



**Más allá de la infraestructura
energética:**

Priorizar la flexibilidad reduce costos y
fortalece la seguridad energética

Más allá de la infraestructura energética: Priorizar la flexibilidad reduce costos y fortalece la seguridad energética

Los sistemas eléctricos en el mundo están entrando en una forma de operación fundamentalmente diferente. La rápida electrificación, el despliegue acelerado de energías renovables, la volatilidad de los mercados de combustibles y la creciente incertidumbre geopolítica están ejerciendo una presión nunca antes vista en los sistemas energéticos que fueron diseñados para ser predecibles, y no para ser variables. En este contexto, la flexibilidad de los sistemas energéticos ya no es una optimización técnica, ni una característica de mercados nicho, como lo fue en el pasado; esta infraestructura invisible es un habilitador estratégico de la accesibilidad y la seguridad energética, que al mismo tiempo fortalece la confiabilidad del sistema.

Si continúas leyendo, quédate con esta idea: la flexibilidad no es un complemento futuro para los sistemas eléctricos; es una infraestructura esencial. Los países que cuantifican e integran la flexibilidad desde etapas tempranas pueden reducir los costos del sistema, fortalecer la seguridad energética y evitar quedar atrapados en inversiones innecesarias en redes y generación eléctrica. Aquellos que retrasen su adopción pagarán más para modernizar o adecuar la red más tarde. En este artículo exploramos por qué sucede esto y cómo los tomadores de decisión pueden impulsar el cambio.

El enfoque de "construir más" suele estar equivocado

La respuesta tradicional al aumento de la demanda de electricidad y a la presión sobre los sistemas eléctricos ha sido construir más infraestructura física: nueva capacidad de generación y de red, junto con reservas adicionales. Aunque esto es necesario en muchos casos y a distintas escalas, este enfoque por sí solo es cada vez más ineficiente, lento, costoso y poco alineado con las necesidades de los sistemas impulsados por energías renovables¹.

El aumento en la participación de energías renovables altamente variables incrementa los costos de integración del sistema, cambiando el valor del sistema de la producción de energía hacia el equilibrio y la capacidad de respuesta. En este sentido, la flexibilidad ayuda a los sistemas a aprovechar mejor los activos existentes, reduciendo la necesidad de construir infraestructura de forma excesiva y mantener la confiabilidad. Las inversiones adicionales en la red eléctrica continuarán siendo necesarias, sin embargo, la flexibilidad mejora la temporalidad, la escala y la eficiencia de esa expansión. Para los tomadores de decisión que enfrentan restricciones fiscales y un escrutinio creciente sobre el gasto público, la flexibilidad ofrece valor a nivel sistema que el aumento de capacidad no puede proporcionar por sí solo.

Los tomadores de decisión necesitan opciones que generen valor a nivel sistema, no solo aumentos en la capacidad. La flexibilidad en el sistema eléctrico resuelve directamente este reto al permitir que los

¹ La flexibilidad de la red eléctrica en Gran Bretaña generó ahorros estimados de £300 millones para los usuarios en 2024, con proyecciones de más de £3 mil millones en ahorros entre 2025 y 2027 ([Energy Networks Association, 2025](#)).

sistemas hagan más con los activos existentes, reduciendo la necesidad de expandir la infraestructura y al mismo tiempo manteniendo la confiabilidad.

Las guías disponibles están fragmentadas y aún existen brechas importantes

El ritmo de la electrificación, el aumento en la integración de las energías renovables y la creciente incertidumbre en los mercados energéticos globales están transformando profundamente la dinámica de los sistemas eléctricos. Estos cambios generan mayor variabilidad y presión sobre los sistemas, lo que hace que la flexibilidad no solo sea un elemento deseable, sino esencial para los sistemas energéticos del futuro.

