relatos convergen en señalar desafíos logísticos significativos, la necesidad de estrategias participativas de implementación, la importancia de la capacitación local y la relevancia de ajustes regulatorios y financieros para la expansión y Sostenibilidad de estos proyectos.

Tabla 30. Sistematización de los aprendizajes con la Sostenibilidad ambiental de los proyectos piloto.

País	Organización	Gestión de residuos	Impactos ambientales	Monitoreo / Emisiones evitadas
Bolivia	WWF	Positivo: menor dependencia de combustibles fósiles	-Orientación a las asociaciones sobre la correcta disposición de residuos y la coordinación con los gobiernos locales. Se prevé la generación de residuos a largo plazo	Sin monitoreo formal; la reducción de emisiones se infiere a partir de la sustitución de combustibles fósiles
Brasil	ISA	Residuos retirados durante obras; alianza con empresa de Logística inversa para futura sustitución de baterías	Positivos: reducción de humo y ruido; impacto visual limitado	Estimaciones posibles, pero sin cálculo formal; en un polo hubo reducción del 75% en el consumo de diésel
	PSA	La gestión se aborda en instalaciones y formaciones; descarte de baterías de plomo-ácido en puntos autorizados; baterías de litio con Logística inversa en alianza con fabricante; Equipos dañados donados a laboratorio o almacenados	Positivo: menor emisión de GEI y menor dependencia de fósiles; desafío: falta de Logística inversa completa para todos los componentes	Sin sistema continuo; realiza estimaciones puntuales y desarrolla estudio con UFOPA MSU (Asociación de la Universidad Federal de Pará Occidental / Universidad Estatal de Michigan)
	MSU	Aún sin necesidad de descarte; producción de video educativo para orientar comunidades; primera sustitución de baterías prevista	Positivo: reducción de emisiones con sustitución de generadores a diésel; ningún impacto negativo observado	Cálculo estimado de 44.669,82 kg de CO evitados hasta agosto/2025
	WWF	Cambio de baterías hecho por electricista y envío a fabricantes; paneles dañados reutilizados o reciclados; descarte de donaciones defectuosas para reciclaje, aunque la recolección municipal sea precaria	Positivos: reducción de GEI, eliminación de ruido y de descarte de combustible en el suelo; sin impactos negativos	No
Colombia	ACT	Sistemas aún en vida útil; procedimiento para descarte de baterías y componentes en elaboración con autoridades y gestores	Positivos: sustitución de velas, pilas, gasolina y diésel; ninguna ocurrencia negativa	No hay monitoreo formal; reducción de emisiones inferida debido al cambio de combustibles fósiles
	WWF	Comunidades orientadas para descarte adecuado, pero sin proceso formal; residuos esperados solo a largo plazo	Positivos: menor emisión de GEI y ruido; riesgo potencial de mal descarte futuro	Monitoreo en línea en corredor de jaguar, incluye uso de energía renovable
Ecuador	Kara Solar	Recolección de baterías usadas para reciclaje; minimización y almacenamiento de otros residuos; logística en desarrollo	Positivos: reducción de contaminación del aire y del agua, menores emisiones	Monitorea desplazamiento de combustibles, calcula CO evitado y desmonte prevenido con construcción de vías terrestres
Perú	ACT	Sistemas aún en vida útil; procedimiento para descarte de baterías y componentes en elaboración con autoridades y gestores	Positivos: sustitución de velas, pilas, gasolina y diésel; ninguna ocurrencia negativa	No hay monitoreo formal; reducción de emisiones inferida debido al cambio de combustibles fósiles
	DAR	Aún sin programa de gestión; prefiere Equipos de mayor vida útil (baterías de litio) para reducir residuos	Positivos: reducción de fósiles y desmonte; conservación de alimentos; valorización de productos forestales; riesgos potenciales de descarte inadecuado de baterías, aumento de plásticos y residuos sólidos	Mantiene base de datos desde 2018 con cálculos de CO evitado según estándares IPCC
Surinam	WWF	-	-	-

Uno de los obstáculos más recurrentes es la logística compleja. El Transporte de Equipos hacia regiones de difícil acceso exige planificación detallada, costos elevados y, en muchos casos, soluciones creativas para superar barreras geográficas y climáticas. Comunidades ribereñas o de selva densa relataron que el desplazamiento de materiales depende de las condiciones de los ríos y de las carreteras, lo que puede atrasar cronogramas y aumentar gastos. En algunos lugares, el clima adverso impuso restricciones de navegación, mientras que en otros la presencia de grupos hostiles elevó el riesgo operacional. La distancia de proveedores y la escasez de técnicos locales para mantenimiento especializado amplían el desafío, tornando esencial una planificación logística que considere las particularidades estacionales y culturales de cada territorio.

Para enfrentar estas limitaciones, diversas estrategias se mostraron eficaces. La formación de alianzas con liderazgos comunitarios, asociaciones locales, gobiernos municipales e instituciones de investigación se utilizó ampliamente para legitimar las acciones, facilitar la logística y crear una red de soporte continuo. El trabajo previo de aproximación y diálogo con las comunidades demostró ser decisivo para construir relaciones de confianza, garantizar la participación en todas las etapas y evitar conflictos. En muchos casos, la selección de Equipos de calidad y la capacitación de Residentes / Habitantes para realizar mantenimiento básico redujeron la dependencia de soporte externo y prolongaron la vida útil de los sistemas.

La capacitación comunitaria, por su parte, surgió como elemento central. Talleres prácticos, materiales pedagógicos accesibles y entrenamiento de agentes de energía comunitarios fortalecieron la autonomía técnica y la corresponsabilidad. En algunos proyectos, se priorizó la participación de Mujeres, promoviendo equidad de género y ampliando la difusión de conocimientos. Este enfoque no solo garantiza la operación cotidiana, sino que también refuerza la gobernanza local, permitiendo que decisiones sobre mantenimiento, tarifas y uso de la energía se tomen colectivamente, con mayor transparencia y compromiso.

Otra lección importante es la necesidad de integrar las soluciones energéticas a los procesos sociales y

productivos existentes. La Electrificación de escuelas, por ejemplo, se destacó como punto de partida estratégico, pues amplía beneficios para toda la comunidad, viabilizando desde la conservación de alimentos en congeladores comunitarios hasta el acceso a internet. En regiones donde la economía local depende de actividades como pesca, agricultura y bioeconomía, la disponibilidad de energía confiable impulsa cadenas productivas y reduce pérdidas, convirtiéndose en motor de desarrollo sostenible. En algunos casos, la electricidad se incorporó a cadenas de valor locales, como panadería, procesamiento de pescado y artesanías, ampliando oportunidades económicas.

Las iniciativas también evidencian la relevancia de la generación descentralizada de energía. En oposición al modelo centralizado, que muchas veces no llega a Áreas aisladas, la generación distribuida se mostró viable y eficiente cuando se adapta al contexto. Proyectos de Sistemas híbridos Solar-diésel, minirredes comunitarias y soluciones autónomas se citaron como alternativas confiables, especialmente en localidades distantes de las redes nacionales. La autonomía energética, además de garantizar el acceso a servicios básicos, refuerza la soberanía territorial y reduce la necesidad de expansión de carreteras o líneas de transmisión, que pueden generar impactos ambientales y sociales.

Desde el punto de vista regulatorio y financiero, las experiencias apuntan a gargalos que limitan la escalabilidad de estas iniciativas. Muchos proyectos operaron paralelamente a programas públicos existentes, sin articulación directa con políticas nacionales de Electrificación. En algunos casos, hubo diálogo con programas de acceso a la energía, pero la integración fue parcial o insuficiente. La ausencia de mecanismos de Financiamiento adecuados para pequeños proyectos comunitarios es otro obstáculo: la implementación en Áreas remotas eleva costos logísticos y demanda modelos de Subsidios específicos, muchas veces inexistentes. La dependencia de recursos externos para el mantenimiento de largo plazo también se identificó como fragilidad, reforzando la necesidad de políticas públicas que contemplen no solo la instalación, sino el soporte continuo.

Entre las recomendaciones derivadas de estas vivencias, se destaca la creación de políticas que reconozcan y

Tabla 31. Sistematización de los aprendizajes de gobernanza y gestión comunitaria de los proyectos piloto.

