



**Fundación
Iberoamericana
Empresarial**

UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA INNOVADORA Y SOSTENIBLE

Transformación y Expansión de las Redes Eléctricas Inteligentes

"Las redes eléctricas se encuentran entre los héroes anónimos de la transición energética, pero necesitan una inversión masiva".

....."Si bien se presta mucha atención a los paneles solares y los vehículos eléctricos, son las redes las que conectan todo. Al digitalizar nuestras redes, nuestros sistemas de energía se vuelven más fiables y seguros, y nuestras empresas de servicios públicos pueden gestionar mejor el equilibrio entre la oferta y la demanda de electricidad. Cuanto más esperemos para actualizar y digitalizar nuestras redes, más caro será"

Dr. Birol, Director de la Agencia Internacional de la Energía

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

PRESENTACIÓN

La conferencia sobre el clima COP28 en Dubái ha transmitido un mensaje histórico e inequívoco de que el sistema energético mundial debe alejarse progresivamente del uso del carbón, el petróleo y el gas. Sin embargo, otros mensajes de la Declaración son relevantes para América Latina y para los objetivos de este informe. Primero, el proceso de reducción de emisiones para alcanzar la senda de limitar el calentamiento Global a 1,5 no va bien. Por tanto, las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) no son suficientes y consecuentemente los países deben enviar otras más ambiciosas y establecer las políticas que las hagan posibles. Segundo, los compromisos adquiridos son triplicar la potencia de renovables y duplicar las ganancias de eficiencia energética para 2030. Tercero, las iniciativas y propuestas de apoyo financiero a los países de menor renta son muchas, pero los compromisos escasos. A pesar de estos mensajes, la sociedad no parece reconocer que no se pueden eliminar los combustibles fósiles sin disponer de mucha más financiación para las enormes inversiones que requiere triplicar las energías renovables y duplicar las ganancias en eficiencia energética y que además la energía llegue a la industria y los hogares con seguridad y sin despilfarros. Además, es urgente que la sociedad en general y los Gobiernos en particular reconozcan la urgencia de una transformación y expansión de las redes eléctricas de transmisión y distribución. Sin las necesarias redes eléctricas inteligentes, la eliminación de los combustibles fósiles será un deseo frustrado.

La región de América Latina ya genera alrededor del 25% de su energía a partir de energías renovables, en gran parte hidroeléctrica y biocombustibles. Sin embargo, existe el potencial de aprovechar sus recursos solares y eólicos. Triplicar la capacidad de generación de energía renovable en América Latina es posible por la disponibilidad de recursos naturales, pero requiere mucho esfuerzo para superar el enorme reto de la ausencia de redes eléctricas. Este informe pretende situar la brecha de redes eléctricas en América Latina en el centro de las decisiones políticas y económicas de la región y de los acuerdos de la región con la Unión Europea a la vez que impulsar la realización en cada país de planes para el desarrollo y modernización de las redes. Un marco con visión regional para la planificación de la expansión y transformación inteligente de las redes eléctricas es una opción que facilita la financiación a largo plazo, permite la adecuada identificación de los costes y beneficios de todos afectados, y promueve la integración de los sistemas eléctricos. La experiencia de la Unión Europea con la integración de los mercados indica que la cooperación regional, si bien no resuelve todos los problemas de los sistemas eléctricos, permite avanzar en el aprovechamiento de las complementariedades en la oferta de energías renovables.

Esperamos que este informe contribuya a animar a que los países más industrializados, en particular a la Unión Europea, aumenten la financiación a los países de América Latina para que transformen, digitalicen y expandan sus redes eléctricas y logren una transición energética innovadora y sostenible.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

AGRADECIMIENTO

Agradecemos las aportaciones de los patronos de la Fundación Iberoamericana Empresarial, de Redeia sin las cuales este informe no hubiera sido posible.

Coordinadora del Informe:

Paulina Beato

Catedrática de Análisis Económico

Técnico Comercial y Economista del Estado

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Contenido

Resumen Ejecutivo 1

1. Héroes olvidados de la transición energética 4
2. Un déficit global de redes eléctricas inteligentes 8
3. El estado de las redes eléctricas en América Latina 15
4. Una planificación descentralizada con visión regional 22
5. Una nueva relación entre América Latina y La Unión Europea 34
6. Consideraciones finales 39

Referencias 41

Anexo 1. Comunicado a la Secretaría General Iberoamericana 4

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Resumen Ejecutivo

1. El presente informe FIE (2024) tiene cuatro objetivos. Primero, situar la brecha de redes eléctricas en América Latina en el centro de las decisiones políticas y económicas de la región y de los acuerdos de la región con la Unión Europea (UE). Segundo, impulsar la realización en cada país de planes con una visión regional para el desarrollo y modernización de las redes eléctricas en consonancia con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) que contemplen horizontes de hasta el año 2030 y 2035. Tercero, promover una asociación entre las instituciones de la UE y la región para apoyar financiera y tecnológicamente la ejecución de los planes y lograr una transformación integral de las redes eléctricas de la región. Cuarto, contribuir a una transformación del enfoque de la regulación de redes que contemple junto con los costes de las redes inteligentes, las externalidades positivas que genera, en particular los beneficios como habilitador de la transición energética sostenible. El informe desarrolla las razones por las cuales los citados objetivos son clave para el crecimiento y bienestar de América Latina y la UE.
2. La transición energética requiere ampliar significativamente el papel de la electricidad en las economías, lo que exige el respaldo de redes más capaces, resilientes e inteligentes. Las redes eléctricas son el elemento clave del sistema eléctrico pues integra los factores y agentes. Es decir, las redes integran la generación flexible, la generación intermitente centralizada y distribuida procedente de las energías renovables, las opciones de almacenamiento como las baterías y la energía hidráulica almacenable, la demanda industrial y doméstica, el suministro a puntos de recarga de vehículos eléctricos. Las empresas y los hogares no sólo consumen, sino que también inyectan electricidad a la red, mientras que los vehículos eléctricos requieren una infraestructura de puntos de recarga y pueden inyectar energía en los hogares y en la red. La descarbonización de la industria exige más electrificación lo que su vez demanda una enorme expansión de las redes eléctricas para atender las exigencias de la industria transformada.
3. Los problemas que los retrasos en el aumento y transformación de las redes eléctricas provocan a la sociedad y al proceso de transición energética no están en consonancia con la atención que la sociedad presta a las redes eléctricas. El cumplimiento de los compromisos climático-nacionales a nivel mundial significa añadir o renovar un total de más de 80 millones de kilómetros solamente de redes de transmisión para 2040, el equivalente a toda la red mundial existente. Estudios recientes indican que de los 770.000 millones de dólares que se destinan cada año a la energía limpia para las economías emergentes y en desarrollo, solo una quinta parte se destina actualmente a la construcción, ampliación y preparación de redes eléctricas para el futuro. Resulta difícil aceptar el olvido de las redes, cuando las necesidades de inversión anual en redes eléctricas representan casi el 38% de la inversión anual necesaria para alcanzar el escenario de emisiones cero en 2050.
4. El primer informe de la Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en inglés) para la región de América Latina explora varios escenarios, pero los dos más relevantes a los efectos de redes son: el escenario de Políticas Declaradas (STEPS), que refleja la configuración actual de las políticas y el escenario de Compromisos Anunciados (APS), que supone que todos los compromisos y metas se alcanzan en su totalidad y a tiempo, incluidos los objetivos climáticos

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

establecidos por las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional. En todos estos escenarios los aumentos de inversión en redes son significativas.

- Bajo el escenario STEPS, la inversión en redes pasa de representar el 17% de la inversión total en el sector eléctrico en el año 2022 a representar más del 35 % en 2050. En este escenario, la red eléctrica en América Latina y el Caribe se expande de alrededor de 9 millones de km de líneas en 2022 a 10 millones de km en 2030 y 13,6 millones de km en 2050.
 - Bajo el escenario APS, la inversión en la red aumenta aún más drásticamente. La inversión en redes de transmisión se multiplica por 6,5 desde los niveles de 2022 hasta superar los 20.000 millones de dólares en 2050 y la inversión en redes de distribución se multiplica por más de 7 hasta los 45.000 millones de dólares. En este escenario, la red eléctrica de América Latina y el Caribe crece a 17 millones de km de líneas y cables para 2050.
5. La transformación digital de las redes eléctricas supone un reto adicional a la expansión y de las redes eléctricas. No se trata de dotar a las redes de instrumentos digitales, se trata de construir un sistema integrado entre la energía, los sistemas informáticos, y las comunicaciones. Una red inteligente requiere la integración de las tecnologías de energía, las comunicaciones e información para una infraestructura de energía eléctrica mejorada que da servicio a las cargas y, una incorporación continua de las nuevas aplicaciones de uso final. En consecuencia, la interoperabilidad entre las tres dimensiones de la red inteligente (energía, comunicaciones y sistemas informáticos) se vuelve fundamental para el funcionamiento, el rendimiento y la solidez no solo de los componentes de la red inteligente, sino de la red eléctrica en su conjunto.
 6. El informe FIE (2024) sugiere, adaptando las recomendaciones de la IEA a las características de la región , que los países lleven a cabo una planificación con una visión regional con tres requisitos: a) coherencia con las NDC y con las correspondientes estrategias de largo plazo, b) las oportunidades de integración regional; c) el avance sostenido hacia redes inteligentes y resilientes. Conviene insistir en que la planificación de las redes eléctricas es crucial para el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos por los largos períodos de maduración de las inversiones y la necesidad de coordinar todos los componentes de los sistemas. Aunque las redes de transporte y distribución tienen ciclos distintos, una planificación integradora es necesaria para asegurar la integración y la interoperabilidad del sistema. Como resalta la IEA, la formulación y ejecución de la planificación de redes demanda un marco regulatorio que incentive y facilite la construcción de éstas y el desarrollo de cadenas de valor regionales que aseguren el suministro de sus componentes y construcción. El informe incluye un análisis de estos anclajes.
 7. La lucha contra el cambio climático y la nueva geopolítica son los pilares que soportan una nueva y fructífera relación entre Europa y América Latina. Por un lado, América Latina ofrece un espacio para captar los cambios en la localización global de cadenas productivas que la nueva geopolítica demanda. La nueva localización pretende la diversificación productiva para la reducción de los riesgos asociados a la concentración de la producción. Por otro, América Latina es una fuente inagotable de los productos que se requieren para la lucha contra el cambio climático. Los productos y servicios asociados a la transición Energética son una buena opción para iniciar el camino hacia un mayor diálogo e integración puesto que existe un amplio acuerdo global sobre las

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

oportunidades de cooperación en esta área. Además, una acción climática eficaz requerirá unir a los sectores público y privado a lo largo de las cadenas de valor asociadas a la transición energética.