A pesar de esta necesidad evidente, la guía y asesoría para los tomadores de decisión sigue estando fragmentada. Muchos reportes internacionales presentan la necesidad de la flexibilidad, pero no llegan a traducir esa ambición en una propuesta de inversión con beneficios económicos, ni en recomendaciones de política pública que puedan implementarse fácilmente. Para resolver esta brecha, integramos la evidencia más reciente en una narrativa clara y orientada a la toma de decisiones, adaptada a los contextos nacionales de política pública y planeación, enfocada en:

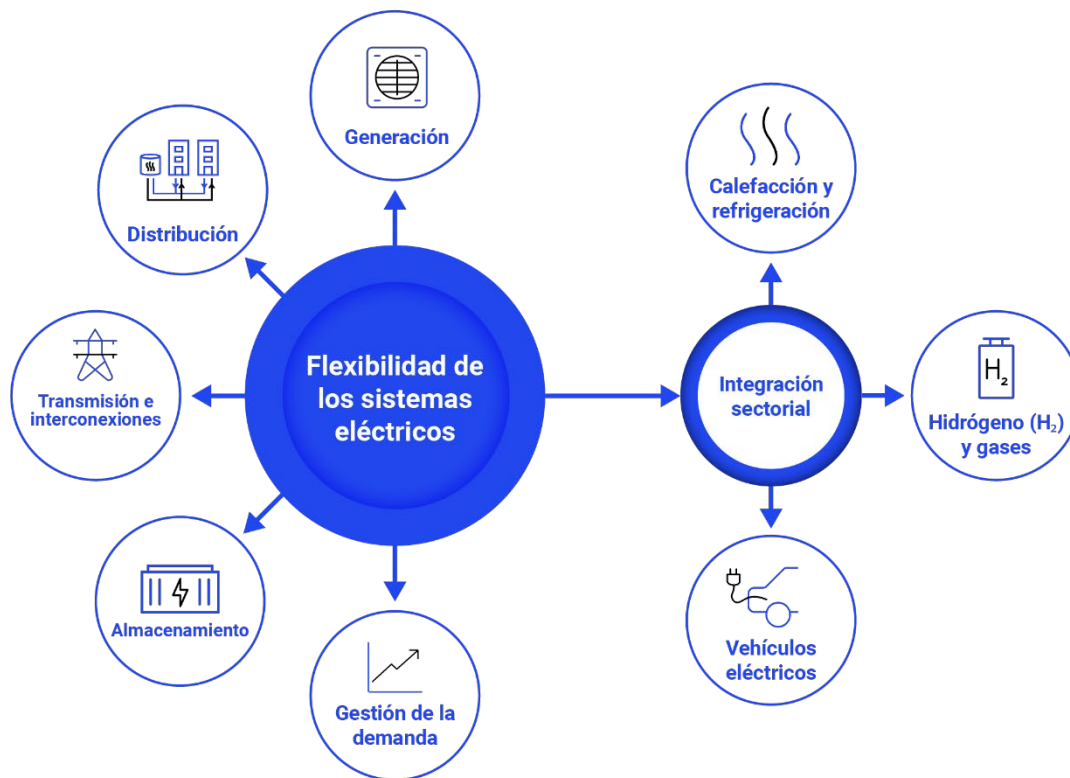
- Replantear la flexibilidad como una decisión económica estratégica, y no un elemento técnico adicional
- Destacar los resultados a nivel sistema en términos de costos, seguridad y confiabilidad, en lugar de tecnologías individuales.
- Identificar las lecciones aprendidas de sistemas maduros (particularmente el Reino Unido), y mantener su aplicabilidad para mercados emergentes y en transición.
- Integrar explícitamente las consideraciones que determinan si la flexibilidad genera valor o no, incluyendo los costos y beneficios, la secuencia de implementación y las decisiones de política pública.

Esto proporciona a los tomadores de decisión un puente muy necesario entre las aspiraciones de alto nivel y la implementación práctica. Los puntos expuestos facilitan entender el valor real de la flexibilidad, desmitifican su caso de negocio y destacan las herramientas de política pública que permiten acceder a sus beneficios. Este enfoque permite a los líderes tomar decisiones informadas, priorizar intervenciones de alto impacto y gestionar las complejidades de la transformación de los sistemas con mayor confianza y precisión.