País	Organización	Modelo de gestión adoptado	Reglas de uso, tarifas, mantenimiento y resolución de conflictos (participación comunitaria)	Decisiones ante problemas o cambios	Responsabilidad y autonomía comunitaria
Bolivia	WWF	Gestión a través de una asociación de productores	Uso, mantenimiento y resolución de conflictos definidos en reuniones de coordinación y formalizados en acuerdos con la asociación de productores	La asamblea de la asociación de productores decide sobre las medidas que deben adoptarse y cómo implementarlas	La responsabilidad recae en las asociaciones de productores
Brasil	ISA	Electricista indicado responde ante el liderazgo y la comunidad	Reglas pactadas previamente; conflictos discutidos en reuniones periódicas	El liderazgo local decide en el día a día, confirmado por la comunidad en reuniones	La comunidad se siente responsable, pero enfrenta limitaciones técnicas y de costos
	PSA	Autogestión comunitaria para sistemas de uso colectivo	Reglas debatidas y acordadas en talleres y reuniones, garantizando comprensión y aceptación	Decisiones tomadas en reuniones o asambleas, con soporte técnico del PSA cuando es necesario	Alto nivel de autonomía y sentido de pertenencia, fortalecidos por capacitaciones continuas
	MSU	Individual o por comité, según la comunidad	Reglas técnicas transmitidas; las tarifas sugeridas por el equipo son aceptadas o no por la comunidad	Varía conforme la comunidad; el liderazgo local decide, el equipo interviene solo si es solicitado	Las comunidades se sienten responsables y autónomas
	WWF	Asociación (ej.: Apavil en Vila Limeira); en otros casos, gestión comunitaria informal	En Vila Limeira, reglas definidas colectivamente; en los demás casos no hay datos detallados	La asamblea de la asociación define acciones cuando es necesario	Las comunidades, especialmente Vila Limeira, demuestran responsabilidad y autonomía
Colombia	ACT	Varía: individual (familias), organización comunitaria (Puestos de salud) o representantes designados	Reglas definidas en espacios participativos, con acuerdos comunitarios claros y aceptados	La comunidad intenta resolver con personas capacitadas; si es necesario, acude a ACT	Las comunidades son responsables y autónomas; los cambios se hacen conforme la capacidad técnica y recursos
	WWF	Gestión a través de asociación	Compromisos básicos definidos en acuerdo comunitario, sin reglas formales para conflictos	La comunidad decide e informa a la organización en caso de anomalías	Las comunidades se sienten responsables y autónomas
Ecuador	Kara Solar	Gestión comunitaria con participación activa de miembros locales y apoyo de la organización	Reglas definidas en asambleas y acuerdos formales, socializadas y aprobadas por la comunidad	Decisiones en asambleas y ceremonias tradicionales, con apoyo técnico del equipo	Las comunidades se ven como principales gestoras de los sistemas
Perú	ACT	Varía: individual (familias), organización comunitaria (Puestos de salud) o representantes designados	Reglas definidas en espacios participativos, con acuerdos comunitarios claros y aceptados	La comunidad intenta resolver con personas capacitadas; si es necesario, acude a ACT	Las comunidades son responsables y autónomas; los cambios se hacen conforme la capacidad técnica y recursos
	DAR	Comunitario y productivo, integrado a asociaciones existentes o comités de vigilancia	Proceso en curso para definición participativa de normas claras y adaptadas culturalmente	Decisiones colectivas en coordinación con DAR o instituciones aliadas	Alto grado de corresponsabilidad; proceso de fortalecimiento de la gobernanza interna en curso
Surinam	WWF	Asociación comunitaria (Stidunal)	Reglas y análisis financiero presentados y discutidos con la comunidad; previsión de reinversión	La comunidad capacitada informa a la asociación para solución de problemas	Las comunidades se sienten responsables y autónomas

apoyen sistemas de uso colectivo con gestión comunitaria. Esto incluye la definición de marcos legales que faciliten la operación de minirredes, microgeneraciones aisladas y arreglos híbridos, así como normas claras para Logística inversa y descarte de Equipos, especialmente baterías y componentes electrónicos. Incentivos financieros, como líneas de crédito específicas, Subsidios para Comunidades rurales / Áreas rurales aisladas y mecanismos de pago por servicios ambientales, también se consideran esenciales para viabilizar la expansión y el mantenimiento de los sistemas. Algunas iniciativas sugieren además la incorporación de criterios interculturales y territoriales en los programas de Electrificación, de modo que se respete la diversidad de modos de vida y se garantice una transición energética justa.

La participación en redes de intercambio de experiencias aparece como oportunidad para fortalecer capacidades locales e influir en políticas. Algunas organizaciones relataron participación en foros regionales e internacionales sobre energía renovable y Electrificación de Áreas remotas, lo que posibilita el intercambio de prácticas, el acceso a innovaciones y la construcción de alianzas para Financiamiento climático. Estos espacios de intercambio permiten que las comunidades aprendan entre sí, amplíen su repertorio técnico y se conviertan en protagonistas en la formulación de soluciones energéticas sostenibles.

Otra constatación relevante es que la viabilidad económica de los sistemas no puede evaluarse solo por el número de beneficiarios. En muchos casos, la densidad poblacional es baja, pero el impacto social y ambiental es elevado, justificando inversiones públicas y privadas. Las lecciones aprendidas muestran que el éxito no depende exclusivamente de la tecnología, sino de la forma en que se implementa: con participación efectiva, formación continua, integración a actividades productivas y acompañamiento posterior a la instalación.

Diversos proyectos refuerzan que la Comunicación clara es indispensable. Es necesario explicar a los beneficiarios

el funcionamiento de los sistemas, la capacidad de carga y las limitaciones de uso, evitando expectativas irreales y previniendo conflictos, como el uso no autorizado que comprometa la eficiencia energética. La construcción de reglas de uso y mantenimiento, así como la definición de tarifas cuando corresponda, debe hacerse de manera participativa para garantizar entendimiento y adhesión de todos los usuarios.

En términos de replicabilidad, procesos participativos de diagnóstico y decisión, capacitación técnica local, flexibilidad para adaptar soluciones a las necesidades de cada comunidad y fortalecimiento de la gobernanza interna son características destacadas. Las experiencias de autogestión comunitaria demuestran que, cuando los Residentes / Habitantes son protagonistas, la Sostenibilidad técnica y social es mayor. La participación directa de la comunidad en las etapas de instalación, mantenimiento y monitoreo crea sentido de pertenencia y aumenta el compromiso con el buen funcionamiento de los sistemas.

Por último, queda clara la contribución de las iniciativas de soluciones energéticas posibilitadas por el apoyo filantrópico a las políticas públicas de acceso a la energía eléctrica en la Región Panamazónica. La experiencia muestra que es posible garantizar el acceso a la electricidad de forma sostenible y compatible con los saberes locales, aun cuando el contexto sea desafiante. La replicación de los logros obtenidos por las experiencias mencionadas dependerá de la integración entre tecnologías apropiadas, participación comunitaria, formación continua y apoyo a las organizaciones de los territorios.

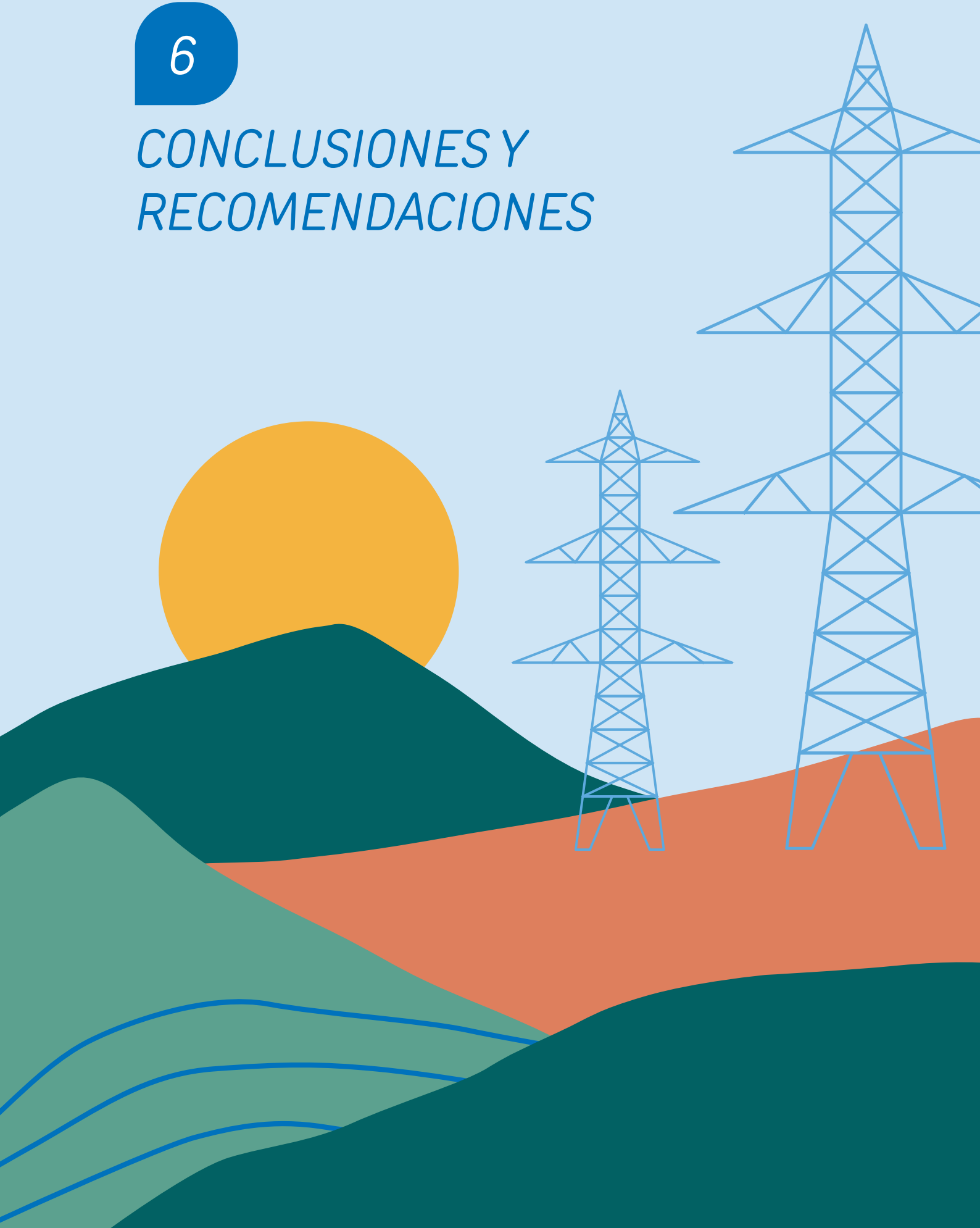
Los aprendizajes y recomendaciones para la implementación y permanencia de proyectos implementados con el fin de garantizar el acceso a energía eléctrica sostenible, de calidad y con consulta y participación comunitaria, respetando los derechos de las Poblaciones tradicionales están sistematizados en la **Tabla 32**.

Tabla 32. Sistematización de los aprendizajes y recomendaciones para políticas públicas.