8. Una nueva relación entre Europa y América Latina basada en productos y servicios asociados a la transición energética avanzará, si la transformación y expansión de las redes eléctricas inteligentes se convierte en una prioridad. Pero para un desarrollo de las redes eléctricas acorde con las NDC, es necesario solucionar tres enormes retos: la regulación y el sistema de permisos, el desarrollo de cadenas de valor asociadas a las redes, y la financiación en particular para los países con escaso espacio fiscal. Los dos primeros retos ya se han mencionado y se analizan en FIE (24) como anclas sobre las que desarrollar la planificación de las redes con visión regional.
9. La Agenda de Inversiones Global Gateway (AIGG) de la UE en América Latina y el Caribe es un instrumento idóneo para complementar la financiación para la transición energética y situar la transformación y expansión las redes eléctricas inteligentes en el centro de atención de sociedad. Y ello por dos razones de vital importancia. En primer lugar, los pilares de las citada Agenda son la transición energética, digitalización, talento y resiliencia y no es imposible avanzar por estos pilares sin la expansión y transformación de las redes eléctricas. En segundo lugar, la UE y los bancos de desarrollo de la región están consolidando acuerdos para aunar sus experiencias y conocimiento de la región para impulsar inversiones de los sectores públicos y privados de hasta 45 000 millones de euros antes de 2027.
10. Los Bancos de Desarrollo de la región participan en el Equipo Europa de la Agenda de Inversiones Global Gateway. La fuerza de la asociación y la aceptación de algunos compromisos para apoyar la transformación y desarrollo de redes eléctricas inteligentes las sacarían del olvido y las situarian en el centro del dialogo de la transición energética. Entre los compromisos que parecen oportunos se encuentran:
 - Primero. Facilitar los conocimientos y la financiación a los países de la región para la preparación de planes de expansión y transformación de las redes incluyendo las reformas regulatorias correspondientes.
 - Segundo. Promover la disponibilidad de la financiación de las inversiones de las redes incluidas en los planes de los países, con especial énfasis en aquellos que apoyen las NDC y el acceso de toda la población a la electricidad.
 - Tercero. Acordar con los Gobiernos y Reguladores sistemas de incentivos y vigilancia para el cumplimiento de los planes de expansión y transformación de las redes.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

1. Los héroes olvidados de la transición energética

¿Por qué se olvidan las redes eléctricas inteligentes?

Las redes eléctricas de transmisión y distribución -cuando se mencionen las redes eléctricas en este informe a menos que se especifique otra cosa se refiere a ambas- han estado suministrando energía a hogares, empresas e industrias durante más de 100 años. La transición energética requiere ampliar significativamente el papel de la electricidad en las economías, lo que exige el respaldo de redes más capaces, resilientes e inteligentes. Las redes eléctricas son el elemento clave del sistema eléctrico pues integra los factores y agentes. Es decir, las redes integran la generación flexible, la generación intermitente centralizada y distribuida procedente de las energías renovables, las baterías, la demanda industrial y doméstica, el suministro a puntos de recarga de vehículos eléctricos. Las empresas y los hogares no sólo consumen, sino que también inyectan electricidad a la red, mientras que los vehículos eléctricos requieren una infraestructura de puntos de recarga y pueden inyectar energía en los hogares y en la red. De igual manera, la descarbonización de la industria requerirá una mayor electrificación con la consiguiente demanda de una enorme expansión de las redes eléctricas. Por tanto, integrar eficientemente la intermitencia de las renovables requiere que se aprovechen todas las opciones para dar mayor de flexibilidad a la demanda y la oferta. Ello se logra mediante redes eléctricas inteligentes y suficientes. Los problemas que los retrasos en el aumento y transformación de las redes eléctricas provocan a la sociedad y al proceso de transición energética no están en consonancia con la atención que la sociedad presta a las redes eléctricas.

Pero no solo se necesitan más redes, se necesitan redes inteligentes e integradas. El principal objetivo de los operadores de las redes tanto de transmisión como de distribución es medir, gestionar y regular la demanda, la generación y el flujo de energía para que el suministro llegue en la cantidad y calidad requeridas en cada momento. Cabe destacar el cambio de paradigma en el sector eléctrico, donde se pasa de un sistema centralizado con una demanda estable, con flujos unidireccionales y decenas de generadores a un sistema descentralizado, con crecimientos altos de demanda, con flujos bidireccionales y millones de generadores y consumos más intermitentes. Por eso, hace falta aumentar significativamente la inversión en redes inteligentes. Además, merece la pena recordar que es la red la que aporta fiabilidad ante los fallos de otros elementos del sistema. Por ello se requiere un sistema más interconectado y no un sistema de archipiélagos formado por grupos de generación distribuida y consumo.

La digitalización es clave para gestionar la flexibilidad, pero también para mejorar la calidad de suministro. El paso central en la digitalización de la red eléctrica consiste en el diseño e implantación de nodos informáticos en los puntos de consumo y generación y en los correspondientes puntos intermedios, como subestaciones. Los nodos recopilan información sobre la generación y el consumo energético de la red eléctrica y su operación y utilizan aplicaciones específicas para gestionar y estabilizar la demanda y la oferta con seguridad. Para ello, se necesitan sensores, pero también elementos telegestionados para cambiar la configuración de la red ante fallos y suministrar la demanda desde otros puntos, lo que exige sistemas de telecomunicaciones y sistemas de control. La calidad de suministro, medida en horas de interrupciones, es una de las grandes diferencias entre las redes integradas y digitalizadas y las redes pendientes de una transformación integral. Nótese que la interoperabilidad de los componentes de las redes eléctricas de transmisión y distribución es un reto adicional. Nótese que la interoperabilidad genera un enorme reto para las redes antiguas, cuya transformación

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

digital requiere una modificación eficiente e innovadora de los marcos regulatorios capaces de retribuir las nuevas inversiones sobre redes antiguas.

Las siguientes palabras de Dr. Birol, Director de la Agencia Internacional de la Energía, reflejan su visión sobre la importancia de las redes y su preocupación por el relativo abandono de estas:

- "Las redes eléctricas se encuentran entre los héroes anónimos de la transición energética, pero necesitan una inversión masiva".
- "Si bien se presta mucha atención a los paneles solares y los vehículos eléctricos, son las redes las que conectan todo. Al digitalizar nuestras redes, nuestros sistemas de energía se vuelven más fiables y seguros, y nuestras empresas de servicios públicos pueden gestionar mejor el equilibrio entre la oferta y la demanda de electricidad. Cuanto más esperemos para actualizar y digitalizar nuestras redes, más caro será".

América Latina no es ajena a esta visión del Dr. Birol, pues, aunque las autoridades de los países y los Bancos Multilaterales de Desarrollo se refieren y prestan atención a las redes eléctricas, la opinión generalizada refleja que existe un retraso de la inversión en redes para atender a los compromisos adquiridos en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y en los objetivos de desarrollo sostenible, en particular el ODS-7 que se refiere a garantizar el acceso universal a la electricidad. Por ejemplo, las estimaciones de Brichetti J.P. y otros (2021) indican que, para garantizar el acceso universal y sostenible en línea con las metas relacionadas a la infraestructura en el ODS-7, América Latina deberá realizar entre 2021-2030 unas inversiones totales en el sector eléctrico por 577.083 millones de dólares. De esta cifra, 396.914 millones de dólares deben destinarse a construir nueva infraestructura de generación, transmisión y distribución. Por su parte, los costos de mantenimiento de las redes actuales y de reemplazo de activos que llegan al fin de su vida útil en generación, transmisión y distribución ascienden a 180.169 millones de dólares. En suma, cumplir con las metas asociadas a los componentes de infraestructura del ODS-7 requerirá invertir anualmente a nivel regional como mínimo un 0,8% del PBI hasta 2030. Si a estas cifras añadimos la demanda de electricidad derivada de la necesaria transformación de la industria para cumplir las metas de París, la cifra sería muy superior.

¿Demandan los operadores del sistema eléctrico una planificación de redes con visión regional?

A lo largo del informe se discutirá la oportunidad de una planificación de los países con una visión regional de la expansión y transformación de las redes eléctricas inteligentes. Aunque hay muchas razones que aconsejan la planificación, ahora solo mencionaremos que la inercia del sector redes es mucho mayor que la de la generación. Por ejemplo, mientras que un parque solar o eólico se puede llevar a cabo en un par de años, construir una línea de alta tensión puede requerir entre 5 y 10.

Debe tenerse presente que los ciclos y el ámbito de la planificación de las redes de transmisión y de distribución es diferente. Por ello, aunque la planificación de la distribución se haga por empresas a nivel más descentralizado, ello no significa ausencia de integración del conjunto de todas las redes de distribución y transmisión. Dos referencias son relevantes a este respecto. En el segundo encuentro Latín América Energy Week Latam 2022 organizado por Siemens Energy, el CEO de Pampa Energía, Gustavo Mariani, señaló que la mayoría de los países de América Latina tienen problemas de infraestructura que demoran el desarrollo de las energías renovables.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Sostuvo que además de unificar los sistemas, es necesario hacer lo mismo con la regulación, a fin de que todos los sistemas se puedan incorporar y así trabajar en conjunto y explicó:

"Aquí entramos en un tema delicado, que son los incentivos a energías renovables, muchas veces impactan de manera directa a la generación, pero se olvida una parte fundamental que es la infraestructura".

"Es común que en la mayoría de los países de América Latina estén enfrentando, actualmente, el problema de infraestructura, la red eléctrica y las líneas de transmisión ya no son suficientes para atender a todos, ante este panorama, las energías renovables se ven afectadas por el rezago de la infraestructura".

De forma similar, la calificadora Moody's advierte de un rezago en México para lograr los compromisos de transición energética como consecuencia de la falta de inversión en redes eléctricas.

"Entre las economías más importantes de América Latina, México se está quedando atrás en sus planes de transición energética, ya que no ha realizado suficientes inversiones en transmisión. El país no cuenta con planes robustos de transición y se espera que continúe dependiendo mucho de la generación de energía termoeléctrica, gran parte de la cual proviene de exportaciones de gas natural de Estados Unidos", indica la firma a través de un informe con fecha de publicación del martes 26 de marzo de 2024. *"Hoy en día, México no presenta un marco regulatorio para inversiones privadas en el sector de transmisión"*, concluye la calificadora.

Objetivos y contenido

El presente informe FIE (2024) pretende cuatro objetivos. Primero, situar la brecha de redes eléctricas en América Latina en el centro de las decisiones políticas y económicas de la región y de los acuerdos de la región con la Unión Europea (UE). Segundo, impulsar la realización en cada país de planes para el desarrollo y modernización de las redes eléctricas en consonancia con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) que contemplen horizontes de hasta el año 2030 y 2035. Tercero, promover una asociación entre las instituciones de la UE y la región para apoyar financiera y tecnológicamente la ejecución de los planes y lograr una transformación integral de las redes eléctricas de la región. Cuarto, contribuir a una transformación del enfoque de la regulación de redes que contemple junto con los costes de las redes inteligentes, las externalidades positivas que genera, en particular los beneficios como habilitador de la transición energética sostenible.

El informe está organizado de la forma siguiente. La sección 2 describe el relativo abandono que experimentan las redes eléctricas en todo el mundo y presenta algunos datos sobre las necesidades de inversión en redes. Asimismo, recoge las recomendaciones de la Agencia Internacional de la Energía para avanzar en el desarrollo de las redes eléctricas, incluyendo su transformación en redes inteligentes. La sección 3 analiza el estado de las redes en América Latina, destacando las necesidades de inversión, la opinión de los actores sobre el grado de transformación y la escasa integración regional de los sistemas eléctricos. La sección 4 analiza las ventajas y oportunidades para que los países lleven a cabo un plan de expansión de sus redes eléctricas integrado en sus respectivas estrategias de descarbonización. En ella, se resalta las ventajas de que las planificaciones de los países consideren una visión

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

regional, cumplan un conjunto de requisitos y se anclen en una regulación incentivadora de la inversión y aceleradora de los permisos, y la promoción de cadenas de valor en la región. La sección 5 analiza los pilares de una nueva relación entre América Latina y la Unión Europea insistiendo en las oportunidades de apoyo mutuo para avanzar hacia una transición energética innovadora y sostenible. Finalmente, la sección 6 presenta un resumen de los puntos más relevantes tratados en el informe.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

2. Un déficit global de redes eléctricas inteligentes

Las redes eléctricas son clave para la transición energética

En un escenario en el que los objetivos nacionales de energía y clima comprometidos por los países (NDC) se cumplan a tiempo, la energía eólica y solar fotovoltaica representan más del 80% del aumento total de la capacidad energética mundial en las próximas dos décadas, en comparación con menos del 40% en las últimas dos décadas. En el escenario de cero emisiones netas para 2050 de la Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en inglés), la energía eólica y solar representan casi el 90% del aumento. Alcanzar los objetivos nacionales comprometidos por los países también significa añadir o renovar un total de más de 80 millones de kilómetros de redes para 2040, el equivalente a toda la red mundial existente.