¿Qué es la flexibilidad? Las definiciones importan

Antes de que los tomadores de decisión puedan actuar en torno a la flexibilidad, necesitan un entendimiento claro y compartido de qué es y qué no es. Las definiciones ambiguas o muy limitadas han dado lugar a señales de política pública inconsistentes, incentivos mal alineados y oportunidades de valor desaprovechadas. Una definición precisa de la flexibilidad, desde un enfoque de sistemas, es esencial para una planeación energética nacional eficaz.

Elementos que habilitan la flexibilidad de los sistemas eléctricos en el sector energético



Fuente: Adaptado de Irena (2018)

La flexibilidad es un conjunto de decisiones operativas, preparación y capacidad de respuesta de los mercados, y de servicios digitales que transforman operaciones previamente estáticas y fragmentadas en un sistema dinámico capaz de absorber las presiones del mismo. De manera más formal, la flexibilidad del sistema energético se refiere a la capacidad del sistema eléctrico para responder de manera eficiente a la variabilidad y la incertidumbre a través del tiempo y las distintas ubicaciones. No se trata de una tecnología o un mercado específico, sino de un conjunto de capacidades que permiten que la oferta, la demanda y las redes se ajusten en respuesta a las condiciones cambiantes del sistema. La flexibilidad opera en todo el sistema eléctrico, desde la forma y el momento en que responde la demanda hasta la manera en que se gestionan las redes y se programa el suministro de energía.

Es importante destacar que no toda la flexibilidad genera el mismo valor; tampoco constituye un beneficio inherente para el sistema, ni todos los usuarios finales experimentan los mismos beneficios. Los mecanismos de flexibilidad mal diseñados pueden incrementar la dependencia de los combustibles fósiles, distorsionar las señales de inversión o trasladar costos sin generar beneficios reales para el sistema. La flexibilidad alineada con las trayectorias hacia el Net Zero reduce los costos y los riesgos a largo plazo, por lo que el diseño de las políticas públicas debe priorizar los resultados a nivel sistema.

Existe una clara distinción entre un sistema flexible y las vías específicas para implementarlo; es fundamental mantener el enfoque en el conjunto y no solo en sus componentes individuales.

La flexibilidad alineada con las trayectorias hacia el Net Zero reduce los costos y las emisiones del sistema a largo plazo, mientras que la flexibilidad que mantiene la dependencia a los combustibles

fósiles no lo hace. Por lo tanto, los tomadores de decisión deben distinguir entre *la flexibilidad que impulsa una transición progresiva y aquellas respuestas transitorias o desalineadas con los objetivos a largo plazo.*

La experiencia del Reino Unido durante la última década es un ejemplo de por qué la claridad en las definiciones es tan importante. Las primeras iniciativas de flexibilidad generaron valor, pero las señales de mercado inconsistentes y la superposición de mecanismos también crearon complejidad e ineficiencias. Si bien el avance ha sido significativo, el sistema aún está lejos de ser óptimo, a pesar de su reputación como uno de los más avanzados a nivel mundial. Estas lecciones son muy relevantes para los países que actualmente están diseñando marcos de flexibilidad.

Construir un caso de negocio sólido facilita la implementación

Para los tomadores de decisión que buscan equilibrar la asequibilidad, la seguridad y la confiabilidad energética, la flexibilidad genera el mayor valor sistémico cuando la integración de las energías renovables comienza a ejercer presión en la red y la operación del sistema eléctrico, pero antes de que se inicie una expansión de infraestructura innecesaria. Actuar demasiado tarde genera mayores costos de adecuación, más pérdidas de generación renovable y más activos varados; en contraste, tomar acción con anticipación permite que la flexibilidad retrase o incluso evite inversiones innecesarias. La integración de la flexibilidad como parte del diseño del sistema, en lugar de como una medida correctiva, es una oportunidad estratégica.