País	Organización	Principales desafíos	Estrategias eficaces	Lecciones para políticas públicas	Elementos replicables	Diálogo con programas públicos	Ajustes legales y financieros necesarios	Redes de intercambio
Bolivia	WWF	Responsabilidad por el mantenimiento de los sistemas y el fortalecimiento de la gestión organizacional	Alianzas con programas gubernamentales, universidades y asociaciones de productores para mejorar el mantenimiento de equipos	Promover la expansión de las energías renovables mediante iniciativas gubernamentales, apoyando a los productores con supervisión técnica y asistencia posterior a la instalación	Capacitación técnica continua, acuerdos de gestión con beneficiarios y gobiernos locales	Diálogo y coordinación entre diferentes niveles de gobierno	Financiar políticas nacionales para apoyar proyectos en la Amazonía y vincular a instituciones multilaterales en su implementación	Compartir experiencias en eventos nacionales e intercambiar lecciones aprendidas con WWF Colombia
Brasil	ISA	Altos costos logísticos y de gobernanza, demanda creciente.	Participación comunitaria y alianzas con instituciones de investigación, adaptación al clima.	Las políticas deben contemplar generación para actividades productivas y renovación de baterías.	Formación técnica, instalación por mutirones, pactos de gestión.	Diálogo con el Programa Luz Para Todos.	Ajustes regulatorios para suministro de energía a bajo costo para usos productivos.	Intercambio limitado a comunidades cercanas.
	PSA	Logística en Áreas remotas, necesidad de capacitación continua, gestión de residuos, Sostenibilidad financiera e integración limitada a políticas públicas.	Formación práctica de agentes locales, autogestión comunitaria, alianzas con Universidades, logística planificada, diálogo gradual con Órganos públicos.	Incentivar modelos de autogestión y crear normas para Logística inversa de Equipos; formación comunitaria permanente.	Autogestión comunitaria, formaciones continuas, integración entre saber técnico y local.	Actuación independiente, pero influyó en la inclusión de energía Solar en el Programa Cisternas.	Reconocimiento de Sistemas colectivos en programas federales; creación de líneas de fomento y Subsidios para Áreas aisladas.	Red Energías y Comunidades y encuentros de intercambio.
	MSU	Desafíos culturales, logísticos y operacionales; necesidad de adelanto de Equipos por parte de proveedores.	Alianzas comerciales locales confiables.	Las MIGDIs son viables si existe sentido de propiedad comunitaria; cuanto más confiable sea el sistema, más se compromete la comunidad en cuidarlo; prioridad para Electrificación de escuelas.	Co-diseño de sistemas, MIGDIs en comunidades concentradas, capacitación de Residentes / Habitantes (incentivando la participación femenina).	Actuación en Áreas fuera del alcance de los programas de universalización del acceso a la energía eléctrica.	Incentivos legales para MIGDIs y estímulo al uso de fuentes limpias en lugar de fósiles.	Red Energía y Comunidades y contactos con otros proyectos.
Colombia	WWF	Adaptación del lenguaje técnico, mantenimiento de Comunicación con comunidades dinámicas, conflictos por uso de energía.	Diseño detallado del proyecto, diálogo intenso con liderazgos y Órganos públicos, proveedores flexibles.	Necesidad de enfoque diferenciado para regiones remotas, evitar estandarizar soluciones energéticas sin considerar el contexto local, integración entre ejecutor, planificador y consumidor.	Diálogo previo, Comunicación clara sobre el uso de la energía e instrucción de mantenimiento.	Conexión con Luz Para Todos y participación en debates y formulación de leyes estatales.	Estudios sobre uso de minirredes, mantenimiento de la exención de tarifas para consumidores de bajos ingresos.	Consejo Nacional de Poblaciones Extractivistas, Red Energía y Comunidades.
	ACT	Acceso difícil, limitaciones logísticas y climáticas, pocos proveedores y técnicos.	Relación previa, planificación participativa con liderazgos, uso de Equipos de calidad, capacitación de Residentes / Habitantes para mantenimiento.	El éxito depende de procesos comunitarios, acompañamiento técnico y respeto a las estructuras locales. Las políticas públicas deben priorizar capacidades locales y Equipos de calidad con soporte técnico posterior a la instalación.	Proceso participativo, capacitación para mantenimiento, articulación con procesos comunitarios.	No hubo diálogo formal.	Normas flexibles para proyectos comunitarios de pequeña escala y reglas claras para gestión de residuos; apoyo financiero para costos logísticos elevados.	No participó.
Perú	WWF	Costos mayores que los previstos y aumento del consumo con más horas de servicio.	Diálogo constante con la comunidad y el equipo técnico.	Incentivar proyectos pequeños y comunidades energéticas, creando incentivos financieros diferenciados.	Metodología de caracterización, monitoreo en línea, acuerdos comunitarios.	No hubo diálogo formal.	Apoyo para estructuración de proyectos y Financiamiento adecuado.	No participa en redes.
	Kara Solar	Expansión de carreteras, falta de Financiamiento de largo plazo, escasez de capacidad técnica local.	Capacitación técnica comunitaria, alianzas estratégicas con gobiernos y asociaciones, uso de vínculos locales para superar barreras.	Demuestra la viabilidad y efectividad de la generación descentralizada y de la autonomía energética de las comunidades.	Sin restricciones para replicación: lo más importante es disponer de una metodología adaptada al contexto local; sistemas solares en Transporte fluvial con sistema de recarga.	Diálogo con el plan multimodal de puertos de la generación de Pastaza (provincia ecuatoriana).	Políticas para Financiamiento de tecnologías solares de movilidad en la Amazonía; apoyo de instituciones multilaterales.	Participación en eventos y redes de energía limpia en la Amazonía.
Surinam	ACT	En algunos lugares, presencia de grupos hostiles. Acceso difícil, limitaciones logísticas y climáticas, pocos proveedores y técnicos.	Relación previa, planificación participativa con liderazgos, uso de Equipos de calidad, capacitación de Residentes / Habitantes para mantenimiento.	El éxito depende de procesos comunitarios, acompañamiento técnico y respeto a las estructuras locales. Las políticas públicas deben priorizar capacidades locales y Equipos de calidad con soporte técnico posterior a la instalación.	Proceso participativo, capacitación para mantenimiento, articulación con procesos comunitarios.	No hubo diálogo formal.	Normas flexibles para proyectos comunitarios de pequeña escala y reglas claras para gestión de residuos; apoyo financiero para costos logísticos elevados.	No participó.
	DAR	Logística en Áreas remotas, necesidad de integrar saber técnico y local, fortalecimiento organizativo.	Alianzas con gobiernos y comités locales, diseño participativo con amplia inclusión social.	Las políticas deben reconocer modelos comunitarios y crear mecanismos financieros diferenciados para la Amazonía.	Integración a cadenas productivas, uso de energías renovables en la bioeconomía, metodología participativa.	Articulación con el plan de manejo de la Reserva Pucacuro y normas regionales de energía limpia.	Inclusión de renovables descentralizadas en la legislación, creación de fondos e incentivos climáticos.	Redes amazónicas, nacionales e internacionales de energías comunitarias.
Surinam	WWF	Clima adverso y acceso remoto; Transporte difícil.	Planificación de Transporte evitando épocas de mal tiempo.	Los proyectos deben adaptarse a las necesidades locales para garantizar autonomía.	Análisis de gargalos y barreras antes de la instalación.	Vinculación al "Suriname Villages Micro-grid Solar Project Phase II".	-	Participación en diálogos nacionales sobre energías renovables y Electrificación de Áreas remotas.

6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



6.1 CONCLUSIONES PRINCIPALES

La Región Panamazónica presenta bolsillos persistentes de exclusión eléctrica en áreas remotas de baja densidad poblacional, sin infraestructura y con economías de subsistencia, incluso frente a tasas nacionales de cobertura superiores al 91 %.

El acceso a la energía debe tratarse como un derecho fundamental y una condición habilitante para la salud, la educación, la seguridad alimentaria y la inclusión productiva, especialmente en Territorios indígenas, Comunidades quilombolas, Comunidades ribereñas y Extractivistas.

A escala global, el avance hasta 2023 (91,7 %) es insuficiente para el ODS 7 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 7), con desaceleración del ritmo de expansión y un déficit concentrado en áreas rurales remotas y poblaciones de bajos ingresos.

La universalización requiere carteras híbridas de soluciones (Solar, Eólica, biomasa, almacenamiento en baterías) articuladas con diferentes modelos de topología (extensión de red, minirredes y sistemas fuera de la red (off-grid)), garantizando al menos el Nivel 4 para la implementación de los sistemas energéticos que posibiliten usos productivos y servicios esenciales.

Experiencias como PERMER (Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales, Argentina), LPT (Brasil), PNER (Plan Nacional de Electrificación Rural) en Colombia y Perú y el Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM) (Ecuador) evidencian que los arreglos multiagente y descentralizados, apoyados por marcos regulatorios claros y fondos estables (FAER/FAZNI/FOES, FERUM, CDE, FISE), garantizan una mayor sostenibilidad, mientras que modelos centralizados, como el SL en Venezuela, han mostrado vulnerabilidades.

La estandarización técnico-contextual (SIGFI/MIGDI en Brasil, requisitos mínimos en Perú) aumentó la confiabilidad y facilitó la O&M. Aun así, persisten cuellos de botella relacionados con el costo de las minirredes, la baja confiabilidad de parte de los sistemas fuera de la red (off-grid) y la fragmentación de datos, lo que evidencia la necesidad de registros georreferenciados y auditorías independientes.

La literatura científica muestra una predominancia de análisis técnicos (88 %), con baja integración de dimensiones sociales, económicas, ambientales y de género. Predominan sistemas solares FV con almacenamiento,

muchos aún complementados con diésel (60 %). Los relatos destacan la reducción de costos operativos, la sustitución de combustibles fósiles (generando más de USD 200 mil por año en ahorro para la comunidad y hasta 854 tCO/año evitadas) y ganancias socioeconómicas (ampliación del tiempo de estudio, uso de electrodomésticos, fortalecimiento de cadenas productivas), pero también brechas en financiamiento, O&M, transferencia tecnológica y participación comunitaria.