La aceleración del despliegue de las energías renovables exige la transformación y expansión de las redes de distribución y el establecimiento de nuevos corredores de transmisión para conectar los recursos renovables, como los proyectos de energía solar fotovoltaica en el desierto y las turbinas eólicas marinas en el mar, que están lejos de los centros de demanda como las ciudades y las zonas industriales. Las redes modernas y digitales son vitales para salvaguardar la seguridad eléctrica durante las transiciones a la energía limpia. A medida que aumenta la proporción de energías renovables variables, como la solar fotovoltaica y la eólica, los sistemas de energía deben ser más flexibles para adaptarse a los cambios en la producción. En un escenario coherente con el cumplimiento de los objetivos climáticos nacionales, la necesidad de flexibilidad del sistema se duplica entre 2022 y 2030. Las redes deben operar de nuevas maneras y aprovechar los beneficios de los recursos distribuidos, la energía solar en los tejados, y todas las fuentes de flexibilidad. Esto incluye el despliegue de tecnologías de mejora de la red y el desbloqueo del potencial de la respuesta a la demanda y el almacenamiento de energía a través de la digitalización. Desafíos adicionales vendrán de la electromovilidad, estaciones de carga, almacenamiento distribuido que proporciona nuevas opciones de gestión de la demanda.

Además, el gran reto de la transición energética es la electrificación de la demanda, no sólo la conexión de renovables. Las redes han de permitir que la industria, el transporte, los edificios se electrifiquen al ritmo que consideren y la falta de red no ralentice o impida la transformación de la demanda: Por ejemplo, la industria del vidrio que usa hornos con una vida útil de 15 años. Si no hay red hoy para cambiar un horno de gas por uno eléctrico, habrá que esperar 15 años para su transformación. Sin redes, no se puede conectar la nueva industria y aprovechar la energía renovable y barata de América Latina. Sin redes, la industria no se localizará en América Latina.

El cumplimiento de los compromisos climático-nacionales también significa añadir o renovar un total de más de 80 millones de kilómetros solamente de redes de transmisión para 2040, el equivalente a toda la red mundial existente. De acuerdo con Hevia-Kock E and otros (2024), de los 770.000 millones de dólares que se destinan cada año a la energía limpia para las economías emergentes y en desarrollo, solo una quinta parte se destina actualmente a la construcción, ampliación y preparación de redes eléctricas para el futuro. Esto puede ser provocado porque estas potenciales inversiones no se ajustan a las expectativas de riesgo-rendimiento de los inversores privados, lo que pone de relieve el importante papel de los marcos regulatorios para mitigar los riesgos. En cualquier caso, resulta difícil aceptar el olvido de las redes, cuando las necesidades de inversión anual en redes eléctricas representan casi el 38% de la inversión anual necesaria para alcanzar el escenario de emisiones cero en 2050. En efecto, de acuerdo

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

con ETC (2023), la inversión anual en electricidad incluyendo generación de renovables y otras de cero emisiones, redes, y flexibilidad es de 2400 miles de millones de dólares.

Los riesgos de la escasez de inversión en redes

Las redes corren el riesgo de convertirse en el eslabón débil de las transiciones a energías limpias. Al menos 3000 gigavatios (GW) de proyectos de energía renovable, de los cuales 1.500 GW se encuentran en fases avanzadas, están esperando en las colas de conexión a la red, lo que equivale a cinco veces la cantidad de capacidad solar fotovoltaica y eólica añadida en 2022. Esto demuestra que las redes se están convirtiendo en un cuello de botella para las transiciones a las emisiones netas cero. Es probable que el número de proyectos en espera de conexión en todo el mundo sea aún mayor, ya que los datos sobre dichas colas son accesibles solo para ciertos países que representan menos de la mitad de la capacidad mundial de energía eólica y solar fotovoltaica.

Si bien la inversión en energías renovables ha aumentado rápidamente, casi duplicándose desde 2010, la inversión mundial en redes eléctricas de transmisión y distribución apenas ha cambiado, permaneciendo estática en alrededor de USD 300 mil millones por año. IEA (2023) analiza los impactos de un retraso en la inversión de redes y concluye que provocaría un estancamiento de las transiciones con una adopción más lenta de las energías renovables y un mayor uso de combustibles fósiles. En particular, destaca un aumento de las emisiones acumuladas de CO₂ del sector eléctrico hasta 2050 de 58 gigatoneladas. Esto equivale al total de emisiones de CO₂ del sector eléctrico mundial de los últimos cuatro años. También significaría que el aumento de la temperatura global a largo plazo superaría con creces los 1,5 °C, con un 40% de posibilidades de que supere los 2 °C. Además, la falta de construcción de redes aumenta la dependencia de los países de los combustibles fósiles. En el caso del retraso de la red, las importaciones mundiales de gas serían más de 80.000 millones de metros cúbicos (bcm) al año más altas después de 2030 que en un escenario alineado con los objetivos climáticos nacionales. El retraso en el desarrollo de la red también aumenta el riesgo de que se multipliquen los apagones económico perjudiciales. Hoy en día, estos apagones ya cuestan alrededor de 100.000 millones de dólares al año.

La transición energética demanda redes inteligentes

La transición a la energía limpia requiere una transformación fundamental de los sistemas energéticos, incluidos niveles mucho más altos de digitalización en todas las redes que conectan la generación y el uso final.

La cadena de valor del sector eléctrico está compuesta por cuatro grandes eslabones asociados con las actividades clave de la prestación del servicio: la generación de electricidad, el transporte de electricidad a través de líneas de transmisión, la distribución a los usuarios finales y la comercialización. En este entorno, las tecnologías de la información y las comunicaciones principalmente se utilizaban como una herramienta de apoyo para la administración y operación de las redes eléctricas. Sin embargo, en las últimas décadas, la digitalización no solo ha ganado relevancia en la operación y mantenimiento de los sistemas eléctricos, sino que, han abierto nuevas posibilidades en materia de generación, distribución y comercialización de energía. El recuadro 2.1 recoge las distintos servicios e impactos asociados a cada tecnología.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

RECUADRO 2.1

TECNOLOGÍA	SERVICIOS	IMPACTOS
Infraestructura de medición inteligente (AMI)	<ul style="list-style-type: none"> Lectura y control del consumo de energía eléctrica Tarifas dinámicas Alertas al usuario sobre el precio de la energía Análisis de datos e información Conexión y desconexión remota de circuitos 	<ul style="list-style-type: none"> Uso eficiente de la energía Aplanamiento de la curva de demanda de energía Reducción de los costos de operación y mantenimiento Definición del marco regulatorio para su implementación Facilidad de acceso a las redes de telecomunicaciones
Automatización de la red de distribución (ADA)	<ul style="list-style-type: none"> Optimización de la operación Conexión y desconexión remota de circuitos Telecontrol de elementos del sistema eléctrico Reconfiguración automática de la red Disminución del número y duración de interrupciones Análisis de datos e información 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la vida útil de los activos Disminución de los costos de inversión Mejoramiento de la confiabilidad y resiliencia del sistema eléctrico Facilidad de acceso a las redes de telecomunicación
Recursos distribuidos y energía vehículos	<ul style="list-style-type: none"> Generación y flexibilización de la demanda en las redes de distribución Comercialización de excedentes de energía generada por los usuarios Generadores virtuales 	<ul style="list-style-type: none"> Menores necesidades de inversión Integración de renovables Reducción de la huella de carbono Definición del marco regulatorio para la comercialización de los excedentes de energía

Fuente: Silveira, A. y otros (2021).

Uno de los beneficios inmediatos de la digitalización del sistema eléctrico es la mejora de la fiabilidad. El costo de las redes poco confiables es muy alto tanto en términos monetarios directos como por sus implicaciones sobre otros sectores que inciden mucho en el bienestar de las sociedades. Entre las implicaciones que la falta de redes provoca cabe señalar las siguientes.

La IEA (2024) estima que las pérdidas por la falta de seguridad de suministro podrían ascender a casi 1,3 billones de dólares hasta 2030. La eliminación de dichas perdidas sería vital para mejorar las finanzas de las empresas de servicios públicos e impulsar el desarrollo económico. El mismo informe IEA (2024) estima que, en algunos países, como por ejemplo Nepal, las redes poco fiables tienen efectos de gran alcance en la economía, lo que provoca pérdidas del producto interior bruto (PIB) de hasta el 6%.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Además, las interrupciones afectan a todas las infraestructuras críticas y pueden afectar al suministro de agua y alimentos, al acceso a la asistencia médica, a los servicios financieros, a las telecomunicaciones y a la movilidad. Por lo tanto, plantea riesgos para la salud, el bienestar y la seguridad y limita las actividades diarias y la productividad.

La digitalización de las redes es un excelente instrumento para controlar y reducir las pérdidas técnicas y las no técnicas entre las que cabe destacar las conexiones ilegales a las redes de distribución. Las pérdidas técnicas en las redes dan lugar a alrededor de una gigatonelada de emisiones de dióxido de carbono (Gt CO₂) al año, mientras que las pérdidas no técnicas son la fuente de ingresos perdidos de 80 a 100 mil millones por año. Además, estas pérdidas de electricidad no técnicas generan enormes problemas financieros en las empresas distribuidoras y comercializadoras.

Digitalización, Expansión y Transformación de las Redes

IEA (2024) alerta que la transición a la energía limpia requiere una transformación fundamental de los sistemas de energía, incluidos niveles mucho más altos de digitalización a escala en todos los dominios de la red, desde la generación hasta la transmisión y la distribución hasta el uso final. Por tanto, es necesario prestar especial atención a las políticas para aumentar las inversiones en redes más inteligentes y resilientes en las economías emergentes y en desarrollo, donde se prevé que el consumo de electricidad crezca a un ritmo acelerado y, al mismo tiempo, proporcione mayores niveles de acceso a la electricidad. Además, las tecnologías digitales diseñadas para los sistemas de energía son fundamentales para desbloquear los servicios esenciales del sistema necesarios para integrar altas proporciones de energía renovable variable. También pueden proporcionar soluciones para aprovechar los flujos de datos, la conectividad y la gestión en todo el sistema eléctrico. Sin embargo, si no se actualiza y digitaliza adecuadamente la infraestructura de red, la producción económica de los países emergentes y en desarrollo podría reducirse en casi 1,3 billones de dólares, ya que la reducción de la productividad, la pérdida de ventas y los desembolsos innecesarios en la generación de copias de seguridad elevan los costes y ponen en riesgo los objetivos de cero emisiones netas.

