

Mentes de **Corriente Continua**

**Desafíos de la Electrificación
en América Latina y el Caribe**

PAG. 8

La infraestructura invisible de la electrificación regional.

PAG. 14

Juventud, educación y formación continua en la transición eléctrica regional.

PAG. 22

La energía por sí sola no es suficiente: necesitamos flexibilidad.

olacde

Créditos

Consejo editorial

Andrés Rebolledo Smitmans
Secretario Ejecutivo
Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía

Gloria Alvarenga
Directora de Integración, Acceso y Seguridad Energética
Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía

Coordinadores

Valentina Licanqueo
Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía
Chile

Kelvin Arias
Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía
Ecuador

Agradecimientos

La Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía (OLACDE) expresa su sincero agradecimiento a las autoras y especialistas que hicieron posible esta publicación con sus conocimientos, experiencias y propuestas para el futuro de la electrificación en América Latina y el Caribe. OLACDE reconoce especialmente la colaboración de las asociaciones:

Asociación de Mujeres en Energía de Chile

Asociación de Mujeres en Energías Sustentables de Argentina

Asociación Uruguaya de Mujeres en Energía

Mujeres en Energía de República Dominicana

Agradecemos asimismo al Comité Editorial y Técnico, al equipo de coordinación, edición, traducción, diseño, producción digital y comunicaciones, cuyo trabajo permitió articular las contribuciones y resguardar el rigor, la claridad y la coherencia de esta revista bilingüe.

Índice

6	■	Prólogo
8	■	La infraestructura invisible de la electrificación regional
14	■	Juventud, educación y formación continua en la transición eléctrica regional
18	■	Transición Energética en Chile: logros y retos de un sistema en transformación
22	■	La energía por sí sola no es suficiente: necesitamos flexibilidad
28	■	Riego alimentado con energía fotovoltaica para mejorar la productividad agrícola de subsistencia en comunidades rurales de Guatemala
34	■	Más allá de la diversificación: el camino de Jamaica hacia un futuro energético resiliente
40	■	Energía para todos, decidida entre todos: inclusión, equidad y participación en el acceso energético
44	■	Más allá de la generación: sostenibilidad en el sector energético
50	■	Hasta que la Mente Aguante: Resiliencia, Emociones y Derecho a la Energía
54	■	Sobre las autoras



Prólogo

La electrificación ocupa un lugar central en la transformación energética de América Latina y el Caribe. El crecimiento de la demanda, la incorporación acelerada de fuentes renovables, la modernización y expansión de las redes, el almacenamiento de energía, la digitalización y la necesidad de garantizar sistemas más resilientes plantean desafíos que trascienden la dimensión estrictamente tecnológica. Electrificar la región implica también abordar cuestiones de acceso, asequibilidad, planificación, regulación, inversión, sostenibilidad y equidad.

América Latina y el Caribe cuenta con condiciones particularmente favorables para avanzar en este proceso. Su diversidad de recursos energéticos, el potencial de las energías renovables y las capacidades técnicas desarrolladas durante las últimas décadas constituyen una base sólida para profundizar la transformación de sus sistemas eléctricos. Sin embargo, la realidad regional también evidencia importantes brechas entre países y territorios. Persisten comunidades sin acceso adecuado a servicios energéticos modernos, infraestructuras que requieren nuevas inversiones y sistemas cada vez más expuestos a fenómenos climáticos extremos, mientras surgen nuevas demandas asociadas a la electrificación del transporte, la industria y otros usos finales de la energía.

Desde la Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía (OLACDE) reconocemos que responder a estos desafíos requiere fortalecer la cooperación regional, promover el intercambio de conocimiento y generar espacios capaces de acercar la experiencia técnica a la toma de decisiones. También requiere ampliar las voces que participan en la construcción del futuro energético de nuestra región.

En este contexto surge *Mentes de Corriente Continua: Desafíos de la Electrificación en América Latina y el Caribe*, una publicación que reúne las reflexiones de mujeres especialistas vinculadas con la ejecución de proyectos, la investigación, la regulación, la planificación y otros ámbitos estratégicos del sector energético de la región.

Esta publicación busca poner en valor su conocimiento y experiencia profesional, no solamente como reconocimiento a sus trayectorias, sino como una contribución concreta al debate técnico regional. Ampliar las voces que participan en la discusión energética permite enriquecer el análisis, incorporar nuevas aproximaciones a problemas conocidos y fortalecer una comunidad profesional capaz de responder a los desafíos presentes y futuros de la electrificación.



A lo largo de estas páginas se abordan aspectos que recorren toda la transformación del sector eléctrico: desde el acceso y la demanda de electricidad hasta la generación, las redes y la infraestructura; desde la flexibilidad y el almacenamiento hasta la resiliencia, la innovación y la planificación y desde los marcos regulatorios y las políticas públicas hasta las experiencias de electrificación desarrolladas directamente en los territorios.

Las contribuciones combinan conocimiento técnico con una mirada orientada a la implementación. Esta característica resulta especialmente relevante en una región donde las soluciones energéticas difícilmente pueden trasladarse de manera uniforme de un país a otro. La geografía, las condiciones climáticas, las estructuras económicas, los recursos disponibles y las necesidades sociales configuran realidades distintas que requieren respuestas adaptadas a cada contexto, pero que también ofrecen oportunidades extraordinarias para el aprendizaje y la cooperación regional.

Por ello, esta publicación aspira a ser más que una recopilación de artículos. Busca constituirse en un espacio de encuentro entre conocimiento y decisión, entre experiencia técnica y política pública, los desafíos actuales y las posibilidades futuras de nuestros sistemas energéticos.

La electrificación de América Latina y el Caribe será determinante para alcanzar sistemas energéticos más sostenibles, seguros, resilientes e inclusivos. Construir ese futuro requerirá infraestructura, innovación y financiamiento, pero también conocimiento, cooperación y nuevos liderazgos capaces de transformar las oportunidades de la región en soluciones concretas.

Las voces reunidas en este ejemplar forman parte de esa construcción colectiva y nos invita a observar la electrificación regional no solamente desde aquello que todavía falta por resolver, sino también desde las capacidades, experiencias e ideas que América Latina y el Caribe ya posee para diseñar su propio futuro energético.

Gloria Alvarenga

Directora de Integración, Acceso y Seguridad
Energética
OLACDE

La infraestructura invisible de la electrificación regional

La expansión de las redes eléctricas explica solamente una parte de la transición energética. La infraestructura invisible, que es integrada por la gobernanza, la innovación, el capital humano, la planificación estratégica y la fortaleza institucional, determina la capacidad de América Latina y el Caribe para acelerar una electrificación resiliente, inclusiva y sostenible.

Introducción

América Latina y el Caribe (“ALC” en adelante) reúnen algunas de las mejores condiciones del mundo para liderar la transición energética. La región posee abundantes recursos renovables, una de las matrices eléctricas más limpias del planeta y reservas estratégicas de minerales críticos para la transición energética. Sin embargo, el ritmo de la electrificación continúa siendo desigual entre países e incluso dentro de un mismo territorio. Dentro de este contexto, corresponde preguntarnos ¿por qué países y territorios con condiciones similares avanzan a velocidades tan diferentes?

Diversos organismos internacionales coinciden en que la transición energética depende de la combinación de infraestructura, innovación, gobernanza y capacidades institucionales (IEA, 2023; IRENA, 2023; WEF, 2023). Sin embargo, la evidencia empírica específica para la región muestra que la autonomía regulatoria es el factor con mayor peso explicativo (De Halleux, Estache y Serebrisky, 2020). En contraste, Maravall (2022) sostiene que la transformación del sector energético exige cambios estratégicos, regulatorios y organizacionales que trascienden el reemplazo tecnológico.

Tradicionalmente, estas diferencias se han explicado a partir de la disponibilidad de recursos naturales, la expansión de las redes eléctricas o la incorporación de nuevas tecnologías. Sin embargo, la experiencia internacional demuestra que estos factores, aunque indispensables, no son suficientes para explicar por qué algunos países logran acelerar su transición energética mientras otros avanzan con mayor lentitud. La infraestructura física constituye la expresión visible del sistema eléctrico, pero detrás de ella existe un conjunto de capacidades que condicionan su planificación, financiamiento, implementación y sostenibilidad.

En este artículo, proponemos comprender estas diferencias a partir del concepto de infraestructura invisible de la electrificación: el conjunto de capacidades institucionales, regulatorias, financieras, tecnológicas y humanas que hacen posible el desarrollo de la infraestructura visible. No se trata de una nueva categoría de infraestructura física, sino de un marco conceptual que integra instituciones sólidas, reglas estables, talento especializado, innovación, mecanismos de financiamiento y cooperación entre actores. Estas capacidades no producen electricidad ni construyen redes, pero determinan la velocidad con que un país puede planificar, ejecutar y sostener su proceso de electrificación. Lejos de constituir un concepto abstracto, la infraestructura invisible ofrece un marco para comprender por qué inversiones similares producen resultados diferentes según las capacidades que las sostienen.

En este sentido, desarrollamos este argumento en dos secciones. La sección I resume la literatura en



torno a cuatro ejes de gobernanza regulatoria. Por último, la sección 2 explica por qué la gobernanza y el marco regulatorio ocupan el núcleo de esta infraestructura invisible, en contraposición con la infraestructura visible y el marco analítico de trabajo.

Revisión de Literatura

La literatura sobre electrificación en ALC se organiza en cuatro ejes: gobernanza regulatoria; economía política de las reformas; heterogeneidad institucional; y cooperación e integración regional.

Gobernanza regulatoria

De Halleux, Estache y Serebrisky (2020) construyen índices de reforma de gobernanza desde en cuatro dimensiones (estructura de mercado, participación privada, autonomía regulatoria y organización operativa) para el sector eléctrico de la región. Encuentran que las reformas de gobernanza, consideradas en conjunto, se asocian de forma estadísticamente significativa con mayor calidad técnica y de proceso, pero no con mejoras sociales o de servicio; consideradas por separado, la autonomía regulatoria muestra la correlación más alta con resultados deseables, mientras la participación privada no se asocia de forma significativa con ningún resultado.

Balza et al. (2020), en un estudio del BID sobre 18 países a lo largo de cinco décadas, encuentran que la inversión privada y la calidad de la gobernanza regulatoria se asocian positivamente con un mejor desempeño del sector eléctrico.

Andrés, Guasch y Azumendi (2008) ubican su trabajo en la intersección de dos líneas de literatura que hasta entonces se habían desarrollado por separado: la que analiza el impacto de la participación privada sobre el desempeño sectorial, y la que mide la gobernanza de las agencias reguladoras. En este trabajo, los autores, a partir de dos bases de datos propias sobre distribución eléctrica en la región, construyen un índice de gobernanza regulatoria y muestran que la regulación y su gobernanza inciden en el desempeño del sector, conectando así ambas tradiciones de investigación que antes corrían en paralelo.

Economía política de las reformas

Jordana y Levi-Faur (2005) documentan la expansión de agencias reguladoras autónomas en la región. Analizan la creación y reforma de agencias reguladoras en diecinueve países y doce sectores entre 1979 y 2002, y distinguen patrones de difusión nacionales, donde el número de agencias previas en un país incrementa la probabilidad de creación de nuevas agencias, de patrones sectoriales, donde la difusión ocurre entre países dentro de un mismo sector. Este hallazgo sitúa la creación de institucionalidad regulatoria como un proceso político de difusión, no como una respuesta técnica automática a necesidades de mercado.

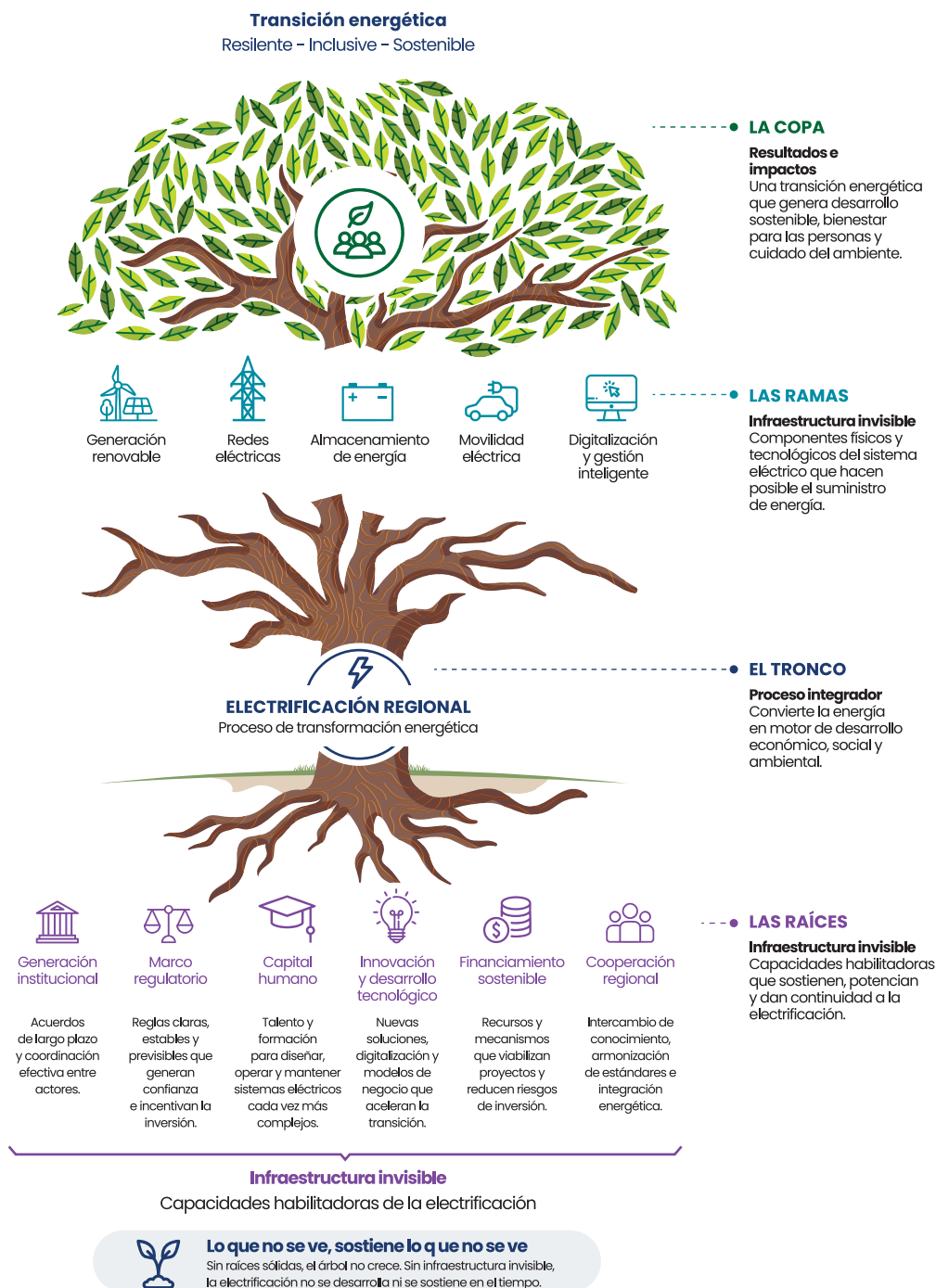
Heterogeneidad institucional y cooperación regional

Un desafío adicional es la heterogeneidad institucional y regulatoria. Cerra et al. (2016) identifican que los países de la ALC exhiben distintos grados

Figura 1

Modelo conceptual de la infraestructura invisible de la electrificación

(Elaboración propia)



de desarrollo en sus marcos de planificación y regulación. Utilizando la evaluación del Fondo Monetario Internacional sobre gestión de inversión pública, muestran que la implementación de buenas prácticas de planificación, asignación y ejecución de infraestructura es desigual en la región.