El análisis cuantitativo de los proyectos piloto financiados por Fundación Mott mostró la atención a 223 Comunidades y 90 viviendas en seis países, beneficiando a más de 70 mil personas (42.372 directas y 28.248 indirectas). Predominó la tecnología solar FV (86 % con baterías), con finalidades de Electrificación comunitaria (35 %), Iluminación residencial (26 %), saneamiento/bombeo (13 %) y otras (educación, salud, Comunicación, Transporte). Los impactos socioeconómicos incluyen aumento de ingresos (hasta US\$ 361/mes en proyectos de Electrificación comunitaria), mejora de los Servicios públicos y reducción del trabajo manual (hasta 50 horas semanales en Territorios indígenas). Desde el punto de vista ambiental, el 99,7 % de las Comunidades redujo el uso de diésel, siendo el 32 % con eliminación total. Los proyectos de Transporte Solar representaron más de 200.000 de litros de combustible evitados.

La evaluación cualitativa evidenció la importancia de la Participación comunitaria integral, desde el diagnóstico hasta la gestión del sistema, como factor de fortalecimiento de la gobernanza y de la apropiación local. Las soluciones adaptadas a los saberes tradicionales ampliaron la eficiencia y la aceptación. Persisten, sin embargo, desafíos en O&M (baterías, mantenimiento especializado, Financiamiento de largo plazo). La inclusión de género sigue siendo limitada: solo el 15 % de las personas capacitadas eran Mujeres, con una participación aún menor en Territorios indígenas, aunque existe una mayor implicación femenina en Áreas ribereñas y rurales, principalmente en la gestión y la gobernanza de los sistemas. Las buenas prácticas incluyen Logística inversa y monitoreo de emisiones evitadas.

Las conclusiones refuerzan el valor estratégico de los proyectos piloto como laboratorios de políticas públicas, demostrando la viabilidad técnica y social de la Electrificación descentralizada, aunque sea a escala limitada. Estos aprendizajes ofrecen insumos fundamentales para el diseño de políticas inclusivas, económicamente viables y ambientalmente sostenibles, ajustadas a los contextos locales.

6.2 RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS

Con base en los resultados y conclusiones obtenidos en los diferentes ejes analizados, es imprescindible que los marcos y programas de política pública de acceso a la energía eléctrica incorporen de forma explícita la heterogeneidad territorial y cultural de la Región Panamazónica y de las demás regiones.

En este sentido, para orientar este proceso se proponen siete ejes de recomendaciones estratégicas orientados al perfeccionamiento de las políticas de acceso a la energía eléctrica. La adopción de estas recomendaciones es fundamental para que la transición hacia sistemas renovables asegure no solo la expansión del acceso, sino también la promoción de la equidad social, la conservación ambiental, la garantía de los derechos territoriales y el desarrollo sostenible de la región.

Eje 1. Política pública de Estado

- Institucionalizar la universalización como política de Estado, con previsibilidad regulatoria, metas plurianuales e integración con la planificación territorial.
- Estructurar carteras híbridas de *least-cost* (red, minirredes, sistemas fuera de la red (off-grid)), garantizando el Nivel 4 como umbral mínimo.
- Consolidar una gobernanza multiagente descentralizada, con coordinación nacional, ejecución local y auditorías independientes.

Eje 2. Regulación e instrumentos

- Crear marcos específicos para microrredes y sistemas aislados, incluyendo normas técnicas, puesta en servicio, tarificación social y protocolos de O&M.
- Establecer una estandarización contextual (SIGFI/ MIGDI y similares), con catálogos de soluciones adaptadas por tipología territorial.
- Hacer obligatoria la participación de los beneficiarios en todas las fases, con consentimiento libre, previo e informado en Territorios indígenas y demás Territorios tradicionales.

Eje 3. Financiamiento y accesibilidad económica

- Crear fondos estables para CAPEX + O&M, con reglas de desembolso por desempeño y líneas dedicadas a la reposición de baterías.
- Adoptar instrumentos de *de-risking* (garantías, *blending*, *concessional finance*) para atraer capital privado sin comprometer la función social de la Electrificación.
- Estructurar tarifas sociales diferenciadas para Comunidades aisladas y estimular cooperativas energéticas y fondos comunitarios.

Eje 4. Operación, mantenimiento y capacitación

- Implementar planes de ciclo de vida para los sistemas, previendo expansión, mantenimiento y reposición.
- Garantizar la capacitación técnica continua para los Residentes locales, con foco en Mujeres y Jóvenes, asegurando la certificación de técnicos comunitarios.
- Priorizar tecnologías de mayor confiabilidad y menor costo de ciclo de vida, como las baterías de litio.

Eje 5. Datos, monitoreo y fiscalización

- Crear registros georreferenciados y paneles públicos con indicadores técnicos, sociales, económicos y ambientales.
- Implementar evaluaciones *ex-ante*, intermedias y *ex-post*, con métricas de Justicia energética y género.
- Garantizar auditorías independientes para fortalecer la transparencia y el aprendizaje.

Eje 6. Inclusión social y de género

- Definir metas claras de participación femenina en funciones técnicas y de liderazgo.
- Crear programas de formación y becas específicas para Mujeres y Jóvenes en Territorios aislados.
- Adaptar el diseño tarifario y de servicios a las realidades socioeconómicas de Grupos vulnerables.

Eje 7. Multilateralismo y filantropía

- Alinear la cooperación internacional con los planes nacionales de energía, priorizando la innovación, el fortalecimiento institucional y el monitoreo.
- Orientar la filantropía como laboratorio de políticas públicas, para probar soluciones, generar evidencias y apoyar la replicación a escala.

REFERENCIAS

- Acevedo, Paloma, Felipe Vera, Patricio Zambrano-Barragán, Mariana A. Poskus, Luis Alonso Pastor, Ginnette Azcona, Guadalupe Babio, Fabio Bazzucchi, Luis M. A. Bettencourt, Anni Beukes, Antra Bhatt, Juan Pablo Duharte, Guillem Fortuny, Arabella Fraser, Marie Moland Gaarder, Maitane Iruretagoyena, Leticia Izquierdo, Achilles Kallergis, Kent Larson, Scott Lloyd, Francis Rathinam, Carlo Ratti, Andrés Sevtsuk, Paul Thissen, and Laura Sara Wainer. 2021. *Informando lo informal: estrategias para generar información en asentamientos precarios*. edited by P. Acevedo, F. Vera, P. Zambrano-Barragán, and M. A. Poskus. Inter-American Development Bank.
- Almshqab, Fatema, and Taha Selim Ustun. 2019. "Lessons Learned from Rural Electrification Initiatives in Developing Countries: Insights for Technical, Social, Financial and Public Policy Aspects." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 102(October 2018):35-53. doi: 10.1016/j.rser.2018.11.035.
- Barreto, Rebeca Mascarenhas Fonseca, Paola Cortez Bianchini, Carlaíse Freitas Gomes, Jéssica Héllen Aguiar D Albuquerque, João Vítor Jurema Segundo, and Maria Isabel Pinheiro de Almeida. 2020. "The Clock of the Daily Routine of Women from the Fundo de Pasto Communities in the Backwoods of Bahia: The Feminine Work's Importance in the Family Income." Pp. 1-6 in *Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia*. Vol. 15. São Cristóvão: Cadernos de Agroecologia.
- Bazilian, Morgan, Patrick Nussbaumer, Christine Eibs-Singer, Abeeku Brew-Hammond, Vijay Modi, Benjamin Sovacool, Venkata Ramana, and Peri-Khan Aqrabi. 2012. "Improving Access to Modern Energy Services: Insights from Case Studies." *The Electricity Journal* 25(1):93-114. doi: 10.1016/j.tej.2012.01.007.
- Bhatia, Mikul, and Nicolina Angelou. 2015. *Beyond Connections Energy: Redefinig Energy Access*. 008/15. Washington, D.C.
- BID. 2025. "Programa de Electrificación Ruural y Urbano-Marginal Del Ecuador II." *Proyectos*. Retrieved September 24, 2024 (<https://www.iadb.org/es/proyecto/EC-L1128>).
- BNDES. 2022a. "Instrumentos de Financiamento." *Guia Do Financiamento*. Retrieved September 10, 2022 (https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/instrumentos-de-financiamento!/ut/p/z1/tvPLcqMwEPyWHDhiCQS2vDeKckxsUn5g1jGXFA-BtWUkloTZ_P0K7K3Kk9RWarkx9EzPdDcgAg8gYvGZFrGknMUn9X6lXo8L7Lve1IL-3AzG0FlvDORtQ9MNJ2DfA-AnjwNBNNz_E0QgSpms5BEcEpa).
- BNDES. 2022b. "Pronaf." *Financiamento*. Retrieved July 20, 2022 (<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf>).
- Brandão, Pedro Christo, Agostinho Lopes de Souza, Patrick Rousset, Felipe Nogueira Bello Simas, and Bruno Araujo Furtado de Mendonça. 2021. "Forest Biomass as a Viable Pathway for Sustainable Energy Supply in Isolated Villages of Amazonia." *Environmental Development* 37:100609. doi: 10.1016/j.envdev.2020.100609.
- BRASIL. 2020. "Decreto N° 10.221, de 5 de Fevereiro de 2020." 3.
- CEPAL. 2025. "Portal de Datos y Publicaciones Estadísticas." *CEPALSTAT*. Retrieved June 20, 2025 (<https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?theme=1&lang=es>).
- Clairand, Jean-Michel, Xavier Serrano-Guerrero, Andrés González-Zumba, and Guillermo Escrivá-Escrivá. 2022. "TechnoEconomic Assessment of Renewable Energybased Microgrids in the Amazon Remote Communities in Ecuador." *Energy Technology* 10(2). doi: 10.1002/ente.202100746.