Nótese que las nuevas tecnologías no son solo para las nuevas redes, hay también que incorporarlas a las redes existentes. Ello es así porque las nuevas tecnologías basadas en los datos permiten optimizar los activos de transmisión existentes y aumentar la capacidad. Esto es crucial para la transición energética, ya que hace que los activos existentes funcionen de manera óptima mientras otras líneas nuevas ingresan a la red. Las tecnologías de mejora de la red son rentables para resolver los cuellos de botella de la red, acortar los plazos de interconexión, aplazar las costosas actualizaciones, reducir las restricciones, aumentar la fiabilidad del sistema e integrar más energía renovable en el sistema. Por ejemplo, simplemente monitoreando la temperatura en tiempo real, y ciertas variables eléctricas de la red que se fijaron constantes y conservadoras en el diseño de las líneas, se pueden facilitar flujos de electricidad significativamente más altos. Esta técnica denominada "Dynamic Rating" -ver ENTSO (2024)- logran mejoras del 30-50% en la capacidad de transmisión de las líneas existentes. Pero, hay que tener en cuenta que la transformación de líneas existentes para convertirlas en inteligentes presenta retos regulatorios a los que hay que prestar atención para que la transformación de redes existentes sea viable financieramente.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

RECUADRO 2.2

ÁREAS DE ACCIÓN POLÍTICA PARA ACELERAR LA DIGITALIZACIÓN

- **Una visión coherente de la transformación digital:** El punto de partida importante para cualquier viaje hacia las redes inteligentes es crear una visión unificada de cómo las tecnologías de redes inteligentes pueden ayudar a cumplir las prioridades de los países, incluidas las relacionadas con el acceso a la energía y la descarbonización. Esta visión puede articularse en estrategias y hojas de ruta. En consonancia con esta visión, habría que ajustar los marcos normativos para reconocer el valor de las inversiones que aprovechan las capacidades digitales. Para ello es necesario involucrar a todas las partes interesadas de los sectores digital y energético.
- **Hojas de ruta para el desarrollo de las redes digitalizadas.** La incertidumbre política y regulatoria es un factor de riesgo clave para las inversiones. Este riesgo puede mitigarse mediante una articulación clara de la política gubernamental, respaldado por la legislación y los cambios normativos. Las declaraciones de la visión, las estrategias nacionales y hojas de ruta son instrumentos clave para indicar el camino y las acciones para desplegar redes eléctricas digitales modernas. Esto lleva implícito el desarrollo de una regulación estable, segura e incentivadora de la inversión.
- **Procesos de planificación con anticipación e integrados.** Los sistemas energéticos requieren profundos cambios que tardan mucho en desarrollarse, lo que impulsa a los actores de todo el sector a adaptarse y anticiparse a las necesidades, los retos y las oportunidades. Están surgiendo nuevos enfoques para las prácticas de planificación coordinadas, anticipadas e integradas que amplían el alcance de la planificación tradicional de los recursos entre el sector eléctrico y otros sectores. La coordinación entre los operadores de transporte y distribución, por ejemplo, es esencial para mantener un funcionamiento fiable del sistema y optimizar el uso de los activos del lado de la oferta y de la demanda de negocio. También es necesario atender la coordinación de las redes con la electrificación de otros sectores desde transporte a industria o edificios.
- **Planes de empresas para el desarrollo de las redes eléctricas digitales.** Una vez que se han establecido los marcos normativos, la responsabilidad de planificar y desarrollar las inversiones en una red digitalizada recae en las empresas de distribución y transmisión de electricidad. Si la inversión en digitalización se produce sin una planificación integrada, surge el riesgo de que las soluciones no se utilicen de manera óptima y no aporten el valor esperado. Las empresas de distribución a consumidores finales deben integrar mejor sus actividades de planificación con la planificación de la generación y la transmisión
- **Herramientas de monitoreo digital para facilitar la planificación a largo plazo.** Los operadores de la red tienen que utilizar una gama de herramientas digitales de monitoreo y seguimiento, especialmente cuando se enfrentan a un crecimiento sin precedentes de la energía solar. La falta de datos fiables sobre las instalaciones es un gran obstáculo para abordar el tipo de actualizaciones de la red necesarias a medida que aumenta el despliegue de renovables. Los datos rastreados y analizados regularmente podrían conducir a mejores modelos de pronóstico para la red para anticipar la demanda, planificar en torno a la producción esperada de energías renovables y otras tendencias futuras de la red, y crear oportunidades para precios dinámicos, gestión del lado de la demanda y otras herramientas.

"How to accelerate smart grid implementation" IEA (2024a)

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Las recomendaciones de la Agencia Internacional de la Energía para las redes del futuro

La IEA (2023) alerta de que la actuación ahora puede asegurar las redes de futuro, y señala cinco recomendaciones para la actuación de los países indicando la conveniencia de que cada país y región diseñe su propia estrategia. Estas recomendaciones trasladadas a la situación de América Latina sugieren una planificación de las redes de transmisión y distribución de cada país con una visión regional con dos anclajes una regulación incentivadora de la inversión y la promoción de cadenas de valor regionales para productos asociados a la expansión y digitalización de las redes eléctricas. Cabe destacar que los ciclos de planificación de las redes de distribución y transmisión son diferentes, pero ello no impide una integración temporal de los distintos ciclos. Ello es clave para la integración digital de todos los dominios de las redes desde la generación al consumidor final pasando por proveedores.

1. Revisar y actualizar la regulación para apoyar no solo el despliegue de nuevas redes, sino también la mejora del uso de los activos. La regulación de la red debe incentivar a las redes para que sigan el ritmo de los rápidos cambios en la demanda y el suministro de electricidad. Para ello es necesario abordar las barreras administrativas, compensar las enormes inversiones en redes eléctricas.
2. La planificación de las redes de transmisión y distribución debe alinearse e integrarse con los procesos amplios de planificación a largo plazo por parte de los gobiernos. La nueva infraestructura de red, en particular las redes de transmisión, a menudo tarda de cinco a 15 años en planificarse, autorizarse y completarse, en comparación con uno a cinco años para los nuevos proyectos de energías renovables y menos de dos años para la nueva infraestructura de carga de vehículos eléctricos. Los planes de red deben integrar las aportaciones de los planes de transición energética a largo plazo en todos los sectores.
3. La inversión en redes debe casi duplicarse para 2030 a más de USD 600 mil millones por año después de más de una década de estancamiento a nivel mundial, con énfasis en la digitalización y modernización de las redes de distribución. Las economías avanzadas han experimentado un crecimiento constante en la inversión en redes, pero es necesario acelerar el ritmo para permitir transiciones rápidas a la energía limpia.
4. La construcción de redes requiere cadenas de suministro seguras y una mano de obra cualificada. Los gobiernos pueden apoyar la expansión de las cadenas de suministro mediante la creación de carteras de proyectos firmes y transparentes y mediante la normalización de las adquisiciones y las instalaciones técnicas. También deben incorporar flexibilidad en el futuro garantizando la interoperabilidad de todos los diferentes elementos del sistema. También existe una gran necesidad de profesionales cualificados en toda la cadena de suministro, así como en los operadores y las instituciones reguladoras. Será esencial crear una reserva de talento, garantizar que las habilidades digitales se integren en los planes de estudio de la industria energética.
5. Las barreras más importantes para el desarrollo de la red difieren según la región. La salud financiera de los servicios públicos es un desafío central en algunos países, como India, Indonesia y Corea, mientras que el acceso a la financiación y el alto costo del capital son barreras clave en muchas economías

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

de mercados emergentes y en desarrollo. Para otras jurisdicciones, como Europa, Estados Unidos, Chile y Japón, las barreras más fuertes se relacionan con la aceptación pública de nuevos proyectos. Cabe destacar que en América Latina el tema de los permisos es uno de los mayores obstáculos. Por ejemplo, en Colombia hay líneas de transmisión con 7 años de retraso por la dificultad de obtener las licencias previas y las licencias de impacto ambiental.

Cabe destacar que el citado documento de la IEA (2023) no incluye en sus recomendaciones la modificación de los marcos de regulación y la búsqueda de financiación adicional a largo plazo para los países vulnerables con alto endeudamiento y enormes riesgos de tipo de cambio. Aunque este último problema está fuera del ámbito de este informe, ciertos aspectos relevantes de la regulación y la financiación están analizados en los epígrafes 4 y 5 de este informe.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

3. Las redes eléctricas en América Latina

Necesidades de inversión y opiniones de los actores

Latinoamérica ha sido líder en energía renovable hidráulica desde el inicio de 1990. Por ejemplo, Paraguay tiene la totalidad de su oferta de energía eléctrica de Origen renovable. No obstante, durante las últimas dos décadas se ha presentado un crecimiento significativo de las energías renovables intermitentes en la región de América Latina. Según datos de Bloomberg New Energy Finance (BNEF) la capacidad de energía eólica aumentó casi 17 veces entre 2011 y 2020. La solar creció más de 1300 veces durante este período. Como resultado de este crecimiento acelerado, en 2021, la energía solar y eólica ya cubrían el 11% de la demanda total de electricidad de la región. Sin embargo, existe una falta de infraestructura de transmisión adecuada para transportar esta nueva generación renovable como pone de manifiesto IEA (2023).

IEA (2023), el primer informe de la IEA para la región contiene un análisis en profundidad de las tendencias energéticas y climáticas por país y región, identificando oportunidades y desafíos clave, a medida que se recupera un crecimiento más robusto. En el informe se exploran varios escenarios, pero los dos más relevantes a los efectos de redes son:

- Escenario de Políticas Declaradas (STEPS), que refleja la configuración actual de las políticas.
- Escenario de Compromisos Anunciados (APS), que supone que todos los compromisos y metas se alcanzan en su totalidad y a tiempo, incluidos los objetivos climáticos establecidos por las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional.

En todos estos escenarios los aumentos de inversión en redes son significativas. Las inversiones están impulsadas por la necesidad de satisfacer el aumento de la demanda, integrar la nueva capacidad de generación renovable y modernizar la infraestructura de red existente a través de la digitalización. Las nuevas inversiones hacen las redes eléctricas más robustas y mejoran la integración regional, al tiempo que permiten las transiciones energéticas.

- En el escenario STEPS, la inversión en redes pasa de representar el 17 % de la inversión total en el sector eléctrico en el año 2022 a representar más del 35 % en 2050. Además, el gasto se triplica con creces desde los niveles de 2022, de alrededor de 9 mil millones hasta alrededor de USD 30 mil millones para 2050. En este escenario, la red eléctrica en América Latina y el Caribe se expande de alrededor de 9 millones de km de líneas en 2022 a 10 millones de km en 2030 y 13,6 millones de km en 2050.
- En el escenario APS, la inversión en la red aumenta aún más drásticamente. La inversión en redes de transmisión se multiplica por 6,5 desde los niveles de 2022 hasta superar los 20.000 millones de dólares en 2050 y la inversión en redes de distribución se multiplica por más de 7 hasta los 45.000 millones de dólares. En el escenario APS, la red eléctrica de ALC crece a 17 millones de km de líneas y cables para 2050.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

RECUADRO 3.1

El futuro de la red eléctrica en América Latina: Opiniones de Especialistas

Carlos Fernández Landa, socio de PwC.

- Resumió el informe *"Actuar mientras se transforma: el papel de las empresas de transmisión en la transición energética"*. Destaca cuatro factores esenciales que configuran las redes del futuro: la descarbonización, la descentralización, la digitalización y la disrupción de la demanda. También resalta cuatro recomendaciones:
 - Enfocarse en el futuro y en la planificación a largo plazo.
 - Transformar las organizaciones para adaptarse al cambio.
 - Facilitar la remodelación del ecosistema eléctrico fomentando la transformación digital.
 - Asegurar que los actores tengan la licencia social para operar.

Andrés Kuhlmann, CEO de Transelec en Chile.