Esta heterogeneidad se confirma a nivel sectorial. Georgoulas et al., 2018 evalúan la capacidad institucional de seis países de la región para planificar y contratar infraestructura sostenible en los sectores de energía, transporte y agua, y encuentran que la coordinación interministerial y la incorporación de criterios de sostenibilidad en la planificación y la contratación siguen siendo limitadas incluso en los países con marcos regulatorios más consolidados. En consecuencia, la fragilidad institucional es identificada como limitante para la capacidad de diseñar políticas robustas y de proyectar escenarios de largo plazo (CEPAL, 2025).

Marco analítico: infraestructura invisible

La infraestructura invisible tiene un núcleo y cuatro capacidades mediadas por ese núcleo. La gobernanza y el marco regulatorio ocupan el centro: son las condiciones que permiten construir consensos, sostener políticas de largo plazo y generar previsibilidad para la inversión (De Halleux, Estache y Serebrisky, 2020). El financiamiento, el capital humano y la innovación dependen de ese núcleo regulatorio para desplegarse con eficacia: la disponibilidad de crédito, la retención de talento técnico y la adopción de nuevas tecnologías res-

ponden a la estabilidad de las reglas de juego, más que operar como capacidades autónomas (Balza et al., 2020). La cooperación regional actúa en una escala distinta, supranacional, favoreciendo el intercambio de conocimiento y la armonización de estándares entre países.

Analizar la electrificación desde estas capacidades permite comprender que la infraestructura visible y la infraestructura invisible no compiten entre sí; se potencian mutuamente. Cada inversión en generación, transmisión o distribución alcanza su máximo impacto cuando se desarrolla sobre instituciones capaces de sostener políticas públicas, formar profesionales, atraer inversiones y generar confianza. En este sentido, la infraestructura invisible no reemplaza la infraestructura física: la potencia. Actúa como un factor multiplicador de la infraestructura física: cuanto más robustas son las capacidades habilitadoras de la electrificación, mayor es el impacto de las inversiones destinadas a transformar el sistema energético.

Esta perspectiva resulta especialmente relevante para América Latina y el Caribe. La región posee recursos suficientes para desempeñar un papel protagonista en la transición energética global, pero enfrenta desafíos vinculados con la estabilidad regulatoria, la disponibilidad de financiamiento, la formación de talento especializado y la coordinación entre distintos niveles de gobierno. En un contexto de fuertes asimetrías territoriales y recursos limitados, fortalecer estas capacidades puede generar un impacto comparable al de una nueva inversión en infraestructura física. La transición energética del siglo XXI no depende-

rá únicamente de la cantidad de megavatios instalados ni de los kilómetros de redes construidas. También dependerá de la capacidad de los países para fortalecer las condiciones que hacen posibles esas inversiones. La infraestructura visible permite que la electricidad llegue a las personas; la infraestructura invisible permite que esa electricidad se transforme en desarrollo, resiliencia y bienestar.

Invertir en ambas dimensiones no constituye una alternativa, sino una condición necesaria para que América Latina y el Caribe conviertan su extraordinario potencial energético en una verdadera oportunidad de desarrollo sostenible.

Conclusiones

Este trabajo propuso comprender las diferencias en el ritmo de electrificación de América Latina y el Caribe a partir del concepto de infraestructura invisible: el conjunto de capacidades instituciona-

les y regulatorias que sostienen la infraestructura física del sistema eléctrico. La evidencia revisada muestra que la autonomía regulatoria y la calidad de la gobernanza explican una parte sustantiva de esa variación, por encima de la disponibilidad de recursos naturales o de capital (De Halleux, Estache y Serebrisky, 2020; Balza et al., 2020; Andrés, Guasch y Azumendi, 2008). La creación de institucionalidad regulatoria responde además a una lógica de difusión política (Jordana y Levi-Faur, 2005), y persiste una heterogeneidad marcada entre países en su capacidad de planificación (Cerra et al., 2016; Georgoulas et al., 2018; CEPAL, 2025).

Países con condiciones similares alcanzan resultados distintos según la fortaleza de estas capacidades habilitadoras. Fortalecer la gobernanza y el marco regulatorio constituye entonces una condición central para que la región convierta su potencial energético en electrificación resiliente, inclusiva y sostenible.

Referencias

- Andrés, L., Guasch, J. L., & Azumendi, S. L. (2008). Regulatory governance and sector performance: Methodology and evaluation for electricity distribution in Latin America. Policy Research Working Paper 4494. The World Bank.
- Balza, L., Jiménez Mori, R. A., Macedo, D., & Mercado Díaz, J. E. (2020). Revisiting Private Participation, Governance, and Electricity Sector Performance in Latin America. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0002370>
- Cerra, V., Cuevas, A., Goes, C., Karpowicz, I., Matheson, T., Samake, I., & Vtyurina, S. (2016). Highways to Heaven: Infrastructure Determinants and Trends in Latin America and the Caribbean. IMF Working Paper 16/185. Fondo Monetario Internacional.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025). Integración energética y transición justa en América Latina y el Caribe: oportunidades y desafíos hacia 2050. CEPAL.
- De Halleux, M., Estache, A., & Serebrisky, T. (2020). Governance choices and policy outcomes in the Latin American and Caribbean electricity sector. Utilities Policy, 67, 101105. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101105>

Georgoulas, A., Carvalho Fernandes de Oliveira, J., Meller, H., Ramirez, M. C., Serebrisky, T., & Watkins, G. G. (2018). Assessing the Institutional Capacity of Latin American Countries for Sustainable Infrastructure Planning and Delivery. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0001147>

International Energy Agency. (2023). World Energy Outlook 2023. IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

International Renewable Energy Agency. (2023). World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway. IRENA. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>

Jordana, J., & Levi-Faur, D. (2005). The diffusion of regulatory capitalism in Latin America: Sectoral and national channels in the making of a new order. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 598(1), 102–124.

Maravall, F. (2022). La transición energética de las empresas de petróleo y gas. *Economistas*, 176, 84–99. <https://www.cemad.es/revista-economistas>

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *The Net-Zero Transition: Foundations for Successful Policy Making*. OECD Publishing.

Organización Latinoamericana de Energía. (2023). *Panorama energético de América Latina y el Caribe 2023*. OLADE.

World Economic Forum. (2023). *Fostering Effective Energy Transition 2023: Energy Transition Index*. World Economic Forum.

World Energy Council. (2024). *World Energy Trilemma Report 2024*. World Energy Council.

Juventud, educación y formación continua en la transición eléctrica regional

Una mirada al relevo generacional, la equidad de género y la demanda de capacitación técnica para la resiliencia energética en América Latina y el Caribe.

El desfase estructural entre la infraestructura del mañana y la formación de hoy

Hablar de transición energética en América Latina y el Caribe suele dirigir la atención hacia las grandes obras: parques eólicos, digitalización de redes o baterías de almacenamiento masivo. No obstante, ninguna infraestructura sostiene su autonomía si se descuida el factor humano detrás de cada kilovatio generado. Más que un recambio tecnológico, la electrificación regional demanda formar a fondo las competencias de quienes operan y operarán el sistema. Desde esta perspectiva, integrar el bagaje de sectores energéticos tradicionales como los hidrocarburos fortalece la red eléctrica frente a los retos de la descarbonización. La resiliencia del modelo futuro dependerá, en última instancia, de sumar todo el talento regional disponible, articulando el conocimiento existente con la apertura de espacios reales de liderazgo para la juventud.

Pese a ello, esta aspiración tropieza con un claro desfase temporal: las universidades difícilmente avanzan al ritmo que impone la innovación tecnológica en la industria. Mientras la matriz eléctrica migra a esquemas limpios y descentralizados, la rigidez en los planes de estudio frena la inclusión de áreas críticas como la economía circular, la flexibilidad operativa o las nuevas regu-

laciones. Esta distancia entre las aulas y el sector productivo, que de acuerdo con la CEPAL (2025) confina a la región a iniciativas piloto aisladas, no hace más que profundizar la dependencia técnica externa. Se consolida así un fenómeno contradictorio en el mercado laboral: a pesar de los elevados niveles de informalidad, las empresas energéticas no hallan personal cualificado, registrándose más del 30% de la fuerza laboral subcualificada (CEPAL, 2025).

Bajo esta coyuntura, la educación y formación de las nuevas generaciones trasciende lo académico para convertirse en un pilar de seguridad energética. Diseñar infraestructura sostenible exige preparar equitativamente al talento, atendiendo sin demora las disparidades de género en el sector. Si bien la región registra un 44% de participación femenina en ciencias generales, la cifra cae al 28% en egresos de ingeniería y al 22% en áreas vinculadas a la cuarta revolución industrial; una brecha severa que condiciona la matrícula STEM (ONU Mujeres, 2022; UNESCO, 2024).

Competencias dinámicas, reconversión laboral y el nuevo perfil juvenil

El paradigma centralizado basado en combustibles fósiles muta hacia un modelo sustentado en la flexibilidad operativa, fuentes renovables variables² y nuevos vectores energéticos³. Gestionar esta arquitectura requiere que los jóvenes aborden la transición con perspectiva sistémica. Diseñar y evaluar los mercados energéticos del futuro exige dominar digitalización, analítica predictiva y



gestión masiva de datos (IRENA, 2023), competencias que complementan y superan el alcance de los tradicionales balances estáticos de masa y energía⁴.

Sin embargo, formar para descarbonizar la matriz no implica erradicar la industria convencional ni descartar el conocimiento heredado. La literatura sobre transición justa⁵ señala que competencias operativas e ingenieriles del sector de hidrocarburos constituyen una base técnica invaluable para desplegar soluciones en el sector eléctrico, como la integración de redes complejas o el hidrógeno verde (Maissa et al., 2025; Philp & O’Neil, 2026). La educación continua se posiciona así como una herramienta indispensable de reconversión laboral (reskilling)⁶ para los profesionales en etapas tempranas e intermedias de sus carreras.

A su vez, esta reconfiguración técnica resulta insuficiente si no se acompaña de capacidades de liderazgo e incidencia política (OLACDE & UNR, 2026). Para que las nuevas generaciones, y en particular las profesionales STEM, logren romper las barreras de ascenso directivo descritas por el fenómeno del “tubo con fugas” (leaky pipeline)⁷, la formación técnica debe complementarse con habilidades de negociación, gestión de proyectos y redes de soporte estratégico (UNESCO, 2024).

Evidencia empírica regional sobre el interés juvenil en la formación técnica

Para contrastar estas dinámicas teóricas en la práctica, resulta ilustrativo analizar el comportamiento del público joven frente a las iniciativas

de capacitación continua en la región. Ante la lentitud de las reformas curriculares, los espacios virtuales abiertos funcionan como sensores ágiles para medir las inquietudes del sector.

En este contexto, la Academia Global en Transición Energética (Youth4energy) impulsó en 2026 dos actividades virtuales complementarias: el Webinar 1 (marzo 2026), titulado “Voces jóvenes en la transición energética: experiencias desde escenarios internacionales”, centrado en liderazgo, relevo generacional e inserción en redes globales; y el Webinar 2 (junio 2026), titulado “¿El fin de los hidrocarburos? El rol del profesional del sector en la continuidad energética”, enfocado en ingeniería de procesos, análisis técnico y viabilidad operativa.

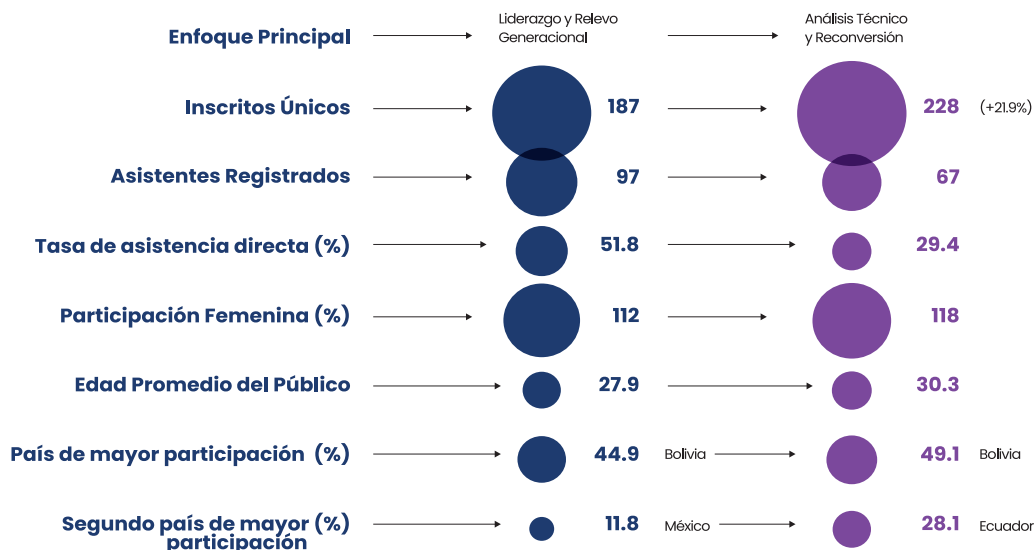
Tabla 1

La tasa de asistencia directa representa la proporción de personas inscritas que asistieron en vivo a la sesión.

Aunque ambas convocatorias tuvieron alcance regional, la audiencia terminó concentrándose en países específicos. Esta particularidad impide extrapolar las métricas al conjunto de América Latina y el Caribe. No obstante, el análisis de sus registros ofrece elementos útiles para la discusión:

- Inquietud por la reconversión técnica. Aunque la actividad sobre liderazgo alcanzó una mayor capacidad para retener a los asistentes en vivo (51.8%), el evento sobre hidrocarburos captó un 21.9% más de inscritos. Esta diferencia sugiere que, más allá del discurso general

Tabla 1

Comparativo de participación juvenil en actividades de formación continua

Nota. Elaboración propia a partir de los registros internos de inscripción y asistencia a webinars de la Academia Global en Transición Energética de Youth4energy (2026).

● Webinar 1 (Marzo 2026) ● Webinar 2 (Junio 2026)

de la transición, existe una demanda concreta por entender las transformaciones operativas del ejercicio profesional.

- Participación femenina en debates de ingeniería. A pesar de abordar un ámbito tradicionalmente masculinizado como los hidrocarburos, el 51.7% del registro en el segundo webinar correspondió a mujeres. Este dato no implica, por sí solo, una reversión de las brechas estructurales en las disciplinas STEM (UNESCO, 2024), pero evidencia que los entornos virtuales abiertos ofrecen espacios accesibles para el intercambio técnico.

- Redes académicas y capital social. La elevada proporción de participantes de Bolivia (44.9% a 49.1%) y Ecuador (28.1%) responde a la articulación directa con redes de contacto, profesionales e ingenieros locales. Analizado desde la perspectiva del capital social (Coleman, 1988; Giacobelli, 2022), esto sugiere que la mediación directa mediante canales de confianza (como grupos de comunidad académica

y mensajería directa) puede resultar más efectiva para movilizar al público joven que la difusión digital masiva e impersonal.

Hacia una gobernanza educativa mediante redes territoriales

Modernizar la matriz energética de América Latina y el Caribe requiere más que financiamiento para obras o importación de tecnología. El factor crítico por trabajar es la velocidad en la que se forman las capacidades locales para operar, mantener y dirigir estos nuevos sistemas. Si la oferta universitaria y las políticas públicas de capacitación continúan distanciadas de las exigencias del mercado laboral, la brecha de habilidades comprometerá la autonomía técnica de la región.