REFERENCIAS

- Daka, Karen Rajaona, and Jérôme Ballet. 2011. "Children's Education and Home Electrification: A Case Study in Northwestern Madagascar." *Energy Policy* 39(5):2866–74. doi: 10.1016/j.enpol.2011.02.060.
- Del-Río-Carazo, Laura, Santiago Iglesias-Pradas, Emiliano Acquila-Natale, and José Gabriel Martín-Fernández. 2021. "Appropriate Technology for Access to Universal Basic Services: A Case Study on Basic Electricity Service Provision to Remote Communities in the Napo River Basin." *Sustainability* 14(1):132. doi: 10.3390/su14010132.
- Domenech, Bruno, Laia Ferrer-Martí, Facundo García, Georgina Hidalgo, Rafael Pastor, and Antonin Ponsich. 2022. "Optimizing PV Microgrid Isolated Electrification Projects—A Case Study in Ecuador." *Mathematics* 10(8):1226. doi: 10.3390/math10081226.
- Duarte, A. R., U. H. Bezerra, M. E. D. Tostes, A. M. Duarte, and G. N. da Rocha. 2010. "A Proposal of Electrical Power Supply to Brazilian Amazon Remote Communities." *BIOMASS & BIOENERGY* 34(9):1314–20. doi: 10.1016/j.biombioe.2010.04.004.
- ESMAP. 2014. *A New Multi-Tier Approach to Measuring Energy Access*. Washington, D.C.
- ESMAP. 2022a. "ESMAP at a Glance." *Who We Are*. Retrieved June 18, 2025 (https://www.esmap.org/ESMAP_At_A_Glance).
- ESMAP. 2022b. "Providing Modern Off-Grid Solar Solutions to Increase Access to Sustainable Electricity." *Off-Grid Solar/Lighting Global Program | Program Profile*. Retrieved June 20, 2025 (https://www.esmap.org/esmap_Off-Grid_Solar_Lighting_Global_Pogram_Profile).
- ESMAP. 2022c. "Using Geospatial Planning to Improve Access to Electricity Livelihoods." *Integrated Electrification Strategies and Planning | Program Profile*. Retrieved June 20, 2025 (https://www.esmap.org/esmap_Integrated_Electrification_Strategies_Planning_Program_Profile).
- ESMAP. 2025. *Integrated Electrification Strategies and Planning*. Washington DC.
- Espinoza, Juan Leonardo, José Jara-Alvear, and Luis Urdiales Flores. 2018. "Sustainability of Renewable Energy Projects in the Amazonian Region." Pp. 107–39 in *Sustainable Energy Mix in Fragile Environments, Social and Ecological Interactions in the Galapagos Islands*, edited by M.–E. Tyler. Cham: Springer Nature.
- Ferreira, André Luis, Fabio Galdino, Isis Nóbile Diniz, Ricardo Lacerda Baitelo, and Vinícius Oliveira da Silva. 2023. *Fotovoltaicos Na Amazônia Legal: Avaliação e Proposição de Políticas Públicas de Universalização de Energia Elétrica e Logística Reversa*. Maio de 2023. São Paulo. doi: 10.13140/RG.2.2.17064.65287.
- Ferreira, André Luís, and Felipe Barcellos e Silva. 2021. "Universalização Do Acesso Ao Serviço Público de Energia Elétrica No Brasil: Evolução Recente e Desafios Para a Amazônia Legal." *Revista Brasileira de Energia* 27(3):135–54. doi: 10.47168/rbe.v27i3.645.
- FIDA. 2020. *Cadernetas Agroecológicas e as Mulheres Do Semiárido de Mãos Dadas Fortalecendo a Agroecologia: Resultados Do Uso Das Cadernetas Nos Projetos Apoiados Pelo FIDA No Brasil de Agosto de 2019 a Fevereiro de 2020*. Salvador.
- Fonseca, Juan D., Jean-Marc Commenge, Mauricio Camargo, Laurent Falk, and Ivan D. Gil. 2021. "Optimal Design of Energy Systems in Isolated Zones Using Sustainability Indicators. A Case Study in the Colombian Amazon." Pp. 75–82 in *2021 9th International Conference on Systems and Control (ICSC)*. IEEE.

REFERENCIAS

- Fressoli, Mariano, Santiago Garrido, Facundo Picabea, Alberto Lalouf, and Valeria Fenoglio. 2013. "Cuando Las Transferencias Tecnológicas Fracasan. Aprendizajes y Limitaciones En La Construcción de Tecnologías Para La Inclusión Social." *Universitas Humanística* 76(julio-diciembre):73-95.
- Furtado, Celso. 1957. *Formação Econômica Do Brasil*. 27th ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional.
- Guignard, Nathan, Christian Cristofari, Vincent Debusschere, Lauric Garbuio, and Tina Le Mao. 2022. "Micro Pumped Hydro Energy Storage: Sketching a Sustainable Hybrid Solution for Colombian Off-Grid Communities." *Sustainability* 14(24):16734. doi: 10.3390/su142416734.
- HAMPL, Nora. 2024. "Energy Systems for Brazil's Amazon: Could Renewable Energy Improve Indigenous Livelihoods and Save Forest Ecosystems?" *Energy Research & Social Science* 112(February):103491. doi: 10.1016/j.erss.2024.103491.
- IADB. 2018. *Public Sector Financing: Lending Instruments*. Washington, D. C. doi: 10.18235/0001321.
- IEA. 2022. "Inclusive Recovery Plan — Electricity Subsidies (Energy Emergency and Stabilisation Fund)." *Policies*. Retrieved September 4, 2025 (<https://www.iea.org/policies/16176-inclusive-recovery-plan-electricity-subsidies-energy-emergency-and-stabilisation-fund>).
- IEA. 2023. "Peru's Social Inclusion Fund." *Policies*. Retrieved August 12, 2025 (<https://www.iea.org/policies/17766-perus-social-inclusion-fund>).
- IEA. 2024a. "Energy Access Fund." *Policies*. Retrieved September 3, 2025 (<https://www.iea.org/policies/20134-energy-access-fund>).
- IEA. 2024b. "Interconnected Rural Areas Electrification Support Fund." *Policies*. Retrieved July 18, 2025 (<https://www.iea.org/policies/19511-interconnected-rural-areas-electrification-support-fund>).
- IEA. 2024c. "Proyecto de Energia Renovable En El Mercado Electrico Rural (PERMER)." *Policies*. Retrieved April 12, 2025 (<https://www.iea.org/policies/4014-proyecto-de-energia-renovable-en-el-mercado-electrico-rural-permer>).
- IEA. 2025a. "Access to Electricity." *SDG7: Data and Projections*. Retrieved June 17, 2025 (<https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/access-to-electricity>).
- IEA. 2025b. "Development of Energy Foresight and Planning." *Policies*. Retrieved August 29, 2025 (<https://www.iea.org/policies/19921-development-of-energy-foresight-and-planning>).
- IEA. 2025c. "Ecuador — Network for the Improvement of Electric Power Distribution Systems (National Budget)." *Policies*. Retrieved August 23, 2025 (<https://www.iea.org/policies/19918-ecuador-network-for-the-improvement-of-electric-power-distribution-systems-national-budget>).
- IEA. 2025d. "Fund for the Electrification of Non-Interconnected Areas." *Policies*. Retrieved July 18, 2025 (<https://www.iea.org/policies/19508-fund-for-the-electrification-of-non-interconnected-areas>).
- IEA. 2025e. "National Plan for Rural Electrification 2024-2033." *Policies*. Retrieved July 12, 2025 (<https://www.iea.org/policies/25790-national-plan-for-rural-electrification-2024-2033>).
- IEA. 2025f. "Rural and Social Electrification Programme." *Policies*. Retrieved September 4, 2025 (<https://www.iea.org/policies/19619-rural-and-social-electrification-programme>).