- Enfatizó la necesidad de aprender a vivir en un mundo más dinámico, integrar nuevas tecnologías de energía renovable y almacenamiento para la descarbonización, y fomentar la digitalización de la red, lo que implica un cambio cultural en la gestión de las relaciones comerciales a medida que las empresas navegan en un mundo cada vez más incierto. Hizo hincapié en la necesidad de flexibilidad digital para hacer frente a los desafíos futuros y para generar influencia y confianza entre las partes interesadas.

Bernardo Vargas Gibbsone, CEO de ISA en Colombia.

- Las empresas deben priorizar la licencia social para operar y deben trabajar en conjunto con las autoridades, las comunidades y otras industrias para lograr la armonía entre la sostenibilidad y la rentabilidad. Llamó la atención sobre la necesidad urgente de priorizar la inclusión en el sector y encontrar la manera de que todos trabajen juntos para crear beneficios sociales, políticos y económicos en la región, al tiempo que se gestiona la profunda transformación de las redes eléctricas.

Marcio Szechtman, Director de Transmisión de Electrobras en Brasil.

- Completó la discusión haciendo hincapié en cómo se distribuirá la generación de electricidad en el futuro, lo que representa un gran desafío para la red, ya que esta condición transformará radical e irreversiblemente el mercado. De cara a 2050, Szechtman destacó la necesidad de obtener financiación para nuevos proyectos importantes y encontrar un camino hacia un TSO común para toda América Latina.

World Energy Council (2020)

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Redes Eléctricas Inteligentes

La hoja de ruta del Banco Interamericano de Desarrollo preparada por Álvarez, O. y otros (2023) señala que el grado de avance del proceso de transformación digital y la penetración de tecnologías digitales punteras, varía con la madurez del marco normativo y el volumen de inversión en el sector energético de cada país. En este sentido, las tecnologías más emergentes y disruptivas, están ya presentes en los sistemas energéticos más avanzados y maduros a nivel mundial, dando lugar a destacables beneficios tanto para los agentes que desarrollan su actividad en el sector, como para los consumidores. La región presenta un grado de avance heterogéneo en el desarrollo de redes inteligentes motivado, entre otros factores, por las diferencias de desarrollo económico. Sin embargo, las prioridades y preocupaciones identificadas por los principales agentes del sector energético son comunes a todos los países. Un panorama de la situación de la digitalización de las redes eléctricas en la región se puede encontrar en el documento citado del Banco Interamericano de Desarrollo. No obstante, a continuación, se destacan ciertos aspectos relevantes del documento del Banco Interamericano de Desarrollo que son relevantes para este informe:

Primero. Los resultados de una encuesta realizada a representantes públicos y privados de la región entre los meses de julio y agosto de 2023, muestran que el grado de avance de la transformación digital de las redes de la región es aún limitado. Del total de las respuestas recibidas, únicamente el 8% de los agentes consideran que sus organizaciones cuentan con un grado de avance alto de transformación digital. A su vez, aproximadamente el 40% de los agentes consultados consideran que se encuentran en procesos preliminares de concienciación de la importancia de la transformación digital del sector, y, por tanto, aún no han tomado ninguna acción de inicio del proceso o se encuentran en una etapa preliminar. El rechazo de la población llevó al Gobierno de Chile a eliminar la obligatoriedad de la instalación de medidores inteligentes, ver recuadro 3.2.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

RECUADRO 3.2

La Ley de Medidores Inteligentes en Chile

La ley de medidores inteligentes en Chile fue promulgada el 27 de febrero del año 2018, con el objetivo de fomentar el uso de tecnologías más eficientes y sustentables en el sector energético del país. Según la ley

- todas las viviendas deben contar con este tipo de medidores.
- La instalación del medidor inteligente es responsabilidad de la compañía eléctrica a la que esté afiliado el usuario
- El cliente soporta el coste del medidor inteligente

La propuesta tuvo buen recibimiento, pero a medida que se implementaba surgieron muchas dudas y disconformidad por parte de la población. Los resultados de la encuesta realizada por Cadem-D:

- Más del 85% de los consultados creen que esta medida no los beneficia directamente como consumidores, que esto no bajará los precios ni hará que la empresa otorgue un mejor servicio.

El 19 de Abril de 2019, la ministra de Energía junto al ministro secretario general de la Presidencia, y parlamentarios y jefes de bancada de Chile anunciaron un proceso voluntario de cambio de medidores a través de la Norma Técnica de Distribución.

- Los clientes voluntariamente podrán decidir el cambio de su medidor. Esto permitirá que la ciudadanía se adapte paulatinamente al cambio tecnológico en la medida que conozca sus beneficios, mejorando la calidad del servicio eléctrico.
- El recambio se podrá iniciar con los medidores que son propiedad de la empresa, lo que permitirá a los hogares que hoy pagan arriendo descontar de inmediato ese cobro.
- Adicionalmente, las compañías deberán priorizar los hogares que tengan sistema de generación distribuida, a nuevos clientes y proyectos inmobiliarios, así como aquellos que soliciten el recambio de forma voluntaria, o tengan equipos defectuosos.

Segundo. El pilar básico para el inicio del despliegue digital en el sector energético en la región es la incorporación de medidores inteligentes, que se configura como el punto inicial de la transformación tecnológica sectorial (ADELAT, 2022). En la actualidad, la región se encuentra en un proceso de integración de medidores inteligentes que es globalmente incipiente, prácticamente todos los países con excepción de Uruguay y Costa Rica tienen una penetración de medidores inteligentes inferior al 30%. Nótese que los medidores inteligentes favorecen el desarrollo de otros modelos de negocio centrados en el usuario como son la generación distribuida, el autoconsumo, la integración del vehículo eléctrico, y el desarrollo de comunidades energéticas. Sin

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

contadores inteligentes, no es posible avanzar en la integración de la energía distribuida.

Tercera. La transformación digital podría suponer oportunidades para avanzar en la integración de renovables en el sistema energético de la región -ver recuadro 3.3- y reducir el coste de llevar el suministro eléctrico a las poblaciones todavía no atendidas. Nótese que, como señala BID (2022), la región tiene todavía 18,5 millones de personas que no cuentan con acceso a electricidad y 4,5 millones de viviendas carecen de suministro eléctrico. Asimismo, la transformación digital puede servir para flexibilizar la oferta de generación hidroeléctrica y aumentar su resiliencia al mejorar las proyecciones con base en mejores datos, que tiene una alta presencia en la región, y facilitar procesos de integración.

RECUADRO 3.3

Medición del Impacto de las redes en la transición energética

- BID Invest desarrolló una herramienta analítica para determinar la contribución de los activos de transmisión a la descarbonización.
- El **Certificado de Línea de Transmisión Verde** mide, entre otros muchos aspectos, que la línea de transmisión transporta una mayoría de energía renovable, para establecer si la línea de transmisión construida es "verde".
- Activado hace tres años, el certificado está disponible para los desarrolladores y fue otorgado por primera vez a la línea de transmisión Tacuarembó-Salto en Uruguay.

Cuarto. Los resultados de la encuesta sugieren que es clave contar con una estrategia que marque las acciones y directrices para acometer con éxito el proceso de transformación digital. En este sentido, se consultó a las diferentes entidades encuestadas si cuentan con una estrategia de transformación digital, dando como resultado que 73% de las organizaciones privadas cuentan con una estrategia de digitalización de las redes, mientras que en las instituciones públicas solo el 51 % disponen de estrategias.

Quinta. Los agentes del sector privado que consideran que el grado de digitalización de las redes en su país está rezagado representan un 33% de los encuestados, mientras que los agentes consultados del sector público que consideran que el país está rezagado representan un 41% de los encuestados. Los agentes de Uruguay, Argentina y Chile consideran que el grado de avance de la digitalización es "Muy adelantado" o "Adelantado". Cabe destacar que la visión de determinados agentes de países con un desarrollo alto de su sector energético, a priori, más alto respecto al resto de países de la región, como México, consideran encontrarse rezagados en el proceso de transformación digital. Ello podría estar influido por una fuerte inversión extranjera en el

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

ámbito del sector energético y, por tanto, la visión más cercana sobre las tendencias tecnológicas más avanzadas.

RECUADRO 3.4

Algunas reflexiones extraídas de la visión de los agentes del sector encuestados.

- No existe una definición común de transformación digital.
 - Las tecnologías digitales en América Latina ponen el foco en mejorar los procesos actuales en vez de innovar.
 - Una distribución asimétrica de los costes y beneficios entre los agentes involucrados lo cual requerirá una regulación equilibradora entre los costes y los beneficios.
- Tecnologías con mayor inversión actualmente.
 - Cloud computing, Ciberseguridad
 - Data analytics/Big Data
 - Vehículo eléctrico
 - Drones
 - IoT/Sensores/AMI
- Los agentes encuestados prevén en los próximos tres años más inversión en Smart Grids, Smart Homes y Machine Learning.
 - Opinan también que estas tecnologías deben desarrollarse a la par que se sigue invirtiendo en las actuales con el fin de lograr una transformación digital homogénea.
- Las barreras para la transformación digital son:
 - Medición. No existen indicadores técnicos homogéneos de transformación digital. Sin métricas uniformes, es difícil para las empresas y los reguladores medir el grado de avance.
 - Los costos de implantación son muy elevados y se recuperan a muy largo plazo.
 - La regulación actual no recoge la asimetría entre los plazos en que se incurre en los costes y en los de su recuperación.
 - Déficit de conocimientos y habilidades digitales. La falta de competencias en tecnología digital dificulta su adopción y aprovechamiento, lo que a su vez aumenta los costos y los riesgos asociados con la transformación digital.

Fuente: Alvarez, O y otros (2023)

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Expansión y digitalización es un Doble Reto

La transformación digital de las redes eléctricas supone un reto adicional a la expansión y de las redes eléctricas. No se trata de dotar a las redes de instrumentos digitales, se trata de construir un sistema integrado entre la energía, los sistemas informáticos, y las comunicaciones. Recordemos que una red inteligente requiere la integración de las tecnologías de energía, las comunicaciones e información para una infraestructura de energía eléctrica mejorada que da servicio a las cargas y, una incorporación continua de las nuevas aplicaciones de uso final. En consecuencia, la interoperabilidad entre las tres dimensiones de la red inteligente (energía, comunicaciones y sistemas informáticos) se vuelve fundamental para el funcionamiento, el rendimiento y la solidez no solo de los componentes de la red inteligente, sino de la red eléctrica en su conjunto.

La IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) define la red inteligente como un **sistema de sistemas**, lo que proporciona una buena manera de conceptualizar la red inteligente como un todo. No define la red inteligente desde la perspectiva de algún componente de la red inteligente como, por ejemplo, el servidor de datos de servicios públicos o un edificio inteligente, sino que integra todos los dominios del suministro eléctrico:

- **Sistemas de Potencia:** Comprende los Dominios de Generación, Transmisión, Distribución y Cliente de Energía, junto con el Control y el Proveedor de Servicios y los Mercados. Se ocupa de la *producción, el consumo, la transmisión y la distribución de energía*.
- **Sistemas de comunicaciones:** Comprende las redes y dispositivos de comunicaciones que conectan varios elementos dentro de un dominio, y entre diferentes dominios. La infraestructura troncal común de Internet, así como las infraestructuras propias que se ocupan del movimiento de *datos físicos* que se utilizan por los Sistemas de Tecnología de la Información.
- **Sistemas de tecnología de la información:** Comprende la infraestructura física de los sistemas y redes informáticas, los servidores de bases de datos y cómputo, los dispositivos periféricos y el Internet de las cosas que residen en varios dominios funcionales, como son proveedores de servicios, clientes, mercados. Esta dimensión se refiere a los *flujos de datos abstractos para aplicaciones específicas* como la facturación, las actividades de participación en el mercado y las licitaciones, la supervisión de sensores, la analítica y el control y la gestión de la distribución.