La propuesta de valor de la flexibilidad debe estar basada en herramientas clave de política pública que atraigan a los actores clave del sistema y a los inversionistas en torno a una visión compartida.

Reducción de costos

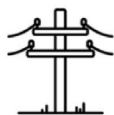
La flexibilidad en el sistema eléctrico no solo reduce los costos del sistema en general, sino que también permite evitar la reducción de generación renovable y mitigar las limitaciones de la red. Al permitir que la oferta y la demanda respondan de forma dinámica, la flexibilidad ayuda a maximizar el uso de la infraestructura existente y de la generación renovable, reduciendo la necesidad de ampliaciones costosas y limitando el desperdicio de energía.

Impactos de la flexibilidad en el Reino Unido en 2024



9 GW

Capacidad contratada



22 GWh

Servicios despachados



USD 383 millones

Ahorros para los consumidores

Fuente: IEA, 2025³

Seguridad energética

La flexibilidad reduce la exposición a los combustibles importados al maximizar el uso de la generación renovable nacional. Esto ha tomado más relevancia por la reciente volatilidad de los precios de los combustibles a nivel global, ya que los sistemas con más flexibilidad han demostrado tener una mejor capacidad para absorber estos impactos².

Confiabilidad del sistema

La flexibilidad ayuda a mantener la confiabilidad del sistema al proporcionar capacidad de respuesta rápida y control operativo sin depender exclusivamente de generación de respaldo costosa y con bajos niveles de utilización. En la práctica, esto incluye el uso de la gestión de la demanda y el almacenamiento para atender eventos de estrés en el sistema y reducir el riesgo operativo que surge a medida que aumenta la participación de las energías renovables variables³.

El escenario alternativo es claro. Los sistemas que no invierten en flexibilidad enfrentan costos de electricidad más altos para los consumidores, un mayor riesgo de activos varados, un aumento significativo en la reducción de generación renovable y un incremento del gasto público para medidas de emergencia.

Sin una propuesta de valor clara, la flexibilidad seguirá siendo una medida de contingencia y no un habilitador del sistema

Frecuentemente, la flexibilidad se considera como una opción de respaldo: algo a lo que se recurre cuando los sistemas ya están bajo presión. Este enfoque es costoso e ineficaz. Cuando la flexibilidad se plantea como una medida de contingencia y no como un principio de diseño fundamental, es subvalorada, no recibe inversiones suficientes y es poco integrada en las decisiones de planeación y de licitaciones públicas. Como resultado, los sistemas implementan soluciones basadas en una mayor infraestructura por default, incluso en situaciones donde la flexibilidad podría ofrecer un valor equivalente o superior a un menor costo.

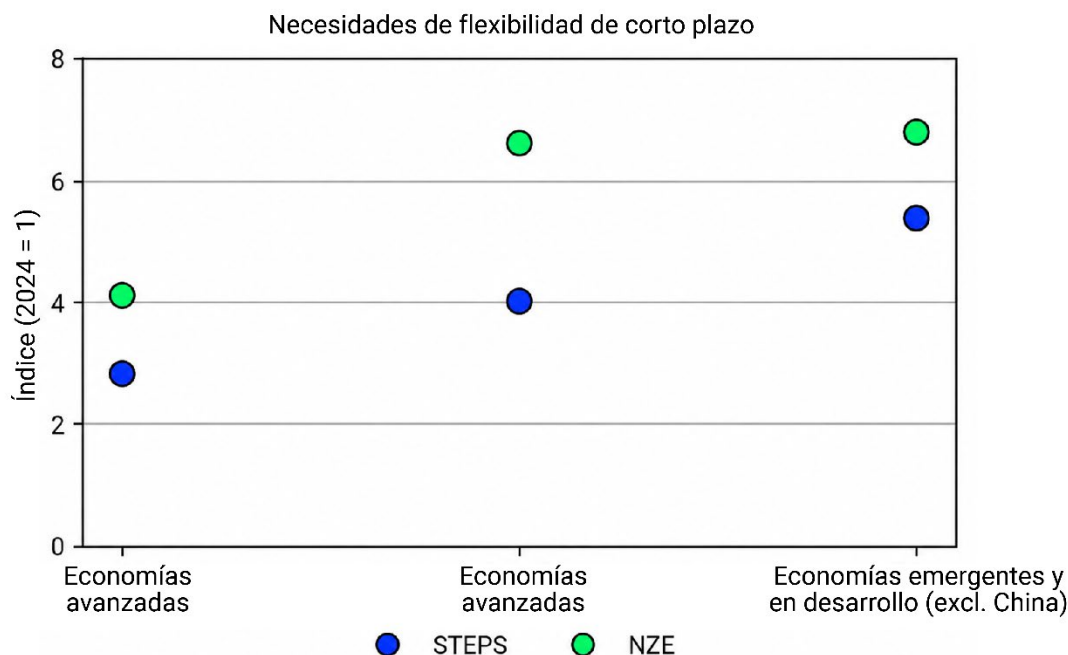
La barrera no es el potencial técnico, sino la valoración. Cuando el valor general de la flexibilidad para el sistema no se identifica ni se modela explícitamente, se mantiene invisible en los procesos de planeación que favorecen las soluciones de infraestructura convencionales.