REFERENCIAS

- IEA. 2025g. "Social Energy Fund." *Policies*. Retrieved July 19, 2025 (<https://www.iea.org/policies/19509-social-energy-fund>).
- IEA, IRENA, UNSD, World Bank, and WHO. 2025. *Tracking SDG 7: The Energy Progress Report*. Washington DC.
- IEI. 2022. *Universalização Do Acesso à Eletricidade No Brasil: Avaliação Dos SIGFIs e MIGDIs*. International Energy Initiative Brasil.
- IEMA. 2019. *Xingu Indigenous Territory Clean Energy Project: How Renewable Energy Can Benefit the Indigenous Territory of Xingu*. São Paulo.
- IEMA. 2020. *Exclusão Elétrica Na Amazônia Legal: Quem Ainda Está Sem Acesso à Energia Elétrica?* São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA).
- IEMA. 2023. *Sistemas Fotovoltaicos Na Amazônia Legal: Avaliação e Proposição de Políticas Públicas de Universalização de Energia Elétrica e Logística Reversa*. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA).
- IPCC. 2006. "Chapter 2: Stationary Combustion." P. 47 in *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Paris, France.
- Izana Ribeiro, Rodolfo Gomes, and Eduardo Avila. 2024. *Geração Distribuída de Interesse Social (GDIS)*. Campinas.
- Leduchowicz-Municio, A., B. Domenech, L. Ferrer-Martí, M. E. M. Udaeta, and A. L. V. Gimenes. 2023. "Women, Equality, and Energy Access: Emerging Lessons for Last-Mile Rural Electrification in Brazil." *Energy Research & Social Science* 102(June):103181. doi: 10.1016/j.erss.2023.103181.
- Leduchowicz-Municio, A., A. López-González, B. Domenech, L. Ferrer-Martí, M. E. M. Udaeta, and A. L. V. Gimenes. 2022. "Last-Mile Rural Electrification: Lessons Learned from Universalization Programs in Brazil and Venezuela." *Energy Policy* 167:113080. doi: 10.1016/j.enpol.2022.113080.
- Lembi, Rafael, Maria Claudia Lopez, Karina Ninni Ramos, Igor Cavallini Johansen, Lázaro João Santana da Silva, Manoel Roberval Pimentel Santos, Gabriel Yúri Campos Lacerda, Gisele Souza Neuls, and Emilio Moran. 2025. "Towards Energy Justice and Energy Sovereignty: Participatory Co-Design of off-Grid Systems in the Brazilian Amazon." *Energy Research & Social Science* 119(November 2024):103858. doi: 10.1016/j.erss.2024.103858.
- Lillo, Pau, Laia Ferrer-Martí, Alejandra Boni, and Álvaro Fernández-Baldor. 2015. "Assessing Management Models for Off-Grid Renewable Energy Electrification Projects Using the Human Development Approach: Case Study in Peru." *Energy for Sustainable Development* 25:17-26. doi: 10.1016/j.esd.2014.11.003.
- Lillo, Pau, Laia Ferrer-Martí, and Marc Juanpera. 2021. "Strengthening the Sustainability of Rural Electrification Projects: Renewable Energy, Management Models and Energy Transitions in Peru, Ecuador and Bolivia." *Energy Research & Social Science* 80:102222. doi: 10.1016/j.erss.2021.102222.
- López-González, A., L. Ferrer-Martí, and B. Domenech. 2019. "Sustainable Rural Electrification Planning in Developing Countries: A Proposal for Electrification of Isolated Communities of Venezuela." *Energy Policy* 129(October 2017):327-38. doi: 10.1016/j.enpol.2019.02.041.
- da Luz, Thiago, Clodomiro Vila, and Flavio Ferreira. 2023. "New Benders Decomposition and Rolling Horizon Optimisation Approaches to Design Isolated Microgrids for Amazon Region." *Electric Power Systems Research* 221:109447. doi: 10.1016/j.epsr.2023.109447.

REFERENCIAS

- Mazzone, Antonella. 2019. "Decentralised Energy Systems and Sustainable Livelihoods, What Are the Links? Evidence from Two Isolated Villages of the Brazilian Amazon." *Energy and Buildings* 186:138–46. doi: 10.1016/j.enbuild.2019.01.027.
- Mazzone, Antonella. 2020. "Energy Transition in Isolated Communities of the Brazilian Amazon." Pp. 319–30 in *The Regulation and Policy of Latin American Energy Transitions*. Elsevier.
- MEM. 2015. "Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM)." *E Nuevo Ecuador*. Retrieved September 29, 2025 (<https://www.recursoyenergia.gob.ec/fondo-de-electrificacion-rural-y-urbano-marginal-ferum/>).
- MEM. 2023a. *Electrificación Rural y Urbano Marginal Ferum Integrado: Ficha Informativa de Proyecto 2023*. Bogotá.
- MEM. 2023b. *Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER)*. Lima.
- Minergía. 2018. *Plan Nacional de Electrificación Rural PNER 2018–2031*. Bogotá.
- Minergía. 2023. *Plan Nacional de Electrificación Rural. Actualización 2023*. Bogotá.
- Minergía. 2025a. "Fondo De Apoyo Financiero Para La Energización De Las Zonas Rurales Interconectadas — FAER." *Fondos Especiales*. Retrieved August 10, 2025 (<https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/fondos-especiales/fondo-de-apoyo-financiero-para-la-energizacion-de-las-zonas-rurales-interconectadas-faer/>).
- Minergía. 2025b. "Sección 2 — Fondo de Apoyo Financiero Para La Energización de Las Zonas No Interconectadas — FAZNI." *Normativa*. Retrieved August 10, 2025 (<https://www.minenergia.gov.co/es/repositorio-normativo/normativa/fazni/>).
- Ministerio de Energía. 2021. *Acceso Equitativo a La Energía Sostenible: Políticas Públicas Para Combatir La Pobreza Energética En Chile*. Santiago de Chile.
- Ministerio de Energía. 2024. "Fondo de Acceso a La Energía (FAE)." *Chile Atiende*. Retrieved September 4, 2025 (<https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/36666-fondo-de-acceso-a-la-energia-fae>).
- MME. 2023. "Programas Luz Para Todos e Mais Luz Para a Amazônia."
- MME. 2024. "Programa Nacional de Universalização Do Acesso e Uso Da Energia Elétrica: Manual de Operacionalização Do Programa Luz Para Todos." 45.
- MPPEE. 2013. *Plan de Desarrollo Del Sistema Eléctrico Nacional de Venezuela 2012–2019 (PDSEN)*.
- Murray, Una. 2019. *Gender Responsive Indicators: Gender and NDC Planning for Implementation*. edited by N. Tuncok, K. Davis, and V. Chao. New York: United Nations Development Programme (UNDP).
- Nelson, Sibyl, and Anne T. Kuriakose. 2017. *Gender and Renewable Energy: Entry Points for Women's Livelihoods and Employment*. Washington, D. C.
- ONU. 2023. "Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 — Energia Limpa e Acessível."
- Orlando, Maria Beatriz, Vanessa Lopes Janik, Pranav Vaidya, Nicolina Angelou, Ieva Zumbyte, and Norma Adams. 2018. *Getting to Gender Equality in Energy Infrastructure. Lessons from Electricity Generation, Transmission, and Distribution Projects*. 012/18. Washington, D.C.

REFERENCIAS

- Pena, Allan, Pedro Guedes, Francisco Malheiros, Felipe Monteiro, Werbeston Oliveira, Márcio Oliveira, Gilmar Paixão, Moisés Sousa, Geraldo Maranhão, Alcides Júnior, André Oliveira, Davi François, Mary Parmentier, Marcelino Guedes, and Alaan Brito. 2025. "A Solar Photovoltaic System Applied to Açaí Production and the Development of Riverside Communities in the Amazon." *Sustainability* 17(6):2447. doi: 10.3390/su17062447.
- PERMER. 2015. *Proyecto de Energías Renovables En Mercados Rurales*. Buenos Aires.
- Pinheiro, Giorgiana, Gonçalo Rendeiro, João Pinho, and Emanuel Macedo. 2012. "Sustainable Management Model for Rural Electrification: Case Study Based on Biomass Solid Waste Considering the Brazilian Regulation Policy." *Renewable Energy* 37(1):379–86. doi: 10.1016/j.renene.2011.07.004.
- REC. 2025a. *Contribuição Da Rede Energia & Comunidades Ao Encontro de Monitoramento Do Programa Luz Para Todos No Xingu*. São Paulo.
- REC. 2025b. *Contribuição Da Rede Energia e Comunidades Ao Encontro de Monitoramento Do Programa Luz Para Todos Em Comunidades Quilombolas de Abaetetuba (PA)*. São Paulo.
- Rede Energia & Comunidades, IEMA, ISA, IEI-Brasil, ID Global, IDEC, and WWF-Brasil. 2025. *Contribuição Da Rede Energia & Comunidades Ao Encontro de Monitoramento Do Programa Luz Para Todos No Xingu*. Querência.
- Rezk, H., M. Al-Dhaifallah, Y. B. Hassan, and H. A. Ziedan. 2020. "Optimization and Energy Management of Hybrid Photovoltaic-Diesel-Battery System to Pump and Desalinate Water at Isolated Regions." *IEEE ACCESS* 8:102512–29. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2998720.
- Rodrigues, J. P., P. A. Z. Suarez, G. F. Ghesti, O. K. Iha, I. B. Reis, and R. R. Lavich. 2021. "Case Study: Plant Design to Obtain a Diesel-like Fuel from Soybean Oil Cracking for Decentralised Energy Generation to Brazilian Isolated Communities." *International Journal of Sustainable Engineering* 14(6):1800–1808. doi: 10.1080/19397038.2021.1966122.
- Rodriguez, Mauricio, Diego Arcos-Aviles, and Francesc Guinjoan. 2024. "Simple Fuzzy Logic-Based Energy Management for Power Exchange in Isolated Multi-Microgrid Systems: A Case Study in a Remote Community in the Amazon Region of Ecuador." *Applied Energy* 357:122522. doi: 10.1016/j.apenergy.2023.122522.
- Silva, S., M. Severino, and M. de Oliveira. 2013. "A Stand-Alone Hybrid Photovoltaic, Fuel Cell and Battery System: A Case Study of Tocantins, Brazil." *Renewable Energy* 57:384–89. doi: 10.1016/j.renene.2013.02.004.
- Silva, Vinícius Oliveira da. 2022. "Como Inserir Recursos Energéticos Importados No Planejamento Energético Nacional? Modelo de Determinação de Recursos Energéticos Para a Integração Energética Transnacional." Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Silva, Vinicius Oliveira da, Stefania Gomes Relva, Miguel Edgar Molares Udaeta, André Luiz Veiga Gimenes, and Drielli Peyerl. 2021. "Challenges and Uncertainties of Sustainable Development in Electrical Planning: A Brazilian Approach." *ENERLAC. Revista de Energía de Latinoamérica y El Caribe* 5(1):50–75.
- Silva, Vinícius Oliveira da, Fabio Galdino dos Santos, Isis Nóbile Diniz, Ricardo Lacerda Baitelo, and André Luis Ferreira. 2024. "Photovoltaic Systems, Costs, and Electrical and Electronic Waste in the Legal Amazon: An Evaluation of the Luz Para Todos Program." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 203(November 2023):114721. doi: 10.1016/j.rser.2024.114721.