En resumen, la fiabilidad y la resiliencia de la red inteligente requieren que no solo los componentes de los sistemas de energía de la red inteligente sean fiables y resistentes, sino que los sistemas de comunicación y los sistemas de información también sean fiables y resistentes e integrados entre sí.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

4. Una planificación descentralizada con visión regional

IEA (2023a) presenta un conjunto de recomendaciones para promover que las redes eléctricas cumplan el papel que les corresponde en la transición energética. Esta sección presenta opciones para adaptar tales recomendaciones a las características y problemática de la región. En particular, se analizarán opciones para que los países lleven a cabo una planificación con una visión regional atendiendo a tres requisitos: coherencia con las NDC y con las correspondientes estrategias de largo plazo, las oportunidades de integración regional, y el avance sostenido hacia redes inteligentes y resilientes. Aunque las redes de transporte y distribución tienen ciclos distintos, una planificación integradora es necesaria para la interoperabilidad de la digitalización. Cabe señalar la reciente constitución de un grupo de trabajo RIAC dentro del CIGRE - ver CIGRE (2024)- para revisar el estado de situación de la integración energética regional, y dar recomendaciones, técnicas y regulatorias, para continuar avanzando en este objetivo.

La formulación y ejecución de la planificación de redes es difícil sin un marco regulatorio que incentive y facilite la construcción de estas y sin el desarrollo de cadenas de valor regionales que aseguren el suministro. Por ello, el capítulo incluye un análisis de estos anclajes. La importancia de estos anclajes ha sido resaltada por la Agencia Internacional de la Energía en el reciente informe mencionado del que cabe destacar los dos aspectos.

- IEA (2023a) se refiere explícitamente a la necesidad de revisar y actualizar la regulación, insistiendo en las barreras administrativas, para apoyar el despliegue de nuevas redes:

"La regulación de la red debe incentivar para que las redes sigan el ritmo de los rápidos cambios en la demanda y la oferta de electricidad. Para ello es necesario abordar las barreras administrativas y retribuir adecuadamente las enormes inversiones en redes eléctricas".

- IEA (2023 a) recomienda el apoyo de los gobiernos a la expansión de las cadenas de suministro mediante la creación de carteras de proyectos firmes y transparentes y mediante la normalización de las adquisiciones y las instalaciones técnicas y la formación en el trabajo. Este capítulo avanza una perspectiva regional a esta recomendación.

Una nueva relación entre la Unión Europea y América Latina, como se discute en la sección 6, basada en el intercambio y cooperación en productos y servicios asociados a la transición energética también aconseja tener presente la coherencia y armonización de sus planes de expansión de las redes eléctricas inteligentes. El recuadro 4.1 recoge un resumen del Plan de Acción propuesto por la Unión Europea para el desarrollo de las redes eléctricas. Cabe resaltar tres temas a que se refiere el Plan de Acción de la Unión Europea: planificación, permisos y cadenas de valor, que también serán contemplados en esta sección e incluidos entre las prácticas sugeridas para la planificación de las redes eléctricas de los países con una visión regional.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

RECUADRO 4.1

El Plan de Acción de la Unión Europea

Presenta medidas concretas y adaptadas para ayudar a desbloquear la inversión necesaria a fin de actualizar las redes eléctricas europeas. Estas medidas se centran en la aplicación y el despliegue rápido para marcar la diferencia y cumplir a tiempo nuestros objetivos para 2030:

- Acelerar la ejecución de los Proyectos de Interés Común y desarrollar nuevos proyectos a través de una dirección política, un seguimiento reforzado y más propuestas.
 - Nota: Los proyectos de interés común (PCI, por sus siglas en inglés) son proyectos de infraestructuras energéticas transfronterizas clave para construir un mercado interior de la energía de la UE más integrado y resiliente.
- Mejorar la planificación a largo plazo de las redes para incorporar más renovables y un aumento de la demanda de electricidad en el sistema energético, incluido el hidrógeno, guiando el trabajo de los gestores de redes y de los reguladores nacionales;
- Introducir incentivos reglamentarios proporcionando orientaciones sobre inversiones anticipatorias y con visión de futuro y sobre el reparto transfronterizo de costes para proyectos marinos;
- Fomentar un mejor uso de las redes con mayor transparencia y mejores tarifas de acceso a la red para las redes más inteligentes, una mayor eficiencia y tecnologías y soluciones innovadoras, incentivando la cooperación entre los gestores de redes y las recomendaciones proporcionadas por la Agencia de Cooperación de los Reguladores de la Energía (ACER);
- Mejorar el acceso a la financiación de los proyectos de redes dando más visibilidad a las oportunidades que ofrecen los programas de financiación de la UE, en particular para redes inteligentes y para la modernización de las redes de distribución;
- Acelerar la concesión de permisos para el despliegue de redes mediante la prestación de apoyo técnico a las autoridades y la creación de orientaciones para fomentar la implicación de las partes interesadas y las comunidades;
- Mejorar y asegurar las cadenas de suministro de la red, en parte mediante la armonización de los requisitos de fabricación de la industria para conectar la producción y la demanda.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_23_6044

Coherencia con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC)

Las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y Estrategias Climáticas de Largo Plazo (LTS) son la referencia para compatibilizar con las metas climáticas de un país el resto de los planes y estrategias sectoriales específicos. Un buen diseño del sistema energético futuro debe integrarse en las LTS para cumplir con las NDC. De hecho, las LTS se configuran como la herramienta central que hace posible dar cumplimiento

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

al objetivo principal de descarbonización económica de un país a largo plazo. En el caso del sector eléctrico, el desarrollo de las energías renovables que exigen las NDC tienen que ser coherentes con los planes de expansión y digitalización de las redes y con otros instrumentos relevantes como el almacenamiento.

Menzies, Craig y otros (2023) apuntan que un buen diseño del sistema energético futuro debe considerar la forma en que las estrategias de largo plazo (LTS) conciben y manejan los impactos locales del cambio climático, anticipando cómo éste va a afectar la generación y la demanda de energía y la viabilidad técnica y económica de la infraestructura energética. El citado documento presenta una Guía que sistematiza los puntos a considerar para promover una efectiva alineación entre los planes de expansión del sector energético incluidas las redes eléctricas de los países y sus LTS. Este informe quisiera insistir en la importancia de considerar la transformación de la demanda energética, en particular la asociada con los objetivos de descarbonización de la industria, para asegurar la coherencia entre el desarrollo de las redes y las NDC y las LTS. Tal coherencia generará redes capaces de cumplir con los compromisos de descarbonización.

La tripleta de retos descarbonización, acceso universal y seguridad de suministro son objetivos inexcusables de planificación y ejecución de las redes eléctricas. Aunque un gran número de países han realizado estimaciones de sus necesidades de inversión en redes, no disponemos de evidencias del número de países que han llevado a cabo una planificación a largo plazo de sus redes considerando las NDC y las LTS, el acceso universal y la seguridad de suministro. Chile, por ejemplo, considera los compromisos internacionales en la planificación de las redes de transmisión. Cabe recordar que, aunque la planificación y ejecución de las redes eléctricas de transmisión y se distribución pueden tener ciclos diferentes por el plazo de ejecución de estas y las propias necesidades de la demanda, la integración de ambas de forma coherente con las NDC y las LTS es clave para asegurar la atención eficiente y segura de los consumidores e integrar las nuevas formas de flexibilidad en el consumo.

Menzies, Craig y otros, (2023) señalan que el Inflation Reduction Act (IRA) de Estados Unidos es un claro ejemplo de cómo la legislación puede fomentar una intersección efectiva entre la planificación energética y las LTS y resaltan algunos aspectos relevantes de IRA. Por ejemplo,

- El Gobierno de los Estados Unidos ha establecido metas ambiciosas de descarbonización, respaldadas por inversiones significativas en energías renovables, enfocándose en un horizonte temporal que se extiende desde 2030 hasta 2035. Estas metas están alineadas con los acuerdos climáticos internacionales como el Acuerdo de París y reflejan las LTS del país.
- Se ofrecen atractivos incentivos fiscales y financieros para impulsar la inversión en tecnologías renovables y bajas en carbono. Esto incluye créditos fiscales significativos para empresas e individuos que invierten en energía limpia, así como la implementación de políticas de precios, que apoyan la generación de energía distribuida y el uso de fuentes renovables.
- Existe una coordinación estratégica entre los diferentes niveles de gobierno, central y subnacionales, para garantizar que la implementación de las políticas sea efectiva.
- Se asignan fondos para la modernización de infraestructuras, lo que incluye la actualización de redes eléctricas y la expansión de la capacidad de almacenamiento de energía.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Las oportunidades de integración de los sistemas eléctricos

Tal como se recoge en FIE (2022), la integración regional de los sistemas eléctricos de América Latina permite abordar el tema de la variabilidad de la energía eléctrica a la vez que incrementar la competitividad y la entrada de nuevos actores. Se pueden mencionar cuatro tipos de beneficios que genera la integración de los mercados de energía eléctrica.

- Mitigar los riesgos asociados con la variabilidad e intermitencia de las fuentes de generación, brindando más confiabilidad al sistema y permitiendo que se incremente la penetración de renovables.
- Administrar más eficientemente la oferta en contextos de puntas de demanda o falta de generación renovable por escasez o estacionalidad.
- Aprovechar economías de escala, ampliando el espacio para inversiones de escala regional.
- Aprovechar la generación de aquellos países con más recursos renovables.
- Compartir reservas y otros servicios auxiliares.
- Gestionar de forma eficiente las complementariedades de la demanda.

Paredes J.C. (2017) indica que para el año 2030, es posible tener un sistema eléctrico integrado, económico y con menores emisiones. La reducción de costes, incluyendo inversión y operación, se estima en alrededor de 20 mil millones de euros. Aunque la mayoría de los países están de acuerdo en tales ventajas, lo cierto es que la integración regional en América Latina es escasa y localizada. En Centroamérica, SIEPAC es un mercado eléctrico regional con una interconexión física entre todos los países involucrados, con una capacidad de 300 MW y una longitud de casi 1.800 km. América del Sur, en cambio, sólo ha avanzado en interconexiones bilaterales y el aprovechamiento de recursos comunes, como son las presas hidroeléctricas binacionales. A menudo, los contratos permiten que los países interrumpan las exportaciones de energía sin incurrir en penalizaciones. Es decir, los pocos acuerdos bilaterales parecen que están diseñados solo para aplicarse en momentos de holgura.

Una primera razón para la dificultad de los acuerdos es la escasa coordinación entre las decisiones sobre el desarrollo de la red en el interior de un país y las decisiones de interconexión. Algunos ejemplos ilustrativos de la importancia de la visión y coordinación regional en la planificación de cada país son los siguientes:

- La red de transmisión nacional debe estar preparada para soportar estos nuevos flujos de intercambio de potencia sin afectar el normal funcionamiento del abastecimiento nacional de energía, incluso en casos de contingencia. Con la interconexión, los flujos se incrementan de manera notable por lo que estas redes periféricas deben reforzarse. Además, un sistema integrado debe estar adaptado, especialmente el equipamiento que permite interrumpir los flujos. La tecnología para lograr esto, aunque es compleja y cara, es bien conocida.
- La diversidad de oferta y demanda entre los países para que existan costos o precios diferenciados. Los precios de la energía se formarán de acuerdo, por un lado, a las condiciones del parque generador, su mezcla de combustibles y eficiencia; y por el otro, al nivel de demanda existente instante a instante. Si los precios son diferentes entre los mercados de los países, se originará la oportunidad de intercambio. Para que la interconexión sea económicamente viable, deben existir suficientes oportunidades de intercambio.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

- La interconexión para mitigar los riesgos de un colapso de la generación en un país, siendo atendido por las reservas de generación del otro. La pérdida económica por no disponer de la energía durante un cierto período sería la justificación de la interconexión.