Frente a este desafío, las instituciones académicas, el sector privado y los organismos regionales necesitan coordinar estrategias de formación más flexibles y descentralizadas (CAF et al., 2025). La evidencia exploratoria indica que estas iniciativas ganan efectividad cuando se apoyan en redes te-

ritoriales y en la mediación de docentes y profesionales locales que actúan como articuladores del capital social en sus comunidades.

Asimismo, impulsar la equidad de género en las áreas STEM y abrir espacios efectivos de decisión para el talento joven constituyen pilares clave para la sostenibilidad del capital humano (UNESCO,

2024). En este proceso, la formación continua, la reconversión profesional y el desarrollo de nuevos liderazgos regionales son indispensables para conectar la industria convencional con la transición. Sin un compromiso articulado por la educación y la inclusión efectiva de las nuevas generaciones, cualquier hoja de ruta para la descarbonización correrá el riesgo de perder su viabilidad.

Referencias

CAF, CEPAL, & OIT/Cin. (2025, octubre 20). Talento humano para el desarrollo productivo de ALC. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/talento-humano-para-el-desarrollo-productivo-esencial-para-superar-la-trampa-de-baja-capacidad-para-crecer-en-america-latina-y-el-caribe/>

CEPAL. (2025, septiembre 17). CEPAL advierte que no todo se resuelve creando nuevos programas: Urge aproximación diagnóstica para cerrar brechas de habilidades. <https://www.cepal.org/es/notas/cepal-advierte-que-todo-se-resuelve-creando-nuevos-programas-urge-aproximacion-diagnostica>

Coleman, J. S. (1988). Social Capital in the Creation of Human Capital. *American Journal of Sociology*, 94, S95-S120. <https://doi.org/10.1086/228943>

Giacovelli, G. (2022). Social Capital and Energy Transition: A Conceptual Review. *Sustainability*, 14(15), 9253. <https://doi.org/10.3390/su14159253>

IRENA. (2023). Innovation landscape for smart electrification: Decarbonising end-use sectors with renewable power. <https://www.irena.org/Innovation-landscape-for-smart-electrification>

Maissa, C., Saloua-Nassima, C., & Heffron, R. J. (2025). Employment risk for the global oil and gas sector in light of just transition policies. *Energy and Climate Change*, 6, 100208. <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2025.100208>

OLACDE & UNR. (2026, agosto 11). El futuro energético de América Latina y el Caribe exige nuevas capacidades ante un mundo en transformación. OLACDE. <https://www.olade.org/noticias/el-futuro-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-exige-nuevas-capacidades-ante-un-mundo-en-transformacion/>

Philp, B. H., & O'Neil, J. J. (2026). What's next for oil and gas workers? A conservation of resources perspective on upskilling and employment conditions in the United Kingdom's energy transition. *Energy Research & Social Science*, 136, 104702. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2026.104702>

Youth4energy. (2026a, 15 de marzo). Voces jóvenes en la transición energética: experiencias desde escenarios internacionales [Publicación de LinkedIn]. LinkedIn. https://www.linkedin.com/posts/youth4energy_te-interesa-conocer-c%C3%B3mo-las-y-las-j%C3%B3venes-activity-7435342016101793792-9Mpc?utm_source=share&utm_medium=member_desktop&rcm=ACoAAF7SBE0B_SGpXpv2T8xICOGqYkwlZ9O-GZI

Youth4energy. (2026b, 10 de junio). ¿El fin de los hidrocarburos? El rol del profesional del sector en la continuidad energética [Publicación de LinkedIn]. LinkedIn. https://www.linkedin.com/posts/youth4energy_mucho-se-habla-de-la-obsolencia-de-la-activity-7467966666321317888-BTN3

Transición Energética *en Chile:* logros y retos de un sistema en transformación

Las cifras de la transformación

Chile tiene la ambición de posicionarse como líder de la transición energética en América Latina, en línea con su Política Energética Nacional que establece como meta que al 2050 el 100% de la generación de energía eléctrica provenga de fuentes limpias.

Las cifras sugieren que el país avanza decididamente a cumplir la meta planteada. Así, a julio de 2026, la capacidad instalada nacional supera los 40 GW: más del 50% corresponde a ERNC, 18,5% a centrales hidroeléctricas y 31% a térmicas, para una demanda máxima de 13,1 GW. En 2025, las ERNC aportaron 44% de la generación del SEN y el 10 de mayo de 2026 alcanzaron un récord de 88,4% de la generación horaria, evidenciando la viabilidad —no exenta de dificultades— de una operación predominantemente renovable.

Este avance responde a inversiones sostenidas, favorecidas por menores costos de las tecnologías eólica y fotovoltaica y por la reducción de barreras al mercado de contratos y a la transmisión. La inversión en renovables alcanzó casi USD 3.695 millones en 2025 y podría llegar en los próximos cinco años a USD 5.500 millones anuales.

La expansión de las ERNC se ha producido en paralelo a la salida gradual de las centrales a carbón. Un total de 2.674 MW de capacidad fósil ha sido desconectado hasta la fecha, con compromisos de salida de la mayoría del parque al 2040 o incluso antes. Ante esta acelerada descarbonización, el al-

macenamiento es la tecnología habilitante clave.

En este ámbito, Chile cuenta con 2,6 GW de almacenamiento en operación, 3,1 GW en pruebas y 4,2 GW en construcción, concentrados en la hibridación de proyectos solares para inyectar excedentes diurnos en bloques nocturnos de alto costo.

Estas cifras confirman una disrupción tecnológica más que una simple evolución. También revelan su dimensión estratégica: Chile importa el 98% de los combustibles fósiles que consume, lo que lo expone a la volatilidad de los precios y disponibilidad a nivel internacional. Como consecuencia, los recursos energéticos locales fortalecen la independencia energética al tiempo apoyan la reducción de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, la electricidad representa sólo el 23% del consumo energético nacional y los combustibles fósiles aún son la principal fuente utilizada (65% de la matriz en 2024); por eso, una de las acciones claves para alcanzar las metas de carbono-neutralidad al 2050 es electrificar los consumos, pero el crecimiento de la demanda eléctrica ha sido discreto. El año 2025 creció sólo un 0,4% respecto del 2024 y se estima un incremento del orden de 3,2% ponderado para el SEN. El desafío de electrificar entonces sólo será posible si adoptamos ciertas decisiones de política pública y aseguramos un suministro seguro, de calidad y a precios razonables.

Los nudos críticos del proceso

La transformación tecnológica plantea desafíos



operacionales y de diseño de mercado. Actualmente se observan algunos déficits regulatorios, de gobernanza y operativos que deben abordarse sin perder de vista los costos para el cliente final ni la seguridad y calidad del suministro.

a) Impacto en la Seguridad del Sistema

La sustitución de la generación síncrona por ERV basadas en inversores ha reducido la robustez de frecuencia (inercia) y de tensión (cortocircuito o fortaleza) del sistema eléctrico, lo que ha disminuido su capacidad para resistir perturbaciones. Como resultado de estas limitaciones, distintos estudios recomiendan mejorar los niveles de estos recursos para reducir los riesgos derivados de comportamientos inestables del sistema.

El apagón del 25 de febrero de 2025, que dejó al país sin electricidad por más de siete horas, y las condiciones de estrechez previas a temporadas de lluvias recientes muestran que la seguridad del suministro dejó de ser un asunto sólo técnico: es un requisito estratégico para la descarbonización.

El almacenamiento y otras tecnologías resultan, entonces, claves para mitigar estos riesgos. Sin embargo, la incorporación de almacenamiento con *grid forming* a gran escala y el diseño de un mercado de SSCC adecuado son procesos aún en desarrollo, limitados por la falta de datos operativos a largo plazo y por una regulación que opera predominantemente bajo costos administrativos calculados por el operador, en lugar de un mecanismo de revelación de precios competitivo.

b) Almacenamiento y el mercado de corto plazo

El almacenamiento crece impulsado por oportunidades de arbitraje, recortes de energía renovable y pagos de potencia garantizados hasta 2034.

No obstante, la programación, el despacho y el cálculo de los costos de oportunidad del almacenamiento generan incertidumbres y brechas entre las expectativas de los propietarios y las decisiones de programación y despacho del CEN. La tarea es compleja: se prevé programar y calcular el costo de oportunidad de 9 GW de almacenamiento de aquí a 2027 sin referencias ni experiencias comparables.

Con una matriz de las características expuestas, el modelo de despacho por “costos auditados” resulta cada vez más difícil de administrar. Urge entonces transitar hacia un mercado competitivo de ofertas. Otro desafío es disminuir o eliminar ineficiencias que se traducen en costos sistémicos o pagos laterales que han crecido significativamente, lo que impacta los precios de clientes libres y, próximamente, las tarifas de clientes regulados.

c) Desarrollo de la infraestructura y distorsiones tarifarias

Otro cuello de botella es el rezago en el desarrollo de la transmisión y la incertidumbre sobre el nivel óptimo de desarrollo de las redes. La falta de infraestructura de transporte, entre otras razones, provocó en 2025 el vertimiento de 6,084 TWh de energía limpia, equivalentes al 7,1% de la generación anual y al 16,2% de la generación ERNC. Obras críticas como la línea

Kimal-Lo Aguirre son indispensables, pero su desarrollo enfrenta retos tanto para los propietarios como para la administración.

De acuerdo con cifras del CEN, el 52% de las obras de expansión de la transmisión en ejecución presentan algún nivel de retraso, cifra que mejoró respecto de años anteriores debido a la Ley N° 21.721 y a otras medidas que abor-aron ciertos obstáculos en torno al desarrollo de dichas obras.

Por otra parte, el marco regulatorio de la distribución (que data en lo sustantivo de 1982) fue diseñado para una red unidireccional y clientes pasivos. Hoy requerimos modernizar el segmento para incorporar redes bidireccionales activas capaces de integrar generación distribuida y almacenamiento local, además de implementar tarifas flexibles y propiciar la digitalización de la red.

Las tarifas finales que pagamos los chilenos reflejan, además, medidas complejas del pasado (como el congelamiento tarifario ante el estallido social de 2019 y la pandemia), que generaron una deuda de USD 6.500 millones con las empresas suministradoras de clientes regulados. A esto se suman los efectos de los retrasos en los procesos tarifarios de la transmisión y la distribución, que conllevan costosas reliquidaciones.

La normalización de tarifas en 2024 provocó alzas relevantes para los usuarios, cuyos efectos se verán hasta 2035. Lo ocurrido ha generado aprendizaje: las medidas de congelamiento de precios introducen enormes distorsiones

y parece ser más costosas en el mediano y largo plazo. Esto junto a procesos tarifarios ineficaces aumentan la desconfianza ciudadana, la opacidad de las cuentas eléctricas y siembra dudas sobre los beneficios de la transición.

Hacia una Regulación flexible y en constante adaptación

Chile puede liderar la transición energética en la región como un modelo de descarbonización costo-eficiente. La transición se juega en el plano operativo, regulatorio e institucional.

Es indispensable dotar a la CNE de mayor autonomía y capacidades técnicas, transformándola en un organismo independiente de los ciclos políticos. También se requiere flexibilizar los procesos regulatorios, introducir evaluaciones ex ante y ex post, además de transitar de una fiscalización punitiva a una focalizada en el cumplimiento.

Respecto del operador del sistema, es recomendable mejorar su gobernanza, sus modelos predictivos y la trazabilidad de sus decisiones operativas. Asimismo, urge minimizar la fragmentación de la planificación estratégica, y contar con un único instrumento que permita la continuidad de los esfuerzos públicos y privados y la rendición de cuentas respecto de las metas que nos hemos propuesto.

En el plano regulatorio, se debe eficientar la adaptación de las redes, implementar señales tarifarias para trasladar los beneficios de las

ERNC a los usuarios, transitar del mercado mayorista de costos auditados a uno de ofertas y revisar críticamente el mercado de potencia, en busca de un diseño que remunere efectivamente la suficiencia que requiere el sistema. Y si de seguridad se trata, debemos considerar ésta no se alcanza sólo con estándares mínimos, sino que probablemente requerirá la prestación de nuevos servicios, los que debieran asignarse por mecanismos de mercado que aseguren eficiencia.

Chile no está sólo en los desafíos descritos en este artículo; todos los países, en mayor o menor medida, experimentan o serán parte de este proceso. La transformación tecnológica es irreversible; sólo nos queda responder al desafío de la manera más robusta posible y para ello es fundamental estrechar los espacios de colaboración que promuevan el aprendizaje conjunto, el intercambio de información y experiencias en los diversos aspectos involucrados en este complejo y a la vez fascinante proceso.

Referencias

Agencia Internacional de Energía (2026), Chile 2050 Energy Transition Roadmap

Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento AG. (2025). Visión Estratégica 2026-2030: Electrificación profunda con energías renovables y almacenamiento para el desarrollo de Chile.

Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento AG. (2026, Julio). Boletín Mensual de Estadísticas - Julio 2026.

Banco Central de Chile (Junio 2026). Informe de Política Monetaria Junio.

Coordinador Eléctrico Nacional. (2026, Mayo). Reporte Energético del SEN: Cifras de Abril 2026.

Coordinador Eléctrico Nacional. (2026, Julio). Informe Mensual Julio 2026.

DigSILENT GmbH (2021) Estudio de Requerimientos Mínimos de Seguridad y Calidad para el SEN elaborado para el Coordinador Eléctrico Nacional.

Generadoras de Chile. (2026, Mayo). Boletín de Generadoras de Chile: Destacados SEN y Capacidad de Almacenamiento. Gerencia de Estudios.

Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI) (2024) Medidas y tecnologías para preservar la estabilidad del Sistema Eléctrico Nacional en el contexto de la descarbonización

Ministerio de Energía de Chile (julio, 2026), Reporte de proyectos en Construcción e Inversión en el Sector Energía.

Ministerio de Energía (2022), Política Energética Nacional.

Normas citadas

D.F.L. 4 Fija Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del Decreto con Fuerza de Ley N° 1, de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, en Materia de Energía Eléctrica
Anexo Técnico de Exigencias Mínimas de Instalaciones Basadas en Convertidores que se conectan al Sistema Eléctrico Nacional, de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio

La energía *por sí sola* no es suficiente: necesitamos flexibilidad

América Latina y el Caribe avanza hacia una matriz eléctrica cada vez más renovable, superando grandes retos que las tecnologías van resolviendo paso a paso. Sin embargo, generar energía limpia ya no es suficiente. El nuevo desafío consiste en gestionarla de forma inteligente y más eficiente en el tiempo, integrando almacenamiento, flexibilidad y demanda para construir sistemas eléctricos resilientes.

Una transición que plantea una nueva pregunta

Durante años, la conversación sobre transición energética justa se concentró principalmente en una pregunta: ¿cómo generar más energía a partir de fuentes renovables?

Esa pregunta sigue siendo importante, incluso, la implementación de generación diversificada en los países de Latinoamérica cada vez cobra más relevancia y especial atención por las autoridades, pero ya no es suficiente.

América Latina y el Caribe poseen condiciones extraordinarias para la generación renovable y han avanzado significativamente en su incorporación. En diciembre de 2025, aproximadamente el 65 % de la generación eléctrica regional provino de fuentes renovables. Sin embargo, durante ese mismo período, el gas natural representó el 22,8 % de la generación y mantuvo un papel relevante como fuente de respaldo por su flexibilidad operativa.

Esta realidad plantea una paradoja de la transición energética: podemos disponer de abun-

dantes recursos renovables y, al mismo tiempo, necesitar otras fuentes para garantizar que la energía esté disponible exactamente cuando el sistema la requiere.