La magnitud de este reto se muestra en la siguiente figura. Se espera que las necesidades de flexibilidad de corto plazo aumenten significativamente para 2035 en todas las economías, tomando como referencia los niveles de 2024. Tanto en el escenario Stated Policies Scenario (STEPS) basado en las políticas actuales, como en el escenario Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE), alineado con las trayectorias hacia el Net Zero para 2050, los requerimientos de flexibilidad aumentarán; además, las economías emergentes y en desarrollo serán las que tengan el mayor crecimiento.

Se espera que las baterías y la respuesta de la demanda proporcionen la mayor parte de la flexibilidad de corto plazo necesaria para 2035

² [Flexibility for Resilience – How can flexibility support power grids resilience? \(EU Commission, 2022\)](#)

³ [The Value of Demand Flexibility \(IEA, 2025\)](#)



Necesidades de flexibilidad de corto plazo por escenario, 2024–2035. Los valores están indexados a los niveles de 2024 y muestran cuántas veces más se proyecta que serán las necesidades de flexibilidad para 2035 bajo el escenario Emisiones Netas Cero para 2050 (NZE, por sus siglas en inglés) y el escenario de Políticas Actuales (STEPS, por sus siglas en inglés). Adaptado de IEA (2025)⁴.

La flexibilidad enfrenta resistencia institucional, no límites técnicos. En muchos sistemas eléctricos, los procesos de planeación, inversión y regulación están basados en enfoques tradicionales centrados en la infraestructura y los intereses de algunos actores. Estos marcos tienden a favorecer activos intensivos en capital con perfiles de riesgo conocidos, incluso cuando la flexibilidad podría generar un mayor valor para el sistema. Reconocer y tomar acciones ante esta economía política, en lugar de asumir un entorno neutral de toma de decisión, es fundamental para implementar la flexibilidad a gran escala.

Por lo tanto, conocer y estimar el valor de la flexibilidad es un elemento clave para facilitar su implementación.

Al hacer una evaluación holística, se pueden identificar los beneficios medibles que genera la flexibilidad en dimensiones clave del sistema eléctrico; además de que reduce los costos totales del sistema y mejora la seguridad energética. Es importante mencionar que estos beneficios suceden a lo largo de diferentes elementos del sistema, como la generación, las redes, la demanda y la operación del sistema; sin embargo, frecuentemente se evalúan de forma aislada, lo que reduce la percepción de su impacto real.