Esta visión y coordinación entre las decisiones de inversión internas y de interconexión no evita los problemas de asimetría entre los beneficios y los costes de las interconexiones y la distinta concepción de seguridad de suministro en los países tal como se discute en FIE (2022). Sin embargo, la planificación de las redes de cada país con una visión regional es un gran avance para la búsqueda de soluciones a los problemas asociados a la distribución asimétrica de costes y beneficios y las distintas concepciones de seguridad que aparecen en la integración.

Las bases de una transformación digital de las redes eléctrica.

El recuadro 2.2. recoge un resumen de cinco recomendaciones de la IEA para una transformación digital de las redes eléctricas. Un plan de expansión de la red realizada para cada país, pero con una coordinación y visión regional e integrada con las estrategias de largo plazo (LTS) es la mejor forma de cumplir con las recomendaciones de la IEA y a la vez incluir las características del país y la región. Nótese que la opinión de los actores sectoriales está de acuerdo con esta concepción. Los resultados de la encuesta realizada entre actores del sector y recogida en Álvarez, O. y otros (2023) sugieren que es clave contar con una estrategia que marque las acciones y directrices para acometer con éxito el proceso de transformación digital y asegurar el reto de la interoperabilidad.

Además, la opinión de los agentes involucrados en el sector sugiere fijar objetivos cuantitativos y sus correspondientes acciones en tres áreas: empoderamiento del usuario, integración de renovables, y resiliencia y ciberseguridad. Por otro lado, la perspectiva regional sugiere utilizar métricas armonizados en las tres áreas siguientes:

Empoderamiento del usuario. El despliegue de medidores inteligentes es el primer paso para el proceso de transformación digital ya que permite que los consumidores dispongan de información en tiempo real sobre ciertos parámetros como, por ejemplo, los consumos horarios, los precios de los mercados, las tarifas, y las opciones para intercambiar electricidad que le permiten optimizar sus decisiones. Sin embargo, el despliegue de medidores y la captación de un volumen de datos requiere de la implicación de otras tecnologías para poder procesar y almacenar los datos. Dos tipos de tecnologías complementarias son las asociadas con el "Big data" y con el "Cloud computing". Las tecnologías de "Big data" permiten el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos, y las de "Cloud computing" garantizan que los datos recogidos puedan ser transmitidos desde los medidores digitales a las plataformas de procesamiento. Así pues, el número de medidores digitales que se convierten en inteligentes gracias a la integración con tecnologías de Big Data and Cloud computing son indicadores relevantes cuyos objetivos cuantitativos han de ser coherentes con las NDC y las LTS.

Incorporación de energías renovables. Las tecnologías de generación renovable al sistema energético hacen que la operación de los sistemas eléctricos sea mucho más compleja. La clave son los datos en tiempo real para minimizar los costes de generación con el grado de seguridad socialmente aceptado. Las tecnologías de sensorización y su conexión a través de redes de alta velocidad y disponibilidad son esenciales para la obtención de datos de generación, consumo y las redes en tiempo real. La captación

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

de datos es especialmente relevante en sistemas con alta participación de generación renovables, cuya intermitencia obliga a integrar la generación y el almacenamiento. De igual forma, la sensorización tiene importancia en la mejora de la eficiencia de las redes energéticas, especialmente en la detección de pérdidas técnicas y como ayuda para la localización de fraudes energéticos. Nótese que la atención inteligente de esta área reclama no solo sensores, sino el apoyo de tecnologías complementarias para convertir los sensores en elementos inteligentes que permitan la toma de decisiones óptimas. El despliegue de sensores integrados en las tecnologías complementarias requiere de indicadores armonizados para la región, pero cuya cuantificación esté en consonancia con los compromisos de cada país.

Resiliencia y Ciberseguridad. Los sistemas eléctricos del mundo asumen tres compromisos: seguridad, asequibilidad, reducción de emisiones. La seguridad, no solo requiere disponer de las infraestructuras, sino que es necesario asegurar que están preparadas para la prevención, la recuperación y la reconstrucción en caso de eventos naturales o provocados. En el ámbito de la protección de la infraestructura energética, ante potenciales catástrofes y fenómenos naturales, los datos, la tecnología y colaboración son la base de las mejores prácticas OECD (2024). Las infraestructuras energéticas tienen que estar preparadas para prevenir y reaccionar a los riesgos en función de su probabilidad de ocurrencia y ello dependerá de la propia localización de los activos afectados y de la localización de los activos que puedan sustituir a los activos afectados por los desastres. Las tecnologías de sensorización, de "Big data" y de "Cloud computing" posibilitan el almacenamiento de los datos recogidos en las redes energéticas en un servidor remoto y la interacción con los mismos y también con datos sobre la probabilidad de ocurrencia de desastres naturales. La Inteligencia Artificial habilita la implantación de decisiones óptimas que puedan proteger y dotar de resiliencia al sistema energético mediante el desarrollo de algoritmos de predicción.

La resiliencia del sector necesita atender no solamente los impactos de los desastres naturales, también es necesario proteger a un sistema eléctrico cada vez más digitalizado e inteligente de los potenciales riesgos cibernéticos. Esto implica la adopción de medidas tanto a nivel de software, como el uso de antivirus y la encriptación de comunicaciones e información, como a nivel de hardware, implementando barreras que dificulten el acceso físico a los dispositivos instalados. Nótese que es importante disponer de una visión general de las características de la ciberseguridad en los entornos de automatización y control del sector de la energía eléctrica, y las diferencias respecto a la protección de la seguridad en entornos de tecnologías de la información con respecto al sector eléctrico y otros sectores. Los esfuerzos en un entorno de tecnologías de la información se centran en garantizar la confidencialidad de la información, como por ejemplo proteger la información personal, proteger las transacciones económicas, cifrar las comunicaciones, mientras que la prioridad en el sector eléctrico será garantizar la disponibilidad, esto es, ofrecer el servicio de manera continua o minimizando los cortes o interrupciones.

Merece destacarse un punto relevante para la eficiencia y el ahorro energético que pueden y deben atender las redes eléctricas digitales: la reducción de las pérdidas no técnicas. La digitalización de las redes eléctricas, en especial las de distribución son claves para la reducción de las llamadas pérdidas no técnicas como son por ejemplo las conexiones ilegales o las manipulaciones de los contadores. América Latina debido a estas pérdidas desperdicia aproximadamente 15% del total de la oferta de electricidad. De acuerdo con Giraldo, C. y otros (2021) en un comentario publicado en la web del BID, más de 50 millones de viviendas de la región se podrían haber abastecido con electricidad durante todo el 2019, utilizando las pérdidas generadas en los sistemas de transmisión y distribución. Además, las conexiones ilegales ponen en

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

peligro la seguridad y estabilidad de todo el sistema eléctrico y la seguridad física de los ciudadanos. Para atender este problema, cabe destacar el instrumento desarrollado por Banco Interamericano de Desarrollo que se denomina "Energizados" y es una herramienta que usa inteligencia artificial para automatizar la detección de fraudes eléctricos.

RECUADRO 4.2

Áreas de enfoque y Acciones para la Ciberseguridad

- Comprender el riesgo de ciberseguridad para los sistemas, las personas, los activos, los datos y las capacidades.
 - Acciones: Evaluación de Riesgos, Gestión de Activos, Análisis de Fallas Críticas/Análisis de Componentes.
- Instalar las medidas de seguridad adecuadas para garantizar la prestación de servicios críticos.
 - Acciones: Cifrado, segmentación de red, firmware y detección de verificación de control.
- Realizar actividades para identificar la ocurrencia de un evento de ciberseguridad.
 - Acciones: Agregación de datos, detección de amenazas, análisis de datos para la respuesta de detección de amenazas.
- Disponer de medidas apropiadas para atender un incidente de ciberseguridad.
 - Acciones: Orquestación y corrección, aislamiento de fallas ciberfísicas, recuperación de segmentación de red.
- Planificar la resiliencia y el restablecimiento de los servicios deteriorados debido a un incidente.
 - Acciones: La reconstrucción de eventos cibernéticos, empleando estrategias optimizadas de arranque negro.

US Department of Energy (2021)

Regulación incentivadora, simplificación y agilización de los procesos de gestión de permisos.

Una regulación incentivadora para la expansión y desarrollo de las redes de transporte y distribución tiene que atender simultáneamente a la eficiencia y la inversión. Por ello, la regulación de las redes eléctricas necesita un cambio de enfoque, pasando de una regulación orientada principalmente a la eficiencia operativa, a una regulación orientada también a la eficiencia en la inversión. Esta sugerencia no se debe a que la regulación orientada a la eficiencia no esté funcionando, está haciéndolo en muchos entornos y debe seguir haciéndolo, pero la regulación para la transición energética debe tener presente que la modernización y la expansión de las redes eléctricas requiere enormes inversiones por lo que la regulación debe atender a la recuperación de las inversiones, además de la eficiencia de la operación. La regulación focalizada solo en la eficiencia operativa no es una regulación incentivadora de la inversión, pero

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

al mismo tiempo, la eficiencia sigue siendo un objetivo regulatorio obligatorio. Por lo tanto, una regulación eficiente orientada a la inversión es el camino.

Nótese que la regulación basada en el modelo de empresa eficiente, muy extendido en la región de América Latina, tiene riesgos relevantes para el desarrollo de nueva infraestructura. Las ventajas e inconvenientes del modelo de empresa eficiente es un tema controvertido cuya discusión se sale del ámbito de este informe; para un análisis detallado del modelo de empresa eficiente ver por ejemplo Bustos, A. and A. Galetovic (2002). No obstante, cabe señalar los siguientes problemas. Primero, los cambios en los precios y las tecnologías de los materiales de inversión en los distintos períodos regulatorios introducen riesgos de escasez o exceso en la recuperación de las inversiones. Segundo, la aplicación del modelo de empresa eficiente al considerar en cada periodo regulatorio solo el volumen de inversión óptima, puede dejar sin recuperación inversiones que fueron óptimas en el pasado y no lo son en el siguiente periodo regulatorio. Consecuentemente, las empresas de distribución y transporte tendrán escaso incentivo a realizar las nuevas inversiones. Tercero, el modelo no da garantía de que una inversión aceptada por las autoridades regulatorias se recupere durante la vida útil de la infraestructura. El modelo más extendido en la Unión Europea garantiza la recuperación de la inversión en líneas eléctricas. Además, las fórmulas que se usan para fijar tarifas y los procedimientos que se siguen suponen que el regulador tiene información suficientemente precisa para determinar los costos de la empresa eficiente sin necesidad de usar información de la empresa real. Tanto la teoría moderna de la regulación como la práctica muestran, por contraste, que los precios no se pueden fijar con información proporcionada por la empresa real con lo que el principal atractivo de la empresa eficiente se diluye.