Ya no debemos preguntarnos únicamente cuánta energía limpia somos capaces de generar, sino también qué capacidad tenemos para gestionarla de forma inteligente y más eficiente en el tiempo. Ahí es donde comienza la discusión sobre flexibilidad.

Un sistema eléctrico flexible es capaz de responder a las variaciones de la generación y la demanda manteniendo su equilibrio, confiabilidad y seguridad. Y esta capacidad adquiere una importancia creciente conforme aumenta la participación de fuentes variables como la solar fotovoltaica y la eólica.

IRENA estima que, para 2030, el sistema eléctrico mundial requerirá aproximadamente tres veces la flexibilidad diaria que necesitaba en 2019 para gestionar eficientemente la variabilidad de la demanda y de la generación solar y eólica.

Esto significa que instalar más generación renovable constituye solamente una parte del desafío. La transición energética también exige redes más robustas, almacenamiento, interconexiones, gestión inteligente de la demanda, digitalización y nuevas formas de participación de los usuarios.

Del respaldo a la gestión de la energía

Durante muchos años, hablar de baterías en los



sistemas eléctricos significaba hablar principalmente de respaldo. La pregunta habitual era sencilla: ¿cuántas horas puede mantener funcionando una instalación si falla la red?

Esa visión está cambiando. La batería continúa siendo una extraordinaria herramienta de respaldo, pero su verdadero potencial dentro de la transición energética es mucho mayor. Hoy puede almacenar excedentes renovables, desplazar energía entre diferentes horas del día, reducir picos de demanda, facilitar el autoconsumo, aportar servicios de estabilidad y aumentar la resiliencia de instalaciones críticas, es decir, se convierte en uno de los elementos fundamentales para la gestión inteligente y más eficiente del recurso.

La Agencia Internacional de Energía señala que el almacenamiento mediante baterías resulta particularmente adecuado para proporcionar flexibilidad durante períodos continuos de entre una y ocho horas. Su velocidad de respuesta, además, permite contribuir a la estabilidad de las redes eléctricas en cuestión de segundos.

Una batería no genera energía; genera algo que será cada vez más valioso para nuestros sistemas eléctricos: capacidad de decisión sobre el tiempo. Permite decidir cuándo utilizar la energía que ya hemos producido. Y esa capacidad modifica profundamente el paradigma energético.

Históricamente, la flexibilidad de los sistemas eléctricos se ha construido principalmente desde grandes centrales capaces de incrementar o reducir su generación según las necesidades de la red.

Sin embargo, la expansión de la generación distribuida, el almacenamiento, las redes inteligentes y la electrificación de nuevos consumos permite comenzar a construir flexibilidad también desde el lado del usuario.

Una vivienda con generación fotovoltaica y almacenamiento; una empresa capaz de desplazar determinados consumos; un comercio que gestiona sus picos de demanda; una microrred; o una flota de vehículos eléctricos cuya recarga responde a señales horarias pueden dejar de comportarse únicamente como cargas pasivas.

OLACDE estimaba en 2025 una capacidad regional de almacenamiento cercana a 2,5 GW, incluyendo aproximadamente 1,5 GW de sistemas de almacenamiento mediante baterías (BESS) y 1 GW de almacenamiento por bombeo hidroeléctrico. Países como Chile, Brasil y México se encuentran entre quienes avanzan en su incorporación, mientras otras economías todavía enfrentan barreras regulatorias y financieras.

La heterogeneidad de nuestros sistemas eléctricos obliga a evitar soluciones únicas. La flexibilidad que necesita un gran sistema interconectado no necesariamente será idéntica a la requerida por una pequeña red, como una isla, una comunidad rural, una industria o un sistema eléctrico centroamericano. Debemos pensar que, aun siendo una región con similares necesidades, cada país debe enfocar la solución basado en prioridades de atención energética por sus crecimientos, tanto en demanda como en dinámicas económicas, operativas y el mismo desarrollo de país.

Precisamente por ello, la generación distribuida y el almacenamiento abren una oportunidad: descentralizar también parte de la capacidad de respuesta del sistema eléctrico.

Almacenar para cerrar el ciclo

Esta transformación adquiere todavía mayor relevancia cuando observamos el avance de la electrificación. Electrificar transporte, procesos industriales, climatización y otros usos tradicionalmente dependientes de combustibles fósiles incrementará la demanda de electricidad. Pero una electrificación verdaderamente sostenible requiere preguntarnos también de dónde proviene esa nueva electricidad y en qué momento se consume.

El vehículo eléctrico constituye un buen ejemplo. Electrificar el transporte reduce su dependencia directa de combustibles fósiles, pero el beneficio ambiental y energético puede fortalecerse si la recarga se articula con generación renovable y mecanismos de gestión energética.

Aquí surge el concepto de Cierre del Ciclo Sostenible de Carga: generar electricidad renovable de manera distribuida, almacenarla cuando sea necesario y utilizarla posteriormente para atender nuevos consumos eléctricos, entre ellos la movilidad.

La energía solar producida durante las horas de mayor irradiación no tiene necesariamente que consumirse en ese mismo instante. El almacenamiento crea un puente temporal entre generación y demanda. Este principio parece sencillo, pero transforma la lógica del sistema. El usuario no solo cuestiona cuánta energía genera, sino que empieza a evaluar cuándo la genera, consume, almacena y en qué momento resulta más conveniente utilizarla. De este modo, el sistema alcanza una mayor eficiencia y potencia el desarrollo del ecosistema sostenible en su conjunto.





El desafío no es solamente tecnológico

Las tecnologías necesarias para avanzar ya existen y continúan evolucionando. El verdadero desafío regional será crear las condiciones para utilizarlas de manera eficiente y económicamente sostenible. La Agencia Internacional de Energía estima que, para acompañar el objetivo global de triplicar la capacidad renovable hacia 2030 manteniendo la seguridad eléctrica, la capacidad mundial de almacenamiento debería multiplicarse por seis hasta alcanzar aproximadamente 1.500 GW.

No obstante, la mera instalación de sistemas de almacenamiento de energía no es suficiente para resolver este desafío. El proceso exige una planificación rigurosa, la identificación precisa de necesidades y un análisis técnico-económico que sustente las inversiones en cada sector de aplicación.

Asimismo, resulta imprescindible contar con señales económicas que reconozcan el valor de la flexibilidad. Desde El Salvador, se ha constatado una integración creciente de estas soluciones en los últimos años, impulsada tanto por el requerimiento de respaldo frente a interrupciones como por la búsqueda de una gestión energética de mayor eficiencia.

En este contexto, los países de la región deben

consolidar marcos regulatorios que establezcan las condiciones de participación del almacenamiento y de los recursos energéticos distribuidos en el mercado eléctrico. De manera prioritaria, se debe promover el desarrollo de capacidades técnicas locales mediante el fortalecimiento del personal a cargo de la ejecución de proyectos y la capacitación de los tomadores de decisiones, proveyéndolos del fundamento teórico indispensable para implementar soluciones efectivas. Finalmente, este proceso de transición energética debe articularse bajo un enfoque equitativo que evite profundizar las brechas de desigualdad existentes.

La flexibilidad no debería convertirse en un privilegio disponible exclusivamente para quienes pueden adquirir tecnología. Debe incorporarse progresivamente a la planificación energética como una herramienta para mejorar resiliencia, seguridad, competitividad y acceso. Este punto es especialmente importante en América Latina y el Caribe, donde conviven grandes sistemas eléctricos, territorios aislados, comunidades vulnerables, industrias altamente intensivas en energía y países con niveles muy diferentes de desarrollo regulatorio.

La transición energética regional requerirá tecnología, pero también instituciones capaces de evolucionar a la misma velocidad que esa tecnología. Durante la primera etapa de la transición energética hemos aprendido a producir electricidad renovable de manera cada vez más competitiva. La siguiente etapa, que ya estamos viviendo es aprender a gestionarla de forma inteligente y más eficiente.

El almacenamiento energético representa una de las herramientas más importantes para conseguirlo, pero debe comprenderse como parte de un ecosistema más amplio de flexibilidad que incluye generación distribuida, gestión de demanda, digitalización, redes inteligentes, interconexiones y electrificación.

El objetivo no debe ser instalar baterías simplemente porque la tecnología está disponible. El objetivo debe ser construir sistemas eléctricos capaces de responder de manera inteligente a una realidad energética mucho más dinámica, descentralizada y electrificada.

Para América Latina y el Caribe, esto representa

una oportunidad extraordinaria. Nuestra riqueza renovable puede convertirse en una ventaja aún mayor si somos capaces de administrar no solamente cuánto generamos, sino también cuándo utilizamos esa energía y para qué la utilizamos.

Porque el futuro energético de nuestra región no dependerá únicamente de cuántos megavatios renovables logremos instalar. Dependerá de nuestra capacidad para convertir esos megavatios en energía disponible en el momento adecuado, en el lugar adecuado y para quienes más la necesitan.

La energía renovable nos proporciona el recurso. La flexibilidad nos permitirá decidir qué hacemos con él.

Referencias

- International Energy Agency. (2024). Batteries and secure energy transitions. IEA. <https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions>
- International Energy Agency. (2024). Batteries and secure energy transitions: Executive summary. IEA. <https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions/executive-summary>
- International Renewable Energy Agency. (2026). Flexibility for a secure and affordable power sector transformation. IRENA. <https://www.irena.org/Publications/2026/Jan/Flexibility-for-a-secure-and-affordable-power-sector-transformation>
- Organización Latinoamericana de Energía. (2025, julio). Almacenamiento de energía: Un elemento fundamental en la transición energética de América Latina y el Caribe. OLACDE. <https://www.olade.org/en/editoriales/july-2025-energy-storage-a-fundamental-element-in-the-energy-transition-of-latin-america-and-the-caribbean/>
- Organización Latinoamericana de Energía. (2026). Electricity generation in Latin America and the Caribbean: Report No. 12. OLACDE. <https://www.olade.org/en/publicaciones/april-2026-report-no-12-electricity-generation-in-latin-america-and-the-caribbean/>

"Impulsamos la energía del futuro, **avanzamos en una mayor electrificación y promovemos la equidad en sector.** Compromisos que desde OLACDE impulsamos para transformar nuestra región"

Riego alimentado con energía fotovoltaica para mejorar la productividad agrícola de subsistencia en comunidades rurales de Guatemala

INTRODUCCIÓN

La agricultura de subsistencia en Guatemala presenta una alta dependencia al sistema de lluvias estacional. Esta condición frena la continuidad de la producción agrícola durante los períodos secos y aumenta la exposición de los pequeños productores a pérdidas de sus cultivos (Allen et al, 2006). En la Aldea La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa, la disponibilidad de agua constituye, una condición importante para mantener la producción agrícola y reducir vulnerabilidad de las familias que dependen de ella. El riego representa una alternativa para disminuir esta dependencia y sostener la seguridad alimentaria de la población, sin acceso a hortalizas cotidianas. La Política Nacional de Riego 2024-2033 plantea aprovechar y almacenar agua durante la época lluviosa para utilizarla durante la época seca, con el propósito de incrementar la producción y los ciclos productivos (MAGA, 2024) y así ampliar el acceso a las tecnologías de riego, con énfasis en pequeños productores y productores por subsistencia.

El acceso a energía constituye otra condición que debe considerarse en estas áreas rurales, alejadas de centros urbanos. El Ministerio de Energía y Minas estimó para 2025 que el 91.74 % de la población tenía acceso al suministro eléctrico, mientras persisten comunidades que requieren proyectos de electrificación (MEM, 2025). En estos lugares, el uso de bombas convencionales puede representar una limitación para implementar sistemas de riego. Especialmente en la época de verano, de noviembre a abril, ya que en Guatemala representa el 50 % del año, rompiendo ciclos productivos para algunos cultivos,

específicamente de subsistencia.

El bombeo mediante energía fotovoltaica ofrece una alternativa para sistemas de riego descentralizados. IRENA señala que el bombeo solar puede proporcionar energía para servicios de riego y contribuir a vulnerabilidad frente a cambios en los patrones de lluvia, además de disminuir gastos relacionados con el consumo de combustibles en determinadas condiciones (IRENA, 2016). La propuesta del proyecto piloto, en la Aldea la Candelaria, se relaciona directamente al alcance del Objetivo de Desarrollo Sostenible 2, particularmente con las metas orientadas a aumentar la productividad de los pequeños productores y promover prácticas agrícolas sostenibles y resilientes frente a sequías y otros eventos climáticos (Naciones Unidas, 2026) y la meta “Hambre cero”, disminuyendo la situación vulnerable de los índices de desnutrición que impera en el país.

OBJETIVO

Proponer sistema solar básico para mejorar la productividad agrícola de subsistencia en una comunidad de Guatemala.

METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL SISTEMA

Área de aplicación

El proyecto piloto propuesto, para la aldea La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala, contempla el análisis de las condiciones de producción agrícola, disponibilidad de agua, acceso a energía eléctrica y posibilidades económicas de los pe-



queños productores. El área de riego proyectada, 4 manzanas de terreno rural, para la siembra de maíz, sandía, ajonjolí y pasto para ganado (1 manzana equivale aproximadamente a 7,000 m²).

Con respecto a la evaluación económica, se considera una bomba de aproximadamente 2 HP. Su consumo estimado es de 1.5 kW; operando seis horas diarias, representa aproximadamente 9 kWh por día y 270 kWh mensuales. Con los valores tarifarios considerados en la propuesta original, esto equivale aproximadamente a Q405 mensuales con una tarifa de Q1.50/kWh y Q594 con una tarifa de Q2.20/kWh. Estos valores deberán validarse con las tarifas vigentes y la modalidad de servicio correspondiente al sitio piloto.

Componentes del sistema

El sistema estará integrado por un arreglo de paneles fotovoltaicos, un controlador o equipo de regulación, una bomba sumergible, un tanque de almacenamiento (opcional) y un sistema de riego por goteo (depende del tipo y requerimiento hídrico del cultivo).

La potencia del arreglo fotovoltaico y la capacidad de la bomba no se establecerán de manera fija, sino que debe determinarse a partir de la demanda hídrica, el caudal requerido, la altura dinámica total, la eficiencia del sistema y las condiciones de radiación solar de cada sitio en estudio.

El tanque de almacenamiento puede ser un componente complementario que puede facilitar la disponibilidad de agua y su distribución hacia los cultivos. El riego por goteo permite aplicar el

agua de manera controlada en la zona radicular del cultivo y disminuir pérdidas asociadas a una distribución poco eficiente. Este sistema de riego se elige según el tipo de cultivo y requerimientos hídricos.

Dimensionamiento

El dimensionamiento se inicia con la determinación de la demanda hídrica del cultivo. La evapotranspiración del cultivo se estima mediante:

$$ET_c = ETo \times Kc$$

donde ET_c corresponde a la evapotranspiración del cultivo, ETo a la evapotranspiración de referencia y Kc al coeficiente del cultivo. Esta relación es utilizada en la metodología de FAO para estimar las necesidades de agua de los cultivos (Allen et al., 2006).

A partir de la demanda de agua se determina, el caudal requerido y las horas de operación. Posteriormente se calcula la potencia hidráulica requerida:

$$Ph = \rho \times g \times Q \times H$$

donde ρ representa la densidad del agua, g la aceleración de la gravedad, Q el caudal y H la altura dinámica total.