Una evaluación integral cambia esta dinámica. En muchos mercados, los costos asociados a la congestión de las redes y a las tensiones operativas del sistema ya son significativos. La Agencia Internacional de Energía reporta que, en 2024, la congestión de la red tuvo un costo cercano a los USD 8

⁴ [World Energy Outlook \(IEA, 2025\)](#)

mil millones en Estados Unidos y a los USD 4.5 mil millones en la Unión Europea, mientras que la restricción de generación renovable en la Unión Europea superó los 10 TWh durante ese mismo año.³

Integrar la flexibilidad en la modelación del sistema eléctrico, los escenarios de planificación y los análisis de costo-beneficio, facilita que los tomadores de decisión puedan comunicar su contribución total a la asequibilidad, la seguridad y la confiabilidad energética. Esto, a su vez, fortalece el caso de negocio, proporcionando a los operadores del sistema, inversionistas y participantes del mercado señales más claras de cuándo y dónde la flexibilidad genera el mayor valor. Las inversiones se movilizan con mayor facilidad cuando los proyectos son bancables y su valor agregado es visible.

Los sistemas eléctricos que no den este paso tienen el riesgo de tener resultados poco óptimos que vuelven más compleja su actualización o cambio. Si no se cuenta con un valor o evaluación cuantificable, la flexibilidad se implementa tarde, se despliega con cautela o se excluye por completo.

Impulsar el cambio donde los mercados lo necesitan más

Si bien el valor de la flexibilidad es universal, las vías para aprovecharlo no lo son. Los mercados eléctricos pueden variar en estructura, nivel de madurez y diseño institucional, y estas diferencias influyen de manera significativa en cómo se implementa la flexibilidad. En algunos contextos, las señales de mercado ya recompensan la optimización del sistema. En otros, particularmente en los sistemas verticalmente integrados⁵, la flexibilidad no surgirá sin una política pública que la incentive.

Si bien una implementación coordinada puede ser beneficiosa, estas estructuras suelen sesgar la toma de decisiones hacia activos conocidos e intensivos en capital, y soluciones centradas principalmente en la infraestructura. En estos casos, es difícil que la flexibilidad sea competitiva, a menos que su valor se estime de forma cuantitativa y se incorpore en los marcos de planeación e inversión. Es aquí donde la evaluación de la flexibilidad se vuelve más relevante, más aún, en los mercados emergentes y en transición, donde cada vez es más práctico⁶.

En los sistemas verticalmente integrados, conocer y estimar el valor de la flexibilidad proporciona evidencia para los tomadores de decisiones que controlan las inversiones en todo el sistema. Además, facilita que los tomadores de decisión y los planificadores puedan comparar directamente la flexibilidad con las opciones convencionales de expansión de infraestructura eléctrica; y esto permite identificar dónde la optimización puede posponer o evitar inversiones costosas, manteniendo al mismo tiempo la seguridad energética y la confiabilidad del sistema.

Para mercados clave, como los sistemas verticalmente integrados, la oportunidad es clara. Al priorizar una evaluación y modelación sólida, la flexibilidad puede pasar de ser una opción marginal a un pilar central en el diseño de sistemas resilientes y de menor costo.

⁵ Los sistemas integrados verticalmente se refieren a sectores eléctricos en los que la generación, las redes y la operación del sistema son planificadas y operadas por la misma institución, en lugar de coordinarse a través de mercados competitivos.

⁶ El Banco Mundial ha publicado orientación para empresas de servicios públicos y organismos reguladores sobre cómo seleccionar e implementar programas de respuesta a la demanda, específicamente para apoyar la flexibilidad de la red en países en desarrollo ([World Bank, 2024](#))

La flexibilidad no se implementará a gran escala únicamente por intención. Debe estar impulsada por políticas públicas.

Si se busca que la flexibilidad genere los beneficios esperados, los tomadores de decisión deben ir más allá de las metas y objetivos y avanzar hacia un diseño deliberado del sistema. Para esto, se necesitará contar con prioridades claras, incentivos alineados y hacer un cambio de la planeación basada en la expansión de la infraestructura.

Los sistemas eléctricos están bajo una presión creciente no porque les falte capacidad, sino porque les hace falta integrar la flexibilidad. En muchos mercados, los marcos de planeación e inversión siguen favoreciendo la construcción de más infraestructura, en lugar de utilizar de forma más estratégica los activos existentes. Los resultados incluyen mayores costos para el sistema eléctrico, congestión (que se puede evitar) en las redes, un aumento en la restricción de generación y una mayor exposición a riesgos relacionados con la seguridad energética.