REFERENCIAS

- Spalding–Fecher, Randall. 2005. “Health Benefits of Electrification in Developing Countries: A Quantitative Assessment in South Africa.” *Energy for Sustainable Development* 9(1):53–62. doi: 10.1016/S0973-0826(08)60482-2.
- The World Bank. 2025a. “Classification of Fragile and Conflict–Affected Situations.” *Fragility, Conflict and Violence*. Retrieved August 21, 2024 (<https://www.worldbank.org/en/topic/fragilityconflictviolence/brief/harmonized-list-of-fragile-situations>).
- The World Bank. 2025b. “Financing.” *Products and Services*. Retrieved July 20, 2025 (<https://www.worldbank.org/en/what-we-do/products-and-services/financing-instruments>).
- The World Bank. 2025c. “The World Bank Data.” *Indicators*. Retrieved July 12, 2025 (<https://data.worldbank.org/country/brazil?view=chart>).
- Udaeta, Miguel Edgar Morales. 1997. “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos — PIR — Para o Setor Elétrico (Pensando o Desenvolvimento Sustentável).” Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Udaeta, Miguel Edgar Morales. 2012. “Novos Instrumentos de Planejamento Energético e o Desenvolvimento Sustentável — Planejamento Integrado de Recursos Energéticos Na USP.” Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Udaeta, Miguel Edgar Morales, Luiz Claudio Ribeiro Galvão, Pascoal Henrique da Costa Rigolin, and Jonathas Luiz de Oliveira Bernal. 2016. “Full Assessment Energy–Sources for Inclusive Energy–Resources Planning.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 66:190–206. doi: 10.1016/j.rser.2016.07.008.
- Udaeta, Miguel Edgar Morales, Flavio Minoru Maruyama, Andre Luiz Veiga Gimenes, and Luiz Claudio Ribeiro Galvao. 2015. “Integrated Energy Resources Planning for the Electricity Sector: Targeting Sustainable Development.” *IEEE Technology and Society Magazine* 34(1):31–38. doi: 10.1109/MTS.2015.2396112.
- UN Women. 2022. *Gender Analysis in Technical Areas: Energy Infrastructure*. New York.
- UNFCCC. 2020. “The Paris Agreement and NDCs.” *Nationally Determined Contributions (NDCs)*. Retrieved ([https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs#:~:text=NDCs embody efforts by each,that it intends to achieve.](https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs#:~:text=NDCs%20embody%20efforts%20by%20each,that%20it%20intends%20to%20achieve.)).
- Valer, L. Roberto, André Mocelin, Roberto Zilles, Edila Moura, and A. Claudeise S. Nascimento. 2014. “Assessment of Socioeconomic Impacts of Access to Electricity in Brazilian Amazon: Case Study in Two Communities in Mamirauá Reserve.” *Energy for Sustainable Development* 20:58–65. doi: 10.1016/j.esd.2014.03.002.
- Viteri, Juan Pablo, Felipe Henao, Judith Cherni, and Isaac Dyer. 2019. “Optimizing the Insertion of Renewable Energy in the Off–Grid Regions of Colombia.” *Journal of Cleaner Production* 235:535–48. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.06.327.
- WB. 2014. *Brazil — World Bank Country Survey 2013*. Washington.
- WOS. 2020. “Web of Science.” Retrieved (https://apps.webofknowledge.com/WOS_AdvancedSearch_input.do?product=WOS&SID=7EYMmfKbkyXSoaBPBkG&search_mode=AdvancedSearch).
- WWF. 2022. *Energia Solar Em Comunidades Isoladas: Estudo de Caso de Minirrede Híbrida Em RESEX No Sul Do Amazonas*. Brasília: WWF–Brasil.
- WWF. 2024. “Inside the Amazon.” *About the Amazon*. Retrieved March 13, 2024 (https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/where_we_work/amazon/about_the_amazon/).

ANEXO 1

Tabla 33. Matriz multinivel completa para medir el acceso al suministro de energía eléctrica.

Atributos		Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
1. Capacidad de pico	Clasificación de la capacidad de potencia (en W o Wh/día)	Sin energía	Mín. 3 W	Mín. 50 W	Mín. 200 W	Mín. 800 W	Mín. 2 kW
			Mín. 12 Wh	Mín. 200 Wh	Mín. 1,0 kWh	Mín. 3,4 kWh	Mín. 8,2 kWh
	0 servicios:		Iluminación de 1.000 lúmenes-hora/día (lmh/día)	Iluminación, ventilación, televisión y carga de teléfonos móviles disponibles			
2. Disponibilidad (duración)	Horas por día	<4h	Mín. 4 h	Mín. 4 h	Mín. 8 h	Mín. 16 h	Mín. 23 h
	Horas por noche		Mín. 1 h	Mín. 2 h	Mín. 3 h	Mín. 4 h	Mín. 4 h
3. Confiabilidad		Interrupciones no programadas				Máx. 14 interrupciones por semana	Máx. 3 interrupciones por semana con duración total inferior a 2 h
4. Calidad		Baja calidad				los problemas de tensión no afectan el uso de los electrodomésticos deseados	
5. Accesibilidad económica		No es económicamente accesible			Costo de un paquete estándar de consumo de 365 kWh/año inferior al 5 % del ingreso familiar		
6. Legalidad		No legal / en situación irregular				La factura se paga a la concesionaria, al vendedor de tarjeta prepago o a un representante autorizado	
7. Salud y Seguridad		No conveniente				Ausencia de accidentes pasados y percepción de bajo riesgo futuro	

Fuente: adaptado del Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético (ESMAP) (2014) y de Bhatia y Angelou (2015).

ANEXO 2

La recopilación de datos cuantitativos de los proyectos piloto de acceso a la energía eléctrica desarrollados en la Región Panamazónica por organizaciones de la sociedad civil se estructuró en seis ejes: ambiental, económico, geográfico, organizacional, social y técnico. La estructura se adaptó para el uso de hojas de cálculo electrónicas y se organizó según se ilustra en la **Figura 44**.

ORIENTACIONES GENERALES					
Las hojas de cálculo se dividen en seis áreas principales:					
Organizacional	Geográfico	Técnico	Económico	Social	Ambiental
	Encontrará una estructura que permite introducir datos en filas correspondientes a campos específicos. Se sugiere completar la información por comunidad. Si la organización implementó proyectos piloto en 5 comunidades, se sugiere que las tablas tengan 5 filas. Identifique cada comunidad mediante un número secuencial (p. ej., comenzando por 1) en el campo de nombre ID.				
	Existe validación de datos en las celdas. Limítese a ingresar información adecuada al tipo de dato requerido. Por ejemplo, en el campo Potencia instalada (kWp), solo se permite ingresar valores numéricos que representen la potencia instalada de los sistemas en una comunidad.				
	En caso de dudas, envíe un correo electrónico a fabio@energiaeambiente.org.br				

Figura 44. Página de orientaciones del cuestionario cuantitativo.

A continuación, las preguntas utilizadas en cada dimensión se presentan en estructuras de tópicos.

Ambiental

- ¿Hubo sustitución de fuente fósil de energía?
- ¿Qué tipo de combustible fósil aún se utiliza?
- ¿Uso evitado de combustibles fósiles (litros)?
- ¿Hubo implementación de un mecanismo de gestión de residuos sólidos generados por la intervención?
- ¿Hubo orientación a los beneficiarios sobre el manejo de residuos sólidos?
- ¿Área de uso del suelo modificada para la implementación de la intervención (m²)?
- ¿Hubo remoción de vegetación nativa?
- En caso afirmativo, ¿hubo replantación?
- ¿Área replantada (m²)?

Económico

- ¿Inversión total (\$)?
- ¿Gastos de operación y mantenimiento (\$)?
- ¿Plazo de retorno de la inversión (años)?

- ¿Costo Nivelado de Energía (\$/MWh)?
- ¿Costo de transporte de los sistemas (\$)?
- ¿Costo de contratación de mano de obra (\$)?
- ¿Existe cobro por el uso de la energía eléctrica instalada?
- ¿Quién recibe el pago de la tarifa?
- ¿Valor de la tarifa de energía residencial/comunitaria (\$/mes)?
- ¿Estimación del costo evitado con alternativas fósiles (\$)?
- ¿Costo por beneficiario (\$)?

Geográfico

- ¿Nombre de la comunidad/poblado/aldea?
- ¿Nombre del territorio?
- ¿Tipo de territorio?
- ¿Municipio?
- ¿Estado/Provincia?
- ¿País?
- ¿Longitud?

ANEXO 2

Organizacional

- ¿Nombre de la organización?
- ¿Fecha de inicio del financiamiento?
- ¿Fecha de término del financiamiento?
- ¿Año de ejecución del Proyecto Piloto?
- ¿Duración de la ejecución del Proyecto Piloto (en meses)?
- ¿Proyecto financiado íntegramente por la Fundación Charles Stewart Mott?
- ¿Descripción breve del proyecto?

Social

- ¿Número de personas beneficiadas directamente?
- ¿Número de personas beneficiadas indirectamente?
- ¿Cantidad de personas capacitadas para instalar, operar y realizar la manutenzione de los sistemas?
- ¿Cantidad de mujeres capacitadas para instalar, operar y realizar la manutenzione del proyecto?
- ¿Cantidad de beneficiarios incluidos en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto?
- ¿Cantidad de mujeres incluidas en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto?
- ¿Cantidad de mujeres con función de responsabilidad sobre el proyecto?
- ¿Impacto de la intervención en el ingreso de los beneficiarios (\$/mes)?
- ¿Número de personas que accedieron a la educación debido al proyecto?

- ¿Número de personas que accedieron a servicios de salud debido al proyecto?
- ¿Número de personas que accedieron a servicios de comunicación debido al proyecto?
- ¿Tiempo medio de reducción del trabajo manual debido al proyecto (horas)?
- ¿Cuál es la actividad principal de generación de ingresos en la comunidad?
- ¿Describa las actividades productivas de subsistencia desarrolladas en la comunidad?
- ¿Describa los aparatos que funcionan con energía eléctrica adquiridos después del proyecto?