La potencia eléctrica depende de la eficiencia del conjunto bomba-motor. Con estos resultados se determina la potencia instalada, el número y capacidad de los paneles, las características de la bomba, las tuberías y, cuando corresponda, el

volumen del tanque. Para el caso de la Aldea la Candelaria se utilizaron 4 paneles sobre una estructura sencilla de metal galvanizado, recubierto con una capa de zinc para prevenir la oxidación y alargar su vida útil, ya que el proyecto está a 200 metros de distancia de la línea de costa del Pacífico guatemalteco.

La altura dinámica total debe tomar en cuenta el nivel estático del agua, el abatimiento, la elevación hasta el punto de riego, las pérdidas por fricción y las pérdidas asociadas a filtros y rociadores.

Evaluación económica

La evaluación económica analiza los costos de inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento. Entre los costos directos se incluyen paneles fotovoltaicos, bomba, inversor o equipo de control, tuberías, tanque (no fue considerado en el piloto), sistema de riego por goteo (no considerado en el piloto) y mano de obra. Los costos indirectos incluirán diseño, transporte, supervisión e imprevistos. También se compara el costo energético del arreglo fotovoltaico con el costo estimado de operar una bomba mediante electricidad convencional o combustible. Esta comparación permite estimar el período de recuperación de la inversión y establecer las condiciones económicas bajo las cuales la alternativa fotovoltaica resulta favorable.

RESULTADOS ESPERADOS

La implementación del sistema permite disponer de agua para riego durante la época de sequía y reducir la dependencia directa de las lluvias. El

resultado técnico óptimo consiste en contar con un sistema de bombeo dimensionado de acuerdo con la demanda hídrica del cultivo y las condiciones hidráulicas del sitio, lo cual contribuye significativamente a la adaptación y resiliencia de las comunidades a través de metros de profundidad, con un nivel freático localizado a seis metros y una lámina de agua disponible de aproximadamente tres metros.

Esta infraestructura permite mitigar las pérdidas ocasionadas por las sequías y favorece la estabilidad de los ciclos agrícolas, ya que la disponibilidad de un suministro hídrico controlado preserva el área cultivada durante periodos que tradicionalmente dependen del régimen de lluvias. Como se aprecia en el anexo fotográfico, la unidad piloto proporciona el recurso de forma continua e inmediata a través de una tubería de dos pulgadas.

Desde la perspectiva económica, el sistema reduce los costos operativos asociados al bombeo de agua, en particular cuando las alternativas implican tarifas elevadas del servicio público o el uso de combustibles fósiles. La evaluación financiera contempla el costo de capital inicial, los gastos de mantenimiento, el ahorro energético generado y el periodo de retorno de la inversión.

El proyecto piloto permite evaluar la factibilidad de utilizar sistemas fotovoltaicos de pequeña escala como una gran alternativa para el riego, en las comunidades rurales, con limitaciones severas de infraestructura energética. Los resultados del proyecto piloto pueden servir como referencia para adaptar la solución a otras comunidades con condiciones similares.

CONCLUSIONES

La dependencia del sistema de lluvias estacional conforma una limitante para la estabilidad de la agricultura de subsistencia. La incorporación de riego puede disminuir esta dependencia y contribuir a mantener la producción durante la época seca, en concordancia con los objetivos de la Política Nacional de Riego 2024-2033.

El bombeo mediante energía fotovoltaica aporta una alternativa accesible que puede ser técnicamente adecuada para comunidades rurales, donde el acceso a la red eléctrica es limitado o donde los costos del bombeo representan excedentes a

las posibilidades económicas de la población. Su viabilidad de un proyecto depende del dimensionamiento de la demanda hídrica, la capacidad de la fuente de agua, el caudal, la altura dinámica, la eficiencia del sistema y las condiciones de radiación solar del área de estudio.

La propuesta para la aldea La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa, muestra evidencia clara y sencilla para replicar estos sistemas y permite evaluar los aspectos técnicos, económicos y productivos del riego fotovoltaico. En una etapa posterior se debe incorporar mediciones de campo para validar y valorar la productividad y determinar todos los beneficios del sistema.

Referencias

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

International Renewable Energy Agency. (2016). Solar pumping for irrigation: Improving livelihoods and sustainability. IRENA. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2024). Política Nacional de Riego 2024–2033. Gobierno de Guatemala.

Ministerio de Energía y Minas. (2025). Informe índice de acceso a la energía eléctrica 2025. Gobierno de Guatemala. Naciones Unidas. (2026). Goal 2: Zero hunger. Department of Economic and Social Affairs.

Anexo

Fotografías de proyecto piloto desarrollado en aldea La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala.



"El creciente talento
femenino fortalece
toda la cadena
energética,
**aportando
conocimiento,
liderazgo e
innovación**
impulsando la
transformación del
sector energético"

Más allá de la *diversificación:* el camino de Jamaica hacia un futuro energético resiliente

Jamaica ha logrado avances significativos en la diversificación energética mediante el gas natural licuado (GNL), las energías renovables, el almacenamiento y las reformas regulatorias. Sin embargo, para alcanzar un futuro energético resiliente, asequible y seguro será necesario acelerar el despliegue de energías renovables, reducir las pérdidas, impulsar una electrificación estratégica, invertir en la resiliencia de la red y asegurar una planificación equilibrada del sistema.

Una visión que sigue vigente

La Política Energética Nacional de Jamaica 2009-2030 estableció una de las agendas de transformación del sector energético más ambiciosas del Caribe. La política buscó reducir la prolongada dependencia del país del petróleo importado mediante la diversificación de combustibles, el desarrollo de energías renovables, la eficiencia energética y la modernización de la infraestructura.

La visión era clara: un sector energético moderno, diversificado, eficiente y ambientalmente sostenible, capaz de proporcionar energía asequible, accesible y segura. En un comienzo, la política fijó como meta que las energías renovables aportaran el 20 % de la matriz energética nacional al 2030, a la vez que otorgaba especial importancia a la seguridad del suministro, la reforma de la gobernanza, la conservación y la competitividad industrial.

La fuerte dependencia de Jamaica del petróleo importado expuso al país a la volatilidad de los precios de los combustibles, las presiones cambiantes, las interrupciones de las cadenas de su-

ministro y la incertidumbre geopolítica. Por ello, la diversificación energética pasó a ser un componente esencial de la resiliencia nacional y la competitividad económica, más que un objetivo exclusivamente climático.

Con el tiempo, el gas natural surgió como el principal combustible de transición para la generación eléctrica, mientras el Gobierno elevó su nivel de ambición al establecer la meta de que las fuentes renovables aportaran el 50 % de la generación eléctrica al 2030.

Casi dos décadas después de la introducción de la política, Jamaica ha alcanzado avances significativos. Sin embargo, las mejoras en la participación de las energías renovables, la asequibilidad, la eficiencia operativa y la resiliencia del sistema no han progresado al ritmo necesario para cumplir las metas nacionales. Al mismo tiempo, las recientes interrupciones mundiales y la creciente severidad de los fenómenos climáticos han reafirmado una lección fundamental: las transiciones energéticas no pueden medirse únicamente por la diversificación de los combustibles utilizados para generar electricidad. Deben crear sistemas energéticos asequibles, confiables, resilientes y capaces de respaldar el desarrollo económico de largo plazo.

Avances desde 2009

El sector eléctrico de Jamaica opera bajo una estructura de mercado de comprador único. Jamaica Public Service Company Limited (JPS) actúa como transmisor, distribuidor, operador del



sistema y comercializador autorizado, mientras la generación eléctrica es suministrada tanto por JPS como por productores independientes en virtud de contratos de compraventa de energía de largo plazo.

Este marco ha respaldado importantes inversiones del sector privado y facilitado la reducción de la dependencia histórica, casi total, del país de los combustibles líquidos derivados del petróleo. La incorporación del gas natural licuado (GNL) representó un hito importante en el proceso de diversificación, al reducir las emisiones y el consumo térmico específico respecto de la generación a petróleo.

El GNL también ha posibilitado oportunidades de autogeneración en sectores intensivos en energía, particularmente el turismo y la manufactura. Si bien estos avances han ampliado las alternativas energéticas de los grandes consumidores, el crecimiento de los esquemas de autoabastecimiento pone de relieve la necesidad de equilibrar cuidadosamente la libertad de elección de los clientes con la sostenibilidad financiera de largo plazo de la red nacional.

También se ha expandido el despliegue de energías renovables. Se han desarrollado aproximadamente 155 MW de capacidad eólica y solar a gran escala, mientras que las energías renovables aportan actualmente cerca del 12 % de la generación eléctrica en términos de energía. Aunque esto representa un avance significativo respecto de 2009, el país continúa muy por debajo de su objetivo para 2030.

Los avances no se han limitado a la generación. En 2019, JPS puso en servicio una instalación híbrida de almacenamiento de energía de 24,5 MW, que combina tecnologías de volante de inercia y baterías de iones de litio. La instalación ha demostrado la importancia del almacenamiento para apoyar la regulación de frecuencia, responder con rapidez a las fluctuaciones de la generación renovable y mejorar la estabilidad general de la red.

La participación de los clientes en la transición energética también ha aumentado mediante la generación renovable distribuida. En el marco del Programa de Facturación Neta, los hogares y las empresas pueden generar electricidad para autoconsumo e inyectar a la red sus excedentes. A julio de 2026, se habían otorgado más de 1.300 licencias en el marco del programa, que representan aproximadamente 28 MW de capacidad instalada.

Las iniciativas de electrificación también han cobrado impulso. La adopción de vehículos eléctricos continúa creciendo, respaldada por la expansión de la infraestructura de carga y los incentivos de política pública. El surgimiento de la movilidad eléctrica representa una oportunidad importante para reducir el consumo de petróleo y, al mismo tiempo, aumentar la demanda productiva de electricidad en la red nacional.

En el plano institucional, el sector se ha beneficiado de importantes reformas regulatorias, entre ellas la aplicación de la Ley de Electricidad de 2015 y el desarrollo de la planificación integrada de recursos. El Plan Integrado de Recursos (PIR)

de Jamaica proporciona un marco de largo plazo para la expansión de la generación y establece un enfoque estructurado para equilibrar los objetivos de confiabilidad, asequibilidad y sostenibilidad. En conjunto, estos avances han creado una base importante para la próxima fase de transformación del sector energético de Jamaica.

La brecha de desempeño pendiente

Pese a los avances sustantivos, la brecha entre el desempeño actual y los objetivos declarados de política sigue siendo considerable.

El Plan Integrado de Recursos identifica la necesidad de incorporar aproximadamente 750 MW adicionales de generación renovable y 264 MW de capacidad de almacenamiento de energía para alcanzar la meta nacional de un 50 % de energía renovable al 2030. Sin embargo, el desarrollo y la contratación de proyectos han avanzado más lentamente de lo previsto.

Aunque el Gobierno otorgó licencias para 100 MW de generación renovable tras un proceso competitivo en 2025, esto representa solo una pequeña parte de la capacidad requerida. Las rondas adicionales de contratación de generación renovable y almacenamiento, junto con los proyectos de generación de reemplazo identificados en el PIR, siguen sujetas a incertidumbre en cuanto a sus plazos e implementación.

Estas demoras han generado preocupación entre inversionistas y desarrolladores que buscan mayor claridad sobre futuras oportunidades de

contratación y cronogramas de proyectos. Acelerar el despliegue exigirá una acción coordinada en múltiples ámbitos, entre ellos la contratación, el financiamiento, las aprobaciones ambientales, la planificación de la transmisión, los procesos de interconexión y la ejecución de las obras.

El desafío va más allá del despliegue de energías renovables. La asequibilidad sigue siendo uno de los obstáculos más importantes para alcanzar los objetivos más amplios de la transición energética.

Las pérdidas del sistema, cercanas al 27 %, de las cuales se estima que un 80 % se debe al robo de electricidad y a conexiones no autorizadas, continúan imponiendo costos sustanciales a los clientes y al conjunto de la economía. Las elevadas pérdidas aumentan la cantidad de electricidad que debe generarse, comprarse y financiarse, lo que menoscaba la asequibilidad y reduce la eficiencia global del sistema.

El impacto se extiende mucho más allá del propio sector eléctrico. Los altos costos de la energía desalientan la inversión en industrias emergentes que dependen de una electricidad confiable y a precios competitivos, entre ellas los servicios digitales, la manufactura avanzada, la logística y las operaciones de centros de datos.

Por tanto, la reducción de pérdidas debe considerarse no solo un objetivo de la empresa eléctrica, sino una prioridad económica nacional. Alcanzar la meta gubernamental de reducirlas al 12,3 % para 2035 requerirá una colaboración sostenida entre el Gobierno, los organismos reguladores, las

empresas eléctricas, las fuerzas de seguridad, las comunidades y los consumidores.

En última instancia, el éxito de la transición energética de Jamaica no debería medirse únicamente por los megavatios instalados. Los indicadores más pertinentes son la asequibilidad, la confiabilidad, la eficiencia, la seguridad del suministro y la competitividad económica.

Hacer de la resiliencia un principio central de diseño

Para los pequeños Estados insulares en desarrollo, la resiliencia debe convertirse en un criterio central de la planificación de la transición energética.

Una transición eficaz crea un sistema capaz no solo de reducir emisiones, sino también de absorber impactos, restablecer el servicio con rapidez y adaptarse a condiciones cambiantes. La resiliencia no puede tratarse como un resultado posterior al despliegue de energías renovables; debe incorporarse desde el inicio a la planificación, las normas de ingeniería, las decisiones de inversión y las prácticas operativas.

Los recientes efectos de los huracanes han puesto de manifiesto la vulnerabilidad de la infraestructura energética en todo el Caribe. Los activos de generación, las instalaciones de energías renovables, las redes de transmisión, las subestaciones, los sistemas de telecomunicaciones y las plataformas digitales de control están expuestos a amenazas climáticas cada vez más severas.

Sin embargo, fortalecer la resiliencia plantea un difícil desafío de política pública. El robustecimiento de la red, el refuerzo de la infraestructura y las inversiones en recuperación ante desastres pueden mejorar la confiabilidad, pero con frecuencia elevan los costos para los clientes. Para un país que ya enfrenta precios de la electricidad relativamente altos, es esencial lograr un equilibrio adecuado entre resiliencia y asequibilidad.

Un marco de planificación basado en riesgos puede ayudar a abordar este desafío. Las inversiones deberían priorizarse según la probabilidad y las consecuencias de una falla de infraestructura, de modo que los recursos disponibles se dirijan a los activos y las comunidades más expuestos al riesgo.

Una estrategia dual para transformar el sector energético

La próxima fase de desarrollo del sector energético de Jamaica requerirá una acción coordinada tanto por el lado de la oferta como por el de la demanda del sistema eléctrico.

Por el lado de la oferta, alcanzar los objetivos nacionales de transición energética exigirá acelerar de manera considerable la contratación y el despliegue de recursos de energía renovable y almacenamiento. Al mismo tiempo, la planificación futura del sistema debería incluir inversiones en generación térmica a gas para aportar flexibilidad operativa, mantener una capacidad de reserva adecuada, permitir una mayor integración de energías renovables y garantizar la confiabilidad y seguridad permanentes de la red eléctrica de la isla.

Igualmente importante es la labor de un grupo de trabajo nacional para impulsar iniciativas destinadas a reducir sustancialmente las pérdidas del sistema. Las pérdidas no técnicas deberían considerarse uno de los recursos energéticos más costo-efectivos de Jamaica. Cada kilovatio-hora recuperado mediante una mejor medición, una fiscalización reforzada, una mayor eficiencia operativa y la reducción del consumo no autorizado disminuye la necesidad de inversiones adicionales en generación y de importaciones de combustible, al tiempo que mejora el desempeño general del sector eléctrico.