La flexibilidad es parte de la solución, sin embargo, al no contar con una evaluación clara, ni con una base de política pública, ésta seguirá teniendo un rol menor en las decisiones para mejorar los sistemas energéticos. Para lograr cambiar esto, hemos identificado tres acciones inmediatas:

- **Visibilizar la flexibilidad** en las decisiones nacionales de planeación e inversión. Cuantificar el valor de la flexibilidad para el sistema eléctrico en su conjunto y compararlo directamente con los costos de expandir la infraestructura.
- **Diseñar para la flexibilidad, no solo para la capacidad.** Incorporar la flexibilidad en los marcos de planeación, los procesos regulatorios y los mecanismos de licitaciones y compras públicas, como un principio fundamental de diseño y no como una medida de contingencia o una solución correctiva.
- **Priorizar las principales restricciones del sistema.** Enfocar los esfuerzos iniciales de política pública en las áreas donde la flexibilidad genera el mayor valor para el sistema eléctrico: demanda máxima, congestión de la red y riesgos para la confiabilidad.

Nuestra perspectiva está basada en nuestra experiencia práctica y refleja las lecciones aprendidas a partir del trabajo directo tanto en sistemas eléctricos maduros como en mercados emergentes: la flexibilidad genera mayor valor cuando se considera un elemento clave del sistema y cuando se evalúa desde una perspectiva integral. Conocer y estimar el valor de la flexibilidad es el primer paso para pasar del concepto a la implementación. Las inversiones se movilizan cuando el valor es cuantificable.

Lo más importante es la implementación. La flexibilidad no se desarrollará a gran escala por sí sola, ni surgirá de manera uniforme en todas las estructuras de mercado. Los tomadores de decisión, particularmente en sistemas integrados verticalmente y enfocados en la infraestructura, deben incorporar la flexibilidad en la planeación y el financiamiento de los sistemas, así como en los procesos de decisiones de inversión. De esta forma, se desarrollará un sistema eléctrico más resiliente y asequible para el futuro.

La oportunidad no radica en una optimización incremental, sino en un cambio transformador en la manera en la que se diseñan y gestionan los sistemas eléctricos.

Para obtener más información, visita nuestra página de visión y soluciones para el sector de la transición energética [aquí](#).



Autores:

Masaō Ashtine

Gerente Sénior, Transición Energética
Carbon Trust

Andrew Lever

Director, Transición Energética
Carbon Trust

Amanda Luna

Líder de Energía Limpia para Latinoamérica
Carbon Trust

carbontrust.com

client.support@carbontrust.com

Si bien se han tomado medidas razonables para garantizar que la información contenida en esta publicación sea correcta, los autores, Carbon Trust, sus agentes, contratistas y subcontratistas no ofrecen ninguna garantía ni declaración respecto de su exactitud y no aceptan responsabilidad alguna por errores u omisiones. Todas las marcas comerciales, marcas de servicio o logotipos utilizados en esta publicación, así como los derechos de autor sobre su contenido, son propiedad de Carbon Trust o de sus licenciantes. Nada de lo contenido en esta publicación se interpretará como la concesión de una licencia o derecho para utilizar o reproducir cualquiera de las marcas comerciales, marcas de servicio, logotipos, derechos de autor o cualquier otra información de propiedad intelectual de cualquier manera sin el consentimiento previo por escrito de Carbon Trust. Carbon Trust hará valer sus derechos de propiedad intelectual en la máxima medida permitida por la ley.

Carbon Trust es una empresa limitada por garantía, registrada en Inglaterra y Gales con el número de empresa 4190230, con domicilio social en Level 5, Arbor, 255 Blackfriars Road, Londres SE1 9AX, Reino Unido.

© Carbon Trust 2026. Todos los derechos reservados.