Técnico

- Finalidad del proyecto
- ¿Más de una finalidad? Describa.
- Fuente de energía
- ¿Más de una fuente? Describa.
- ¿Tipo de sistema?
- ¿Potencia instalada total (kWp)?
- ¿Energía producida anualmente (MWh/año)?
- ¿Vida útil media del sistema (años)?
- ¿Utiliza sistema de almacenamiento de energía?
- ¿Tipo de sistema de almacenamiento?
- ¿Si se siguieron normas técnicas de instalación, descríbalas?

ANEXO 3

PRESENTACIÓN DEL CUESTIONARIO SOCIOTÉCNICO – VERSIÓN EN ESPAÑOL

Este cuestionario tiene como objetivo reunir información detallada y sistematizada sobre experiencias de acceso a la energía eléctrica en comunidades rurales, tradicionales y aisladas de la Amazonía Legal. Está **dirigido a organizaciones que implementaron proyectos piloto o iniciativas permanentes** utilizando soluciones basadas en fuentes renovables de energía.

La estructura del cuestionario está organizada en **10 ejes temáticos**, a fin de captar los diversos aspectos técnico-operativos, sociales, ambientales e institucionales que componen la complejidad de la implementación de sistemas energéticos en territorios amazónicos.

1. **Diagnóstico, motivación y marco institucional**
2. **Planificación participativa y co-concepción (co-design)**
3. **Justicia energética e inclusión social**
4. **Tecnología e implementación técnica**
5. **Operación, mantenimiento y capacitación**
6. **Financiamiento y sostenibilidad económica**
7. **Resultados e impactos**
8. **Sostenibilidad ambiental**
9. **Gobernanza y gestión comunitaria**
10. **Aprendizajes y recomendaciones para políticas públicas**

Las **preguntas son abiertas y el llenado es textual** y puede ser realizado por el equipo técnico de las organizaciones ejecutoras y prevé **respuestas abiertas y descriptivas**, con foco en la documentación de buenas prácticas, lecciones aprendidas, dificultades enfrentadas, soluciones encontradas y recomendaciones futuras.

Nota: Al final de este cuestionario completo, se incluye un cuestionario simplificado dirigido a actores clave, con foco en la recopilación de sugerencias de gobernanza, capacitación local, opciones tecnológicas y perfeccionamiento de las políticas públicas de acceso a la energía en áreas remotas. El llenado del cuestionario simplificado es facultativo.

1. Diagnóstico, Motivación y Marco Institucional

- 1.1 ¿Cuál era la situación de las comunidades antes de los proyectos en cuanto al acceso a la energía?
- 1.2 ¿Qué necesidades sociales, económicas o ambientales motivaron las iniciativas?
- 1.3 ¿Quién participó de los diagnósticos iniciales? ¿Las comunidades fueron consultadas?
- 1.4 ¿Qué leyes, normas o reglas influyeron en los proyectos (positiva o negativamente)?
- 1.5 ¿Hubo apoyo o articulación con órganos públicos? ¿Cuáles?
- 1.6 ¿Hubo procesos de licenciamiento y financiamiento? En caso afirmativo, ¿qué obstáculos se enfrentaron?
- 1.7 ¿La regulación actual del país favorece proyectos comunitarios? ¿Qué debería cambiar?

2. Planificación Participativa y Co-concepción (Co-design)

- 2.1 ¿Las comunidades participaron en la planificación y en el diseño de los sistemas? ¿Cómo?
- 2.2 ¿Se realizaron talleres, mapeos o dinámicas participativas? ¿Qué resultados aportaron?
- 2.3 ¿Qué herramientas de co-concepción se utilizaron (mapas, cuestionarios, etc.)?
- 2.4 ¿Los saberes locales fueron incorporados a los proyectos técnicos? Ilustre algunos ejemplos de cómo esos saberes fueron considerados e incorporados.
- 2.5 ¿Las prioridades locales fueron incorporadas a los proyectos técnicos (iluminación, Comunicación, Salud, Educación, Transporte, etc.)? Ilustre algunos ejemplos de cómo esas priorizaciones fueron atendidas.
- 2.6 ¿Las decisiones sobre tarifas, gestión y mantenimiento se tomaron de forma participativa?
- 2.7 ¿Las comunidades tienen autonomía para sugerir cambios o ampliar los sistemas?

3 Justicia Energética e Inclusión Social

- 3.1 ¿Los proyectos buscaron corregir desigualdades históricas de acceso a la energía?
- 3.2 ¿Qué grupos sociales fueron priorizados (p. ej.: Pueblos indígenas, Comunidades quilombolas, Comunidades ribereñas)?
- 3.3 ¿Las iniciativas contribuyeron a reparar fallas de experiencias anteriores?
- 3.4 ¿Los proyectos fortalecieron la identidad, organización o autonomía de las comunidades involucradas?
- 3.5 ¿Hubo cambios en la distribución del poder local tras el acceso a la energía?

ANEXO 3

4. Tecnología e Implementación Técnica

- 4.1 ¿Por qué se eligieron las tecnologías utilizadas (solar, eólica, hidroeléctrica, híbrida)?
- 4.2 ¿Los sistemas fueron adaptados a los contextos locales (clima, logística, mano de obra)?
- 4.3 ¿Las comunidades participaron en la elección o comprendieron el funcionamiento de las tecnologías?
- 4.4 ¿Qué dificultades técnicas se enfrentaron y cómo fueron resueltas?
- 4.5 ¿Existe posibilidad de ampliación de los sistemas con otras tecnologías (biomasa, turbina fluvial, etc.)?

5. Operación, Mantenimiento y Capacitación

- 5.1 ¿Quién es actualmente responsable de la operación y del mantenimiento de los sistemas?
- 5.2 ¿Hubo capacitación técnica local? ¿Cómo se llevó a cabo?
- 5.3 ¿Los sistemas han funcionado de forma regular? ¿Qué fallas ocurrieron y cómo fueron solucionadas?
- 5.4 ¿Las comunidades tienen capacidad técnica autónoma para mantener los sistemas?

6. Financiamiento y Sostenibilidad Económica

- 6.1 ¿Qué fuentes de financiamiento se utilizaron (públicas, privadas, donaciones, tarifas)?
- 6.2 ¿El modelo económico adoptado es sostenible a largo plazo?
- 6.3 ¿Existen tarifas locales o contribuciones comunitarias? ¿Cómo se definen? ¿Cómo se pagan? ¿Cómo se gestionan?
- 6.4 ¿Cómo se trata la morosidad (cuando hay cobro) y los costos de mantenimiento (cómo se pagan)?
- 6.5 ¿Las experiencias utilizaron modelos como cooperativas, consorcios o comunidades energéticas?

7. Resultados e Impactos

- 7.1 ¿Qué servicios públicos se beneficiaron (Salud, Educación, Comunicación, saneamiento, Transporte, otros)?
- 7.2 ¿Los sistemas contribuyeron a la creación de nuevas actividades económicas? ¿Hubo aumento de producción, ingreso o valor agregado? ¿En qué sectores?
- 7.3 ¿La energía influyó en la vida cotidiana de mujeres, jóvenes o grupos vulnerables? ¿Hubo reducción del tiempo dedicado a tareas manuales y domésticas?
- 7.4 ¿Los proyectos contribuyeron a reducir las vulnerabilidades económicas?

- 7.5 ¿Los proyectos fortalecieron cadenas productivas locales? ¿Hubo integración con agricultura, pesca, bioeconomía o turismo?

8. Sostenibilidad Ambiental

- 8.1 ¿Los proyectos adoptaron prácticas de gestión de residuos (baterías, paneles, embalajes)?
- 8.2 ¿Cuál es el proceso y el destino final de esos residuos?
- 8.3 ¿Hubo impactos ambientales significativos (positivos o negativos)?
- 8.4 ¿Existen mecanismos de monitoreo ambiental o de emisiones evitadas?

9. Gobernanza y Gestión Comunitaria

- 9.1 ¿Cuál es el modelo de gestión adoptado para los sistemas (individual, comité, asociación, cooperativa)?
- 9.2 ¿Las reglas de uso, tarifas, mantenimiento y resolución de conflictos se definieron con participación comunitaria? ¿Son claras?
- 9.3 ¿Cómo se toman las decisiones en caso de problemas o necesidad de cambios? ¿Las comunidades se sienten responsables y con autonomía sobre los sistemas?

10. Aprendizajes y Recomendaciones para Políticas Públicas

- 10.1 ¿Cuáles fueron los principales desafíos enfrentados en la implementación de los proyectos?
- 10.2 ¿Qué estrategias fueron eficaces para superar limitaciones técnicas, logísticas o institucionales?
- 10.3 ¿Qué lecciones ofrecen los proyectos para la formulación de políticas públicas de energía?
- 10.4 ¿Qué elementos de las experiencias pueden ser replicados en otras comunidades?
- 10.5 ¿Los proyectos dialogaron con programas públicos existentes en el país o en la región? En caso de existir políticas públicas nacionales o subnacionales relacionadas con el acceso a la energía, informe el nombre y, de ser posible, el link de acceso.
- 10.6 ¿Qué ajustes legales o financieros serían necesarios para ampliar este tipo de iniciativa? ¿Las organizaciones involucradas participan en redes de intercambio de experiencias con otras iniciativas?



Rua Artur de Azevedo, 1212, 9º andar, sala 91,
Pinheiros, São Paulo (SP), CEP 05404-003 | Telefone: +55 (11) 3476-2850
energiaeambiente@energiaeambiente.org.br
energiaeambiente.org.br