La transformación del lado de la demanda también es crucial para alcanzar un futuro energético sostenible y resiliente. Una mayor electrificación ofrece la oportunidad de reducir el consumo directo de combustibles fósiles, estimular una demanda productiva de electricidad y mejorar la economía general del sistema eléctrico.

El sector del transporte debería seguir siendo prioritario, especialmente los segmentos de uso intensivo, como las flotas de transporte público, los vehículos gubernamentales y los operadores comerciales. La electrificación en estos ámbitos ofrece el mayor potencial de sustitución de combustibles, a la vez que genera un crecimiento estable y previsible de la demanda eléctrica. También existen oportunidades adicionales en los sectores de la edificación y la industria mediante la adopción de tecnologías de climatización más eficientes, procesos industriales y equipamiento comercial.

Sin embargo, los responsables de las políticas también deben gestionar cuidadosamente el riesgo de una creciente desvinculación de la red. Una migración masiva de clientes fuera de la red eléctrica podría trasladar costos a los consumidores restantes y menoscabar la sostenibilidad financiera necesaria para respaldar futuras inversiones en la red. Por ello, será esencial establecer un marco de políticas equilibrado que fomente los recursos energéticos distribuidos y, al mismo tiempo, preserve la viabilidad económica de la red nacional, a fin de asegurar una transición energética exitosa y equitativa.

Conclusión

La transición energética de Jamaica ha producido avances importantes en diversificación, reforma de la gobernanza, desarrollo de energías renovables y participación del sector privado. Sin embargo, la diversificación por sí sola no constituye el objetivo final.

El próximo desafío del país consiste en convertir estos logros en un sistema energético resiliente, asequible y moderno, capaz de respaldar el crecimiento económico futuro. En última instancia, el progreso debería evaluarse mediante resultados medibles: combustibles importados desplazados, pérdidas eléctricas reducidas, menores costos para los clientes, impactos de las interrupciones minimizados, servicios esenciales mantenidos y comunidades más resilientes.

Esa es la verdadera medida de una transición energética exitosa y el estándar con el que debería evaluarse el futuro energético de Jamaica.

"Electrificar
América Latina y
el Caribe significa
conectar
territorios,
capacidades
y nuevas voces
para construir
nuestro futuro
energético"

Energía para todos, *decidida entre todos:* inclusión, equidad y participación en el acceso energético

Más allá del kilovatio

Durante décadas, hablar de “acceso a la energía” fue hablar de infraestructura: líneas de transmisión, postes eléctricos, medidores. Esa mirada, aunque necesaria, hoy resulta insuficiente. Que un hogar esté conectado no garantiza que la energía sea asequible, confiable y suficiente para usos productivos, ni que la familia o usuario final haya tenido voz en cómo se planificó el sistema que la abastece. El acceso pleno es condición para ejercer otros derechos como la salud, educación, trabajo digno, seguridad, no un fin en sí mismo.

Por eso conviene distinguir tres conceptos que suelen mencionarse juntos: inclusión, equidad y participación. La inclusión se pregunta quién queda dentro y quién queda fuera del sistema; la equidad, cómo se reparten los costos y los beneficios entre quienes ya están dentro; la participación, quién decide. Un sistema puede ampliar la cobertura y, a la vez, reproducir injusticias en las tarifas o dejar a comunidades enteras fuera de las decisiones. Los tres ejes deben avanzar juntos.

Estos tres ejes suelen englobarse bajo la transición energética justa: la CEPAL, por ejemplo, pide que la transición incorpore participación ciudadana, respete los derechos de las comunidades locales e indígenas e integre el enfoque de género en todas sus fases (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2025). Aquí prefiero tratarlos por separado, porque solo así se ven las tensiones que surgen entre ellos.

Inclusión: cerrar la brecha de quienes

siguen fuera

La inclusión energética empieza por reconocer la pobreza energética, un fenómeno multidimensional que va mucho más allá de tener o no tener conexión. Ocurre cuando acceder a la energía necesaria para una vida digna obliga a renunciar a algo, o simplemente no es posible. Esta privación silenciosa, casi nunca figura en las estadísticas de cobertura, y ahí se esconde buena parte de la exclusión real.

En nuestro contexto, la brecha tiene rostros concretos: comunidades rurales dispersas y de difícil topografía, barrios suburbanos con altos niveles de conexiones informales, hogares monoparentales encabezados por mujeres, y usuarios cuya capacidad de pago es tan baja que ningún esquema comercial convencional los alcanza.

La República Dominicana ilustra con nitidez esta distancia entre conexión y acceso pleno. La cobertura eléctrica supera hoy el 98%: apenas 64.144 hogares —el 1,72% de la población, concentrados en zonas rurales— permanecen sin conexión a la red, y el Estado se ha propuesto alcanzar el 99,5% para 2030 (Araujo, 2025). Pero esa cobertura casi universal convive con dos señales de que el acceso dista de ser equitativo. La primera son las pérdidas y la segunda es la asequibilidad: más de 543.000 familias dependen del subsidio focalizado Bonoluz para costear un consumo de hasta 100 kWh mensuales (MEM, 2024). La conexión está casi resuelta; la equidad y la sostenibilidad del reparto, no: tener un medidor no equivale a tener acceso.



El género merece atención propia. La falta de energía moderna golpea con más fuerza a las mujeres, que asumen las tareas de cuidado y las labores domésticas más intensivas en tiempo y energía; y persisten desigualdades en su participación económica y política dentro del sector (Dialogue Earth, 2025). De ahí un cambio de enfoque que gana fuerza: dejar de verlas como un grupo a incluir y reconocerlas como actrices importantes de la transición.

Cerrar esta brecha exige combinar herramientas. La extensión de red seguirá siendo clave donde sea viable, pero la generación distribuida, los sistemas aislados y las minirredes llegan más rápido y más barato adonde la red convencional tardaría años. Aun así, la tecnología es solo la mitad de la respuesta; la otra es el diseño institucional que la sostiene.

Equidad: repartir con justicia los costos y los beneficios

Ampliar el acceso no basta si el sistema reparte de forma injusta lo que cuesta y lo que produce. La equidad tiene dos caras: la distributiva —cómo se asignan cargas y beneficios— y la procedimental —si las reglas del juego se construyeron de manera justa.

El caso de los subsidios ilustra bien la tensión. Cerca del 74% de los países de la región tiene algún mecanismo de subsidio al consumo, pero muchos no están bien orientados a la población vulnerable, de modo que alivian de forma temporal sin corregir la raíz del problema (Redalyc, 2023). La equidad exige lo contrario: focalización inteligente y ta-

rifas sociales bien diseñadas, un instrumento con larga trayectoria regional (OLADE / Canese, 2013).

La transición energética añade una capa menos evidente. La generación solar en techos, con medición neta, beneficia primero a quienes tienen capital para invertir: hogares y empresas de mayores ingresos. Si esos usuarios reducen su aporte a los costos fijos de la red, pero la siguen usando como respaldo, esos costos se trasladan a quienes no pudieron invertir —los de menores recursos. Es el problema del traslado de costos: no un argumento contra la energía distribuida, que es necesaria, sino una advertencia de que, sin buen diseño regulatorio, la transición puede ampliar las desigualdades que dice combatir.

De ahí el concepto de transición justa. Descarbonizar no es solo cambiar la matriz de generación: es lograr que los beneficios —empleos, aire más limpio, precios estables— alcancen también a las comunidades rezagadas, y que las cargas no recaigan sobre quienes menos pueden absorberlas (Oxfam, 2025). Es, además, un proceso políticamente frágil: en Argentina, un marco que en 2021 definía la inclusión como acceso universal y equitativo quedó reducido pocos años después a una simple meta de emisiones (Oxfam, 2025). La equidad, si no se institucionaliza, se revierte.

Participación: de consumidores pasivos a agentes activos

El tercer eje transforma el rol del ciudadano. Durante mucho tiempo el usuario fue un receptor pasivo: pagaba y consumía lo que le llegaba. El

nuevo paradigma lo convierte en agente activo, y esa agencia opera en dos planos.

El primero es la participación en el sistema: el prosumidor que genera su propia energía, las comunidades energéticas que producen y comparten electricidad, las cooperativas, el autoconsumo colectivo. Estos modelos democratizan la generación, retienen valor económico en el territorio y crean pertenencia sobre la infraestructura. La República Dominicana ya tiene ejemplos vivos: las microhidroeléctricas comunitarias funcionan con un modelo donde los vecinos participan en cada etapa, aportan trabajo y recursos, y gestionan el sistema técnica y administrativamente (Global Voices, 2026); en Elías Piña, proyectos solares sostenidos por comités locales han abierto oportunidades económicas, sobre todo para las mujeres (Diario Digital RD, 2026).

El segundo plano es la participación en las decisiones: quién define los planes de expansión, cómo se fijan las tarifas, qué prioridades guían la inversión pública. Muchas de las decisiones que afectan la vida cotidiana no se toman en las capitales, sino en el ámbito municipal (Climate Reality, 2026), y el diálogo social —incluida la voz de los trabajadores del sector— es un eslabón esencial (ISTAS). Se ensayan incluso mecanismos deliberativos como las mini-publics, cuerpos ciudadanos elegidos al azar para deliberar sobre asuntos energéticos (Oxfam, 2025).

La participación real, sin embargo, no puede ser un trámite simbólico. Exige información accesible, tiempos adecuados, y mecanismos donde la opi-

nión ciudadana efectivamente influya en el resultado. Convocar a una comunidad después de que las decisiones ya están tomadas no es participación: es legitimación.

Las barreras que persisten

Reconocer la meta no elimina los obstáculos. Los hogares de menores ingresos chocan con la barrera del capital inicial aun cuando la inversión sea rentable a la larga; los marcos regulatorios, pensados para un modelo centralizado, tardan en acomodar comunidades energéticas, medición neta o autoconsumo colectivo; la asimetría de información deja al usuario vulnerable sin herramientas para reclamar sus derechos; y la falta de coordinación entre reguladores, planificadores, distribuidoras y organismos del sistema termina fragmentando los programas. Ninguna de estas barreras es técnica: todas son de diseño institucional.

Un camino posible

Ningún eje se resuelve por separado. Planificar con datos desagregados es el punto de partida —no se puede incluir a quien no se mide (CEPAL, 2021)—; sobre esa base, cada tarifa, incentivo o subsidio debería evaluarse por su efecto distributivo antes de aprobarse, y la participación tendría que ser parte estructural de la planificación, no un gesto ocasional. Solo así la ciudadanía se reconoce como coautora de la transición, y no como su destinataria.

Conclusión

La energía es infraestructura, sí, pero también es

un contrato social. Cómo un país decide incluir a los excluidos, repartir los costos de su transformación y abrir las decisiones dice mucho del tipo de sociedad que aspira a ser. Una transición que solo cambia la fuente de generación, pero deja intactas las desigualdades de acceso, reparto y participación, habrá cambiado exclusivamente la

tecnología. El reto es que la energía del futuro sea, a la vez, más limpia y justa. La cobertura casi universal fue el logro de una generación. La pregunta que le toca a la nuestra es otra: ¿Acceso para tener luz, o acceso para vivir mejor? De cómo la respondamos dependerá qué tan justa sea nuestra transición.

Referencias

- BID (2019). Pobreza energética en los hogares y su relación con otras vulnerabilidades en América Latina: el caso de Argentina, Brasil, Colombia, Perú y Uruguay. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Pobreza-energetica-en-los-hogares-y-su-relacion-con-otras-vulnerabilidades-en-America-Latina-el-caso-de-Argentina-Brasil-Colombia-Peru-y-Uruguay.pdf>
- CEPAL (2021). Calvo, R., Álamos, N., Billi, M., Urquiza, A. y Contreras Lisperguer, R. Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe. Serie Recursos Naturales y Desarrollo N.º 207, CEPAL / OLADE / BID. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47216-desarrollo-indicadores-pobreza-energetica-america-latina-caribe>
- Climate Reality Project América Latina (2026). La transición energética justa empieza en el barrio: América Latina se moviliza por el derecho a las energías renovables. Disponible en: <https://climaterality.lat/transicion-energetica-local-america-latina/>
- CREES (2024). Transferencias del Estado dominicano al sector eléctrico (USD 1.769,1 millones en 2024). Centro Regional de Estrategias Económicas Sostenibles, reseñado en MIRA República, Situación y retos del sistema eléctrico en República Dominicana (2025). Disponible en: <https://mirarepublica.org/?p=233>
- MEM (2024). Ministerio de Energía y Minas. Datos del subsidio focalizado Bonoluz (543.116 familias beneficiadas, enero 2024). Reseñado en Diario Libre, Déficit y pérdidas eléctricas de las EDE sigue en el 2024. Disponible en: <https://www.diariolibre.com/economia/energia/2024/05/10/deficit-y-perdidas-electricas-de-las-edesigue-en-el-2024/2716932>
- MEM / CREES (2025). Ministerio de Energía y Minas, Informe de desempeño del sector eléctrico 2024 (pérdidas totales acumuladas del 42,2%, la mayor en 15 años). Reseñado en Listín Diario. Disponible en: https://listindiario.com/la-republica/20250316/pais-registro-2024-perdida-energia-mas-grande-ultimos-15-anos_849544.html — Comparativa regional de pérdidas (10%–15%) en EHPLUS+ (2025): <https://ehplus.do/eficiencia-energetica-y-perdidas-en-el-sector-electrico-de-republica-dominicana/>
- Diario Digital RD (2026). Energía solar lleva electricidad a comunidades rurales de Elías Piña en RD. Disponible en: <https://diariodigitalrd.com/2026/06/11/energia-solar-lleva-electricidad-a-comunidades-rurales-de-elias-pina-en-rd.html>
- Dialogue Earth (2025). La transición energética debe incluir la pobreza, la justicia y el género. Disponible en: <https://dialogue.earth/es/energia/la-transicion-energetica-debe-incluir-pobreza-justicia-genero/>
- Global Voices (2026). Centrales microhidroeléctricas comunitarias revolucionan zonas aisladas de República Dominicana. Disponible en: <https://es.globalvoices.org/2026/04/01/centrales-microhidroelectricas-comunitarias-revolucionan-zonas-aisladas-de-republica-dominicana/>
- ISTAS. Transición energética justa en América Latina. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. Disponible en: <https://istas.net/transicionjustaamericalatina>
- OLADE / Canese, M. (2013). La tarifa social de la energía en América Latina y el Caribe. Organización Latinoamericana de Energía. Disponible en: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0314.pdf>
- OLADE (2026). Mujeres líderes impulsan la transición energética justa en América Latina y el Caribe (RedLACME). Disponible en: <https://www.olade.org/noticias/mujeres-lideres-impulsan-la-transicion-energetica-justa-en-america-latina-y-el-caribe/>
- Oxfam LAC (2025). Estado de las instituciones de transición energética justa en América Latina (Policy Brief). Disponible en: <https://lac.oxfam.org/estado-de-las-instituciones-de-transicion-energetica-justa-en-america-latina/>
- Redalyc (2023). Medición de la pobreza energética con enfoque multidimensional: revisión sistemática de la literatura. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/258/25876245006/html/>

Más allá de la *generación*: sostenibilidad en el sector energético

América Latina descartó 53.000 GWh renovables en 2024 por no poder aprovecharlos. El desafío ya no es sólo generar limpio, sino cerrar el desfase entre generación y consumo.

El punto ciego de la métrica

Al hablar de sostenibilidad y emisiones en el sector eléctrico, en general se pone el foco en el dato del porcentaje renovable de la matriz, pero no cuánta de esa energía efectivamente llega a usarse. Es una métrica de oferta aplicada a un problema de sistema.

Por eso es importante asociar la sostenibilidad del sector contemplando la cadena completa: la generación, la transmisión, la distribución y la comercialización. Esta distinción no es sólo conceptual. El objetivo de alcanzar cero emisiones hacia 2050 pone a prueba la cadena completa porque la generación de electricidad y calor es la mayor fuente individual de emisiones del mundo: el 33,6% del total global de gases de efecto invernadero, según datos del 2023 (World Resources Institute, 2026), lo que la convierte en un pilar central de cualquier ruta para no superar los límites definidos por el IPCC al calentamiento global.

Cabe resaltar que la transición energética está caracterizada por las “3D”: “Descarbonización”, enfrentando el reto de la integración de las energías renovables; “Digitalización”, aplicando la gestión digital de activos e información a la red; y “Descentralización”, migrando de una generación centralizada a una distribuida.

El debate público suele concentrarse en la primera. Este artículo se ocupa de las otras dos, porque son las que operan sobre el problema que sigue.

El desfase y su costo

Descarbonizar la generación es necesario pero insuficiente. La variabilidad de las fuentes renovables produce un desfase en la energía generada y demandada.

En América Latina y el Caribe, esta tensión entre generación y aprovechamiento es una pérdida medible. La región pierde cerca de USD 7.000 millones al año (OLADE, 2025) por el vertimiento de energía renovable: electricidad hidroeléctrica, eólica y solar que las centrales generan y se descarta por falta de capacidad de embalse, restricciones de red o insuficiente demanda. Según el documento técnico de la Organización Latinoamericana de Energía, en 2024 el desaprovechamiento de energía renovable en la región alcanzó unos 53.000 GWh, equivalentes al 3,2% de la generación total anual.

¿Por qué ocurre? La energía renovable fluctúa en su disponibilidad generando un desfase temporal. Adicionalmente, la generación centralizada implica coordinación del sistema de transporte para priorizar las fuentes renovables cuando están disponibles.

- Desfase temporal: el pico de generación no coincide con el pico de consumo
- Desfase espacial: se genera lejos de donde se consume. El desfase espacial no nace con las renovables, pero se vuelve determinante con ellas.



Tabla 1

El desglose: generación y consumo no coinciden.

Temporal	Espacial
Se genera cuando no se consume	Se genera lejos de donde se consume

Resumen de desfase temporal y espacial. Elaboración propia.

Cabe destacar que este señalamiento no es un argumento en contra de las tecnologías renovables. Ninguna fuente de energía es perfecta; de hecho, el objetivo de toda política energética es encontrar el equilibrio ideal para proporcionar energía de forma fiable, limpia y asequible.

Las alternativas que siguen se proponen con el objetivo de saltar estas barreras de desfase, reducir el vertimiento de energía renovable y mejorar la sustentabilidad del sistema general.

Alternativas para reducir el desfase

Soluciones relacionadas al desfase temporal

El almacenamiento de energía es una forma de guardar el excedente renovable evitando el desperdicio: mueve la energía en el tiempo. Las baterías o BESS se han convertido en una de las herramientas más versátiles para brindar flexibilidad al sistema eléctrico en el corto plazo, desplazando típicamente de 2 a 4 horas el consumo de la energía.

El hidrógeno es otra alternativa que permite al-

macenar energía durante periodos de tiempo más largos, de forma complementaria a las baterías.

Del lado de la demanda, las tarifas dinámicas son una práctica conocida, pero hasta el momento demostraron efectos reducidos, ya que los hábitos de los usuarios no son fácilmente adaptables. Un piloto tarifario de la distribuidora brasileña Energisa mostró que, aún con tarifas hasta diez veces más caras en horas pico, los consumidores residenciales apenas modificaron sus hábitos de consumo, lo que evidencia que la señal de precio por sí sola no basta sin automatización (Eixos, 2026).

Para esta limitante se puede utilizar la domótica en los hogares, de forma de reducir o eliminar el factor humano. Alemania ya lo aplica: desde 2024, su ley de industria energética (Párrafo 14a de la EnWG) obliga a conectar electrodomésticos residenciales como cargadores de auto eléctrico o bombas de calor, de forma que la distribuidora pueda reducir automáticamente su consumo ante riesgo de sobrecarga, sin depender de que el usuario reaccione voluntariamente.

En la industria, el automatismo es una solución con más de 40 años de adopción, pero enfrenta



desafíos operacionales que limitan su flexibilidad frente a tarifas dinámicas o picos de oferta energética. Ante esto surge una alternativa aún incipiente: los robots humanoides. Un ejemplo de lo anterior se observa en empresas que operan en uno o dos turnos, concentrando sus procesos de mayor consumo energético sin considerar los periodos de mayor disponibilidad o menor costo del recurso. Desplazar dichas actividades a otros horarios implicaría habilitar un turno adicional o reorganizar la plantilla laboral de forma dinámica, alternativas poco viables debido a los costos asociados y a las restricciones normativas vigentes. En este escenario, la automatización mediante robots humanoides otorga la flexibilidad requerida: estos complementan la jornada habitual y permiten desplazar las operaciones intensivas en energía hacia las horas con mayor oferta de fuentes renovables o tarifas más competitivas.

Esto plantea un nuevo paradigma: la disponibilidad de energía, y no solo la de personal, empieza

a marcar cuándo producir, ayudando a achicar el desfase temporal.

Si bien es una tecnología todavía incipiente y sin adopción masiva, existen casos exitosos como el de BMW que lleva un año de operación real con robots humanoides en la fabricación de más de 30.000 vehículos, esto muestra que el salto de la prueba de concepto a la línea de producción ya se logró. Aunque aún existen restricciones técnicas y de costos que limitan su adopción, el capital invertido en la industria se triplicó entre 2023 y 2025 llegando a los US\$40.700 millones anuales.

Soluciones que responden al desfase espacial

La solución no apunta a transportar mejor, sino a acercar oferta y demanda. La generación distribuida es la energía eléctrica generada mediante fuentes renovables en el mismo punto de consumo por parte de los usuarios conectados a la red de electricidad de distribución.

Uno de los beneficios es que evita las pérdidas de transporte. Durante las últimas tres décadas se perdió en transporte alrededor del 17% de la energía generada en América Latina y el Caribe (BID, 2024). Cada kWh generado en el punto de consumo es un kWh que no atraviesa esa cadena.

Adicionalmente, se reduce la necesidad de inversión en redes y almacenamiento. La generación distribuida no necesita esa infraestructura porque no la usa.

Por último, la generación distribuida descentraliza el sistema y mejora la seguridad del suministro: una red con generación repartida es menos vulnerable a la falla de un único activo o de una única línea.

De todas maneras, la generación distribuida resuelve el desfase espacial pero deja intacto el temporal y, si crece sin coordinación, puede incluso agravarse. Por eso es pertinente combinarla con almacenamiento en el mismo punto de consumo. La experiencia brasileña, que se analizará más adelante, recorre exactamente ese camino.

Cómo aceleramos la sostenibilidad en el sector energético

Es posible combinar varias de las alternativas planteadas con el objetivo de atender al desfase temporal y espacial de las energías renovables. Por ejemplo, un sistema de generación distribuida con almacenamiento en el punto de consumo. Incluso se puede sumar automatismos para correr el consumo hacia las horas de mayor generación y la ecuación mejora todavía más.

Pero vale la pena decir con claridad qué logran estas combinaciones más allá de la eficiencia: cada MWh de vertimiento evitado es un MWh de energía limpia que ya estaba generada y que, de otro modo, se reemplaza con una central térmica encendida para sostener la red. Cerrar el desfase no es solo un problema de sistema, es directamente, la diferencia entre cumplir o no la meta de emisiones planteada al inicio de este artículo.

La propia región muestra que ese resultado no depende sólo de la tecnología. Argentina, bajo la Ley 27.424, apenas superaba los 59 MW de generación distribuida instalados a diciembre de 2024. Brasil, en el mismo período, ya acumulaba 43,5 GW con 3,87 millones de sistemas conectados en 5.565 municipios: tres órdenes de magnitud de diferencia que no se explican por el recurso solar disponible ni por el costo de las baterías, sino por la Ley 14.300, el marco regulatorio que habilitó esa escala.

Sin embargo, ese salto de Brasil muestra que la regulación no es un evento único, sino un proceso que debe madurar al ritmo del sistema y que la sostenibilidad de una solución no se mide en el momento de instalarla, sino en cómo se integra después.

La Ley 14.300 favoreció la conexión masiva de generación distribuida en Brasil, pero al no estar coordinada con la capacidad de la red, el vertimiento de parques solares y eólicos creció significativamente (Além da Energia, 2026). Para corregir este desfase, Brasil ya avanzó en el marco regulatorio del almacenamiento: la Ley 15.269/2025 incorporó las baterías como actividad regulada y beneficios fiscales (Tractebel, 2026), buscando evitar el desaprovechamiento de energía limpia, ya que esa energía vertida es, en términos de emisiones una oportunidad perdida; energía renovable que no reemplazó a ningún MWh térmico.

Otro caso es Alemania, mostrando el mismo patrón del otro lado del medidor: el mencionado Párrafo 14a de la EnWG no dejó la automatización de

la demanda librada a que el usuario la adoptara voluntariamente, la impuso para electrodoméstico residencial de más de 4,2 kW.

Solo cuando ambas dimensiones se resuelven en conjunto, la energía instalada se traduce en emisiones evitadas.

Ahora bien, ninguna de estas soluciones es climáticamente neutra por sí sola. Como se señaló al principio, ninguna solución es perfecta: fabricar baterías tiene su propia huella e impactos en otros indicadores, como el agua, y mientras el almacenamiento y la generación distribuida maduran, la red sigue necesitando respaldo térmico para no perder estabilidad. Reducir el desfase no elimina esa huella; la vuelve más chica y más manejable. Ese es el estándar realista de sostenibilidad para el sector: menor impacto posible. En los tres frentes de generación distribuida, almacenamiento y desplazamiento de demanda, el techo no es tecnológico. Los costos bajan y las tecnologías funcionan, el techo es la falta de regulación que no solo garantiza la estabilidad de la red, sino que esté explícitamente alineado con la meta de emisiones, y no solo con la meta de capacidad instalada.

Resuelto ese primer problema, aparece el segundo, que también es una cuestión de sostenibilidad: quién financia la primera ola de adopción. Hoy, la generación distribuida y la incorporación de tecnología implican una inversión que necesita un retorno medible para justificarse. Si los números cierran, la transición será más rápida.

Esa barrera también se resuelve con normativas

claras: durante años, el Estado argentino, por ejemplo, subsidió el costo de la energía, una política que incentivó hábitos de consumo en sentido contrario al camino hacia la sostenibilidad. La interrogante fundamental que cada Estado de la región debe plantearse radica en la destinación de sus recursos presupuestarios: si mantener subsidios a un modelo de generación obsoleto e insostenible, o financiar la transición hacia una matriz energética sostenible.

Glosario

Vertimiento: energía renovable que, aun pudiendo generarse, no se aprovecha por restricciones de la red de transmisión o por insuficiente demanda.

GEI: gases de efecto invernadero

BESS: sistema de almacenamiento de energía en baterías, por sus siglas en inglés.

Referencias

Além da Energia, 2026. (2026, febrero) "Curtailment supera 20% da geração eólica e solar em 2025" - Alem da Energia (ENGIE Brasil). <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/curtailment-supera-20-da-geracao-eolica-e-solar-em-2025/>

BID, 2024. Banco Interamericano de Desarrollo. Economía de las pérdidas de electricidad en América Latina y el Caribe. Editado por Rigoberto Ariel Yépez-García y Raúl Jiménez Mori. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Economia-de-las-perdidas-de-electricidad-en-America-Latina-y-El-Caribe.pdf>

Eixos, 2026. (25 de junio de 2026). "Sinal de preços é insuficiente para aliviar pico do consumo no setor elétrico, conclui teste da Energisa". <https://eixos.com.br/energia-eletrica/sinal-de-precos-e-insuficiente-para-aliviar-pico-do-consumo-no-setor-eletrico-conclui-teste-da-energisa/>

OLADE, 2025. Vertimientos de energía renovable. Documento de Trabajo - Junio 2025 Organización Latinoamericana de Energía. <https://www.olade.org>

Secretaría de Energía de la Nación Argentina, 2019. Introducción a la generación distribuida de energías renovables. <https://www.argentina.gob.ar>

Secretaría de Energía de la Nación argentina, 2024. Reportes de avance de implementación de la Ley 27.424. Ministerio de Economía de la República Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/generacion-distribuida/reportes-de-avance-implementacion-de-la-ley-27424>

Tractebel, 2026. (Junio de 2026). "Papel do BESS em um setor energético com excesso de oferta e sistema projetado para escassez" - Tractebel ENGIE. <https://tractebel-engie.com/pt-br/noticias/papel-do-bess-em-um-setor-energetico-com-excesso-de-oferta-e-sistema-projetado-para-escassez/>

World Resources Institute, 2026. World Resource Institute (27 de abril de 2026). Where Do Emissions Come From? These Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Sector. <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>

Hasta que la Mente *Aguante:* Resiliencia, Emociones y Derecho a la Energía

La falta de energía no solo empobrece materialmente, también daña la salud mental de quienes la padecen. El derecho ya reconoce ambos derechos por separado. Falta aún enlazarlos como una sola obligación jurídica exigible.

La importancia del giro emocional y sensorial en la energía.

El acceso a la energía moldea la vida cotidiana hasta tal grado que no se mide en kilowatts hora. Por esta razón, el interés académico por las dimensiones emocionales de la energía crece con rapidez (Martiskainen y Sovacool, 2021). Este interés se ha transformado en letras escritas. Una revisión reciente de 47 estudios halló que la pobreza energética, entendida como la incapacidad de un hogar para cubrir sus necesidades básicas de energía, se asocia con daños a la salud mental en 46 de ellos (Khavandi et al., 2024), a través de síntomas que se manifiestan ya sea como malestar térmico, aislamiento social y/o inseguridad financiera. La relación entre los estados de ánimo y la energía ya han sido descubiertas y documentadas por investigadoras en países tan distantes y distintos como el Reino Unido, España y China, quienes se han enfocado sobre las mujeres dedicadas a las tareas del hogar, las personas mayores y las niñas y niños. El derecho, sin embargo, sigue tratando el acceso a la energía casi exclusivamente como un problema de infraestructura y de servicio público, desconectado de la salud mental que esa misma falta de acceso erosiona. Las profesionales del derecho persistimos en apoyarnos en lo que la ingeniería puede medir y dejamos fuera lo que,

según la evidencia disponible, más determina el bienestar de quien vive sin electricidad suficiente, confiable, limpia y constante.

Quién ya lo ha estudiado y desde qué perspectiva científica

Varias disciplinas han entrado ya a este campo, cada una desde un ángulo distinto. Desde la perspectiva de la salud pública, Khavandi et al. (2024) se ha sistematizado la evidencia epidemiológica que vincula la pobreza energética con la ansiedad, la depresión y otros daños a la salud mental. Los estudios de transiciones energéticas, Martiskainen y Sovacool (2021) documentaron el interés creciente por las emociones como objeto legítimo de investigación en la sociología y la ciencia política de la energía. Desde la epistemología feminista, Rincón Rubio y Cedano-Villavicencio (2023) mostraron cómo mujeres del sur de México viven la transición energética como una experiencia afectiva más allá de todo cálculo racional; mientras que Rincón Rubio y Alcázar Ballinas (2024) proponen claves metodológicas, centradas en el cuerpo y la sensorialidad, para investigarla. Cada disciplina documenta una pieza del mismo fenómeno, con sus propios métodos y vocabulario, sin que necesariamente dialoguen entre sí. Ninguna ofrece, porque no es su función, una vía para que esos hallazgos se conviertan en una obligación jurídica exigible frente al Estado o frente a un particular. La psicología, la sociología, la antropología y la salud pública documentan el daño emocional con creciente rigor. El derecho, hasta ahora, apenas ha escuchado, más allá de reconocer, cada vez con mayor claridad, que el



acceso a la energía y la salud son derechos humanos en sí.

Dos derechos aún vistos en “vía separada”

El derecho a la energía comienza a consolidarse como un derecho humano autónomo e instrumental para garantizar la vida y la vivienda adecuada, con el Sistema Interamericano de Derechos Humanos a la vanguardia de esta doctrina (Hessling-Herrera et al., 2023; Hessling-Herrera, 2024). En México, la literatura jurídica considera el acceso a la electricidad un derecho derivado, indispensable para el uso y disfrute de la vivienda, la educación, la salud y el trabajo. El Estado, por medio de la Comisión Federal de Electricidad, actúa como garante último, incluso cuando la relación con la persona usuaria se articula mediante un contrato presuntamente mercantil (Carmona Díaz de León, 2023). A su vez, el Comité DESC de la ONU reconoce desde hace más de dos décadas la salud mental como parte indisociable del derecho a la salud (2000), y la reforma de 2022 la incorporó expresamente a la Ley General de Salud mexicana (Diario Oficial de la Federación, 2022). Aunque ambos derechos están reconocidos, se regulan y exigen por separado: uno ante la autoridad energética y el otro ante la sanitaria. Sin embargo, si la falta de energía causa un daño mensurable y documentado a la salud mental, la privación deja de ser una carencia exclusivamente material y afecta también el núcleo esencial del derecho a la salud, lo que dificulta identificar al responsable. Reconocer este vínculo abriría dos vías. La

primera sería litigiosa: alegar el daño a la salud mental como parte de la vulneración del derecho a la energía, con la misma lógica instrumental que ya lo relaciona con la vida y la vivienda. La segunda sería regulatoria: incorporar criterios de impacto en la salud mental a los programas contra la pobreza energética y a las evaluaciones de impacto social, de forma análoga a las evaluaciones ambientales. Ninguna vía es sencilla. Demostrar que una carencia específica produjo un daño mensurable exige un estándar probatorio que el litigio climático tardó años en desarrollar y que el energético apenas comienza a explorar. Además, una asociación estadística poblacional no basta para atribuir causalidad en un caso individual ni a una omisión estatal concreta. Esta dificultad, sin embargo, no debería impedir que el derecho construya los estándares necesarios para hacer viable esa protección.

Los riesgos de esta propuesta para el desarrollo energético

El vínculo entre estos dos derechos no está exento de riesgos. Son principalmente tres.

El primero es la incertidumbre regulatoria. La extensión de las causas por las que un proyecto puede impugnarse eleva el costo y el plazo de su financiamiento y su “tramitología”. El litigio por consulta previa y derechos culturales contra parques solares y eólicos en la península de Yucatán ilustra este riesgo. Ese litigio generó jurisprudencia relevante, pero también implementación débil y conflictos prolongados (Herrera, 2025). Ese mismo patrón podría repetirse si el nuevo funda-

mento de litigio carece de reglas claras sobre su alcance y su prueba.

El segundo riesgo es quizás el más delicado, porque es paradójico. La herramienta pensada para proteger a quien carece de energía podría usarse en sentido contrario, para bloquear o retrasar los proyectos que buscan dársela. Conviene por eso distinguir dos usos posibles. Invocarla como escudo frente a una carencia existente es muy distinto de invocarla como arma contra la expansión que la reduciría.

El tercer riesgo es de equidad. Un criterio de impacto en la salud mental añade costos y tiempos de estudio. Los grandes desarrolladores absorben esos costos mejor que los programas públicos de electrificación rural. Esos programas atienden precisamente a las poblaciones con mayor pobreza energética, justo a quienes la propuesta debería proteger. El resultado sería el inverso de su propósito.

Ninguno de estos riesgos justifica abandonar la propuesta. Sí exige condicionarla a estándares de causalidad exigentes, a filtros que desincentiven el litigio especulativo, y a una distinción normativa explícita entre proteger a quien carece de energía y obstruir a quien busca proveerla.

Conclusiones

El giro emocional y sensorial que hoy exploran la salud pública, la sociología y la epistemología feminista le dio a la energía una dimensión que la

ingeniería nunca pudo medir. El vínculo entre el derecho a la energía y el derecho a la salud mental le da a esa dimensión un lugar donde aterrizar, una obligación estatal concreta, justiciable y regulable, que hasta ahora no existe. Mal calificada, sin embargo, esa misma obligación puede volverse un obstáculo más para la infraestructura que la región necesita construir. El reto no es elegir entre proteger derechos y desarrollar energía, sino diseñar la primera obligación para que impulse la segunda.

Esa tarea corresponde a varios actores a la vez. Los tribunales que ya reconocen el derecho a la energía como instrumental a la vida y la vivienda pueden extender esa misma lógica a la salud mental. Los reguladores que hoy exigen evaluaciones de impacto ambiental antes de autorizar un proyecto pueden incorporar, con el tiempo, un criterio equivalente de impacto psicosocial. Y los legisladores que diseñan los próximos programas de electrificación rural en América Latina y el Caribe pueden hacerlo sabiendo que la carencia que buscan resolver no se mide solo en kilovatios, sino también en la salud mental de millones de personas que hoy la padecen en silencio.

Nada de esto exige inventar un derecho nuevo. Exige, más bien, dejar de tratar como asuntos separados dos derechos que, según la propia evidencia científica, se dañan juntos cuando falta la energía. Esta es una perspectiva que el derecho energético de la región todavía debe revisar, con el mismo rigor con que reconoce sus beneficios y sus riesgos.

Referencias

Carmona Díaz de León, E. P. (2023). El acceso a la energía eléctrica como derecho humano. *Revista de Investigaciones Jurídicas*, (47).

Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. (2000). Observación general N.º 14: El derecho al disfrute del más alto nivel posible de salud (artículo 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales). E/C.12/2000/4. Naciones Unidas.

Diario Oficial de la Federación. (2022, 16 de mayo). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley General de Salud, en materia de salud mental y adicciones.

Hessling-Herrera, F.-D. (2024). Hacia la exigibilidad del derecho a la energía: instrumento del derecho a la vida y vivienda adecuadas. *Revista de la Facultad de Derecho de México*, 74(290).

Hessling-Herrera, F.-D., Garrido, S.-M., y Gonza, C.-N. (2023). Derecho a la energía desde los derechos humanos: transición profunda hacia viviendas adecuadas, un ambiente sano y modos de vida dignos. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (34). <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.34.2023.5904>

Herrera, J. I. (2025). Defensa cultural y patrimonial ante megaproyectos energéticos: El caso de comunidades mayas en México. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, 2(4).

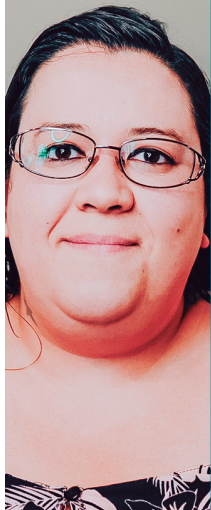
Khavandi, S., McColl, L., Leavey, C., McCowan, V. J., y Bennett, N. C. (2024). The mental health impacts of fuel poverty: A global scoping review. *International Journal of Public Health*, 69, 1607459. <https://doi.org/10.3389/ijph.2024.1607459>

Martiskainen, M., y Sovacool, B. (2021). Mixed feelings: A review and research agenda for emotions in sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 40, 609-624.

Rincón-Rubio, A. G., y Alcázar Ballinas, A. K. (2024). El giro emocional y sensorial en los estudios sobre energía: Aportaciones metodológicas desde los feminismos [Manuscrito].

Rincón-Rubio, A. G., y Cedano-Villavicencio, K. G. (2023). Emotional energy communities: Centering emotions and feelings within energy transitions in southern Mexico. *Energy Research & Social Science*, 98, 103014. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103014>

Sobre las autoras



Anahí Soto

Arquitecta por la Universidad de Palermo, técnica electromecánica y especialista en la intersección del diseño, la educación y la energía. Posee un máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética y desarrolla su tesis del máster en Desarrollo Sustentable. Su formación de posgrado incluye diplomaturas en Gestión del Hidrógeno, Bioarquitectura, y Ciudades y Políticas Urbanas. Se desempeñó como secretaria de Obras Públicas de la Municipalidad de Catriel, donde coordinó proyectos de infraestructura sostenible. Es socia fundadora de EfICIENCIA Consultores y docente. Actualmente integra la comisión directiva de AMES.

Luciana Tapia Rattaro

Abogada por la Universidad de San Andrés y tesista de la Maestría en Políticas Públicas de la misma institución. Investigadora y Fox Fellow de la Universidad de Yale 2025-2026. Presidenta y miembro de la Asociación Mujeres en Energías Sustentables de Argentina y forma parte de las mesas de trabajo sobre recursos naturales de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. Actualmente se desempeña como coordinadora del Laboratorio de Futuro dentro del Consejo de Planeamiento Estratégico del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

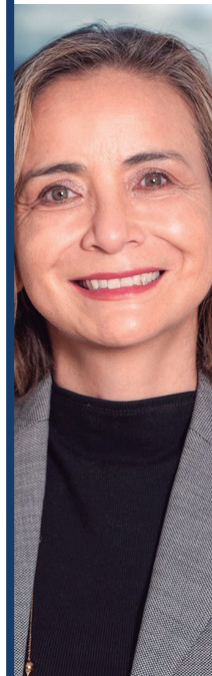


Daniela González

Abogada por la Universidad de Chile y máster en Regulación por la London School of Economics (LSE). Cuenta con una amplia trayectoria en los sectores eléctrico y de telecomunicaciones, tanto en el ámbito público como en el privado. Se desempeñó como jefa de gabinete de la Comisión Nacional de Energía, coordinadora de la agenda legislativa de la Subsecretaría de Telecomunicaciones y gerenta legal del CDEC SING y, posteriormente, del Coordinador Eléctrico Nacional. Es fundadora y directora ejecutiva de Domo Legal, consultora especializada en materias regulatorias. Asimismo, ejerció como primera vicepresidenta de la Asociación de Mujeres en Energía de Chile durante dos periodos.

Steffi Laura Usquiano

Ingeniera en Petróleo, Gas y Procesos, magister en Ingeniería de Reservorios, Exploración, Evaluación y Medio Ambiente, y candidata a magister en Energías Renovables y Economía Circular. Cursó un doctorado en Ciencia y Tecnología en la Universidad Mayor de San Andrés. Es coordinadora del Área de Academia Global en Transición Energética de Youth4Energy e investigadora especializada en energías renovables, bioenergía y economía circular. Ha sido becaria en Japón, Noruega y Chile en programas de formación, investigación y liderazgo energético. Integra la Asociación de Mujeres en Energía de Bolivia (AMEB).



Cristina Morataya

Ingeniera biomédica y especialista en energías renovables, sostenibilidad y gestión energética, con más de una década de experiencia en el desarrollo y la implementación de soluciones para la transición energética. Es directora general de VEKPOWER S. A. de C. V., empresa salvadoreña donde ha liderado proyectos de generación solar fotovoltaica, almacenamiento de energía, sistemas híbridos y electromovilidad. Cursó estudios de doctorado en la Universidad Politécnica de Madrid, donde investiga la interacción entre la generación distribuida y la movilidad eléctrica. Es cofundadora del Consejo Salvadoreño de Mujeres en Energía (COSALME). También integra las juntas directivas de la Comisión Internacional de Energía y del Green Building Council El Salvador.

Carla Gordillo

Ingeniera geóloga minera por la Universidad de Guanajuato, México, y magíster en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente por la Universidad de Cádiz y la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Desde octubre de 2024 se desempeña como directora del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Facultad de Ingeniería de la USAC. Cuenta con más de tres décadas de experiencia como consultora técnica y profesional independiente. Su trayectoria reúne investigación científica, docencia universitaria y consultoría en la industria extractiva y de recursos naturales.

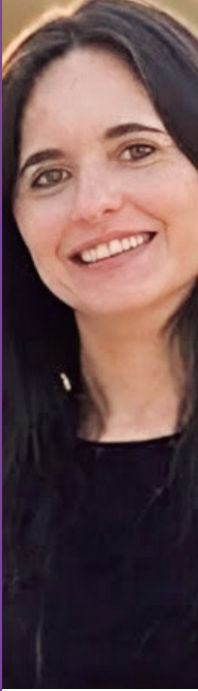


Paola Pimentel Bautista

Licenciada en Negocios Internacionales y magíster en Energías Renovables con doble titulación internacional. Cuenta además con formación en equidad de género aplicada al sector energético y ocho años de experiencia en energías renovables en la República Dominicana. Ha liderado proyectos solares, eólicos y de almacenamiento en baterías, desde la etapa inicial de desarrollo hasta la operación comercial, incluyendo la estructuración de expedientes, la gestión de permisos y el acompañamiento regulatorio. Su trabajo se orienta a promover la inclusión social, la equidad y la participación en el acceso a la energía.

Dionne Nugent

Ingeniera profesional registrada, con más de veinticinco años de experiencia en el sector energético de Jamaica. Es directora de Soluciones Energéticas para Clientes en Jamaica Public Service Company (JPSC), donde lidera el desarrollo de iniciativas en energías renovables, infraestructura para vehículos eléctricos, eficiencia energética y crecimiento estratégico. Posee maestrías en Sistemas Eléctricos de Potencia y en Gestión de Ingeniería.



Julieta Cayre

Profesional con más de diez años de experiencia en liderazgo de desarrollo de productos y tecnología en diversas industrias, con especialización reciente en huella de carbono y sostenibilidad. Es gerenta de Operaciones de OPT Robotics, donde dirige la implementación de robots humanoides en empresas industriales de la región. Su trabajo busca contribuir a procesos productivos más eficientes y sostenibles mediante la incorporación de tecnologías avanzadas.

Natalia Bottero

Ingeniera ambiental especializada en gestión energética y cambio climático. Se desempeñó en Puerto Buenos Aires, donde coordinó el programa de eficiencia energética en edificios públicos y desarrolló proyectos de generación renovable. Fue responsable de Energía en Peugeot Citroën Argentina, donde diseñó el Plan Maestro de Energía y el Plan de Carbono Neutralidad, optimizó contratos energéticos e impulsó proyectos de abastecimiento renovable. Cuenta con formación en diseño de plantas fotovoltaicas y transición energética. Actualmente es cofundadora de Quanta, consultora especializada en huella de carbono, gestión ambiental y reportes de sostenibilidad.



Miriam Grunstein

Abogada, académica y consultora mexicana especializada en energía, regulación e infraestructura. Estudió Derecho en el ITAM, donde se graduó summa cum laude; cursó Estudios Latinoamericanos en la Universidad de Nuevo México y obtuvo la maestría y el doctorado en Letras Hispánicas y Lusobrasileñas por la Universidad de Nueva York. A lo largo de más de veinte años ha trabajado en los sectores público, privado y académico. Fue asesora jurídica en la Comisión Reguladora de Energía y profesora de tiempo completo en el CIDE. Actualmente preside Brilliant Energy Consulting y es investigadora no residente del Baker Institute de Rice University.