Cinco sugerencias para avanzar en una regulación incentivadora de la inversión en redes sin abandonar la eficiencia son las siguientes:

- Recuperación y retribución de las inversiones. Garantizar un marco regulador estable a largo plazo y una tasa de rendimiento razonable para la recuperación de las inversiones incluidas en la planificación de las redes inteligentes. Nótese que una tasa retributiva que no refleje el riesgo de la actividad y el actual contexto macroeconómico pone en riesgo las inversiones en redes y por tanto la oportunidad económica de la transición.
- Nuevos productos y servicios. Avanzar en la definición de los productos y servicios ofrecidos por la red como mecanismo para garantizar la relación calidad-precio pagado por los usuarios de la red e investigar parámetros para la cuantificación de los efectos y beneficios más importantes de los productos a nivel nacional.
- La eficiencia en la prestación de los servicios de las redes. Dos aspectos a considerar. Uno, la disociación entre los ingresos de los gestores de red y los volúmenes de electricidad que suministran. Dos, asociar los beneficios e ingresos de los operadores de redes a la prestación de nuevos productos y servicios introduciendo indicadores de calidad de estos. Por ejemplo, ofreciendo servicios de almacenamiento para los generadores y consumidores.
- Fórmulas para incentivar a las empresas de redes a buscar soluciones innovadoras y evaluar el desglose de los costos y beneficios de los posibles proyectos de demostración sobre la base de una evaluación social de los costes y beneficios.
- Diferenciación entre las actividades reguladas de la red y las oportunidades de mercado para nuevos servicios en el marco de un régimen competitivo (por ejemplo, la agregación de recursos, la recarga de vehículos eléctricos) y vigilar cuidadosamente la posible presencia de subvenciones cruzadas entre ambos tipos de actividades.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Un riesgo adicional de carácter regulatorio, pero independiente de la retribución de los costes de inversión y el suministro de productos, está asociado a los retrasos en la concesión de los permisos y los problemas derivados de la aceptación local de los proyectos. Dos aspectos claves para abordar esta problemática son: la integración de todos los implicados por las inversiones y la simplificación y agilización de los permisos.

En relación con la involucración de todos los implicados, cabe señalar el papel positivo y negativo que han jugado las licitaciones internacionales focalizadas en la minimización de los costes. Las licitaciones han sido un mecanismo particularmente popular en América Latina y el Caribe, atrayendo una participación récord. Sin embargo, una consecuencia no deseada ha sido la exclusión de facto de una serie de actores, incluidas las pequeñas empresas, las comunidades, los pueblos indígenas, el gobierno local, los promotores inmobiliarios y los agricultores. Aunque el diseño de licitaciones de las redes es cada vez más sofisticado y se tienen cuenta no solo el precio, sino también la creación de empleo y el desarrollo económico local, incluir una mayor participación de los actores involucrados desde las etapas iniciales, es una opción para aumentar la aceptación social y reducir el plazo de realización de los proyectos REN 21 (2017).

El obstáculo clave en el centro del debate es el proceso de permisos en el que intervienen distintos niveles de gobierno. Una reforma del proceso de los permisos de redes que afecten a las redes contempladas en los planes de expansión del sector eléctrico y que estén alineadas con las estrategias de largo plazo (LTS) es recomendable. La reforma podría considerar los siguientes cambios. Primero, reducir el número de autorizaciones que se requieren para la construcción de una línea de transmisión o de distribución eléctrica que esté incluida en el plan de expansión de ámbito nacional. Ello no significa reducir las competencias de gobiernos locales, sino buscar fórmulas consensuadas para una autorización única. De hecho, al tratarse de redes que están incluidas en LTS, las posibilidades de coordinación a priori son enormes. Segundo, limitar el tiempo máximo para la obtención de los permisos, de nuevo esta limitación temporal no significa abandonar el estudio de aspectos relevantes, puesto que las redes están ya identificadas y categorizadas en el LTS. Tercero, un reparto más equilibrado de la prueba del impacto social y ambiental entre la empresa eléctrica, la comunidad y la autoridad ambiental. En la mayoría de los países de la región, la responsabilidad de probar la ausencia de impactos negativos recae solo en la empresa eléctrica. Sin embargo, las comunidades locales y las autoridades pueden alegar la presencia de impactos negativos con evidencias débiles y lograr parar la construcción de las líneas eléctricas.

La reciente modificación de la directiva de renovables de la UE que introduce el concepto de interés público superior para fomentar la rapidez en la tramitación de los proyectos de redes y generación de renovables es una opción que puede ser de interés para América Latina. Véase la Directiva de la UE 2023/413 del Parlamento Europeo y del Consejo de Europa. Cabe destacar el Artículo 16 que establece:

- A más tardar el 21 de febrero de 2024, hasta que se logre la neutralidad climática, los Estados miembros garantizarán que, en el procedimiento de concesión de autorizaciones, se presume que la planificación, la construcción y la explotación de plantas de energía renovable, la conexión de dichas plantas a la red, la propia infraestructura de evacuación y los activos de almacenamiento son bienes de interés público superior y contribuyen a la salud y la seguridad públicas a la hora de sopesar los intereses jurídicos en los casos individuales.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

- Los Estados miembros podrán restringir, en determinadas circunstancias debidamente justificadas, la aplicación del presente artículo a determinadas zonas de su territorio, a determinados tipos de tecnología o a proyectos con ciertas características técnicas, de conformidad con las prioridades que figuran en sus planes nacionales integrados de energía y clima.

Las cadenas de suministro

La lucha contra el cambio climático y la nueva geopolítica son los pilares que soportan una nueva y fructífera oportunidad para América Latina. América Latina ofrece un espacio para captar los cambios en la localización global de cadenas productivas que la nueva geopolítica demanda. La nueva localización pretende la diversificación productiva para la reducción de los riesgos asociados a la concentración de la producción. Además, América Latina es una fuente inagotable de los productos que se requieren para la lucha contra el cambio climático.

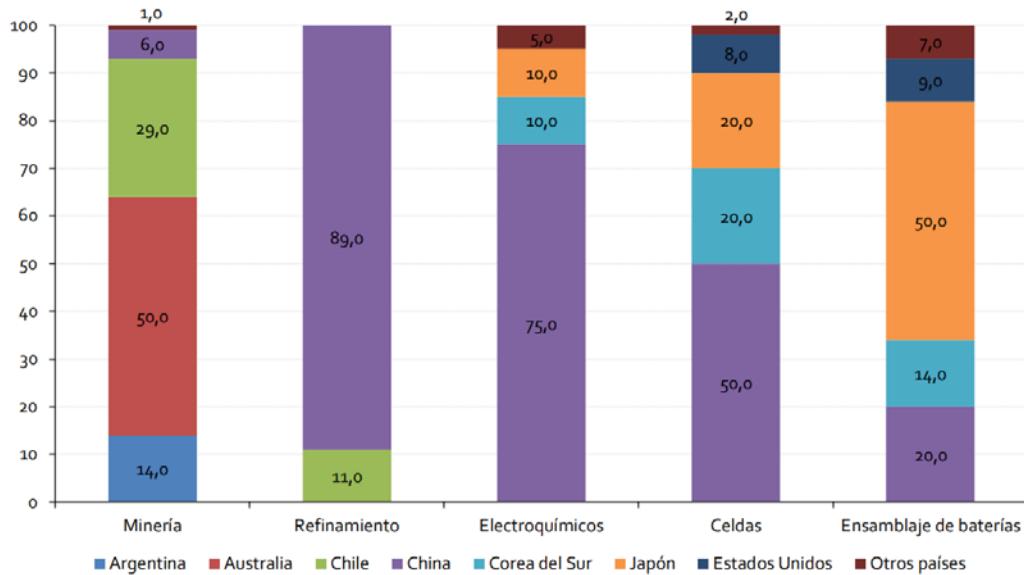
Una planificación de los sistemas eléctricos de los países coordinadas por visión regional permitiría aprovechar las oportunidades de esta nueva relación. Nótese que tal visión regional promueve y facilita dos aspectos claves para el desarrollo de cadenas de valor potentes. Primero, la armonización de estándares de construcción y de digitalización en toda la región, lo que además de reducir costos de la red, aumenta el interés de las empresas por la localización en la región y la realización de acuerdos de integración con empresas de la Unión Europea. Segundo, la visión regional también facilita identificar las necesidades de materias primas y desarrollar en la región su producción y transformación. Entre estos, se destacan, por su importancia para la región, los minerales críticos que son necesarios para la generación de electricidad baja en emisiones, la construcción de redes eléctricas y la elaboración de baterías que almacenan energía.

La transición energética y las redes inteligentes necesitan cinco materiales clave que son el litio, el níquel, el cobalto, el grafito y el manganeso. El litio es el metal más importante para los vehículos eléctricos y no tiene en la actualidad un sustituto comercial viable. En un escenario consistente con el cumplimiento de las metas del Acuerdo de París, la demanda de litio se multiplicaría por 40 para 2040, mientras que la de níquel, cobalto y grafito aumentaría entre 20 y 25 veces (IEA, 2021d). Por su parte, el cobre y el aluminio constituyen insumos críticos para las redes eléctricas. La planificación descentralizada con una visión regional facilita la creación de cadenas de valor integradas en la región. Es una opción social y políticamente más viable que la mera extracción de los minerales y su exportación, ver Azamar, A. (2022). El recuadro 4.3. es significativo de la escasa participación de Chile en la cadena de valor del litio, que con un 29% de participación en la fase minera, no tiene prácticamente participación en el resto de los segmentos.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

RECUADRO 4.3

Participación de los países en las distintas fases de la cadena de valor de baterías



Fuente: Poveda (2021)

La IEA (2024 b) ha desarrollado cinco recomendaciones clave para que las cadenas de valor de los minerales críticos sean sostenibles y responsables, estas recomendaciones son un punto de arranque para estructuración de cadenas de valor regionales asociados a los minerales críticos y a las redes eléctricas inteligentes:

- Mejores regulaciones. Garantizar la protección legal y reglamentaria del medio ambiente, los trabajadores, los pueblos indígenas y las comunidades, respaldada por medios suficientes de implementación y cumplimiento.
- Gasto público focalizado. Canalizar el gasto público para fomentar el desarrollo de mejores prácticas e incentivar el buen desempeño.
- Mejores y más estructurados datos. Reforzar la recopilación y la presentación de informes de datos granulares y estandarizados para permitir la evaluación comparativa y el seguimiento del progreso a lo largo de la cadena de suministro.
- Mayor transparencia. Mejorar la transparencia a lo largo de toda la cadena de suministro, en particular mediante la mejora de la trazabilidad, la diligencia debida y la presentación de informes públicos sobre los riesgos y las medidas de mitigación.
- Apoyar los estándares de sostenibilidad. Apoyar el desarrollo de iniciativas que ayuden a las empresas a demostrar que sus operaciones son sostenibles y responsables, garantizando al mismo tiempo la compatibilidad cruzada y la interoperabilidad.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

5. Una nueva relación entre América Latina y la Unión Europea

"We will support smart investments in quality infrastructure, respecting the highest social and environmental standards, in line with the EU's values and standards. The Global Gateway strategy is a template for how Europe can build more resilient connections with the world".

Ursula von der Leyen, President of the European Commission

Los pilares de una nueva relación

La lucha contra el cambio climático y la nueva geopolítica son los pilares que soportan una nueva y fructífera relación entre Europa y América Latina. Por un lado, América Latina ofrece un espacio para captar los cambios en la localización global de cadenas productivas que la nueva geopolítica demanda. La nueva localización pretende la diversificación productiva para la reducción de los riesgos asociados a la concentración de la producción. Por otro, América Latina es una fuente inagotable de los productos que se requieren para la lucha contra el cambio climático.

La integración regional ha sido un elemento constante en la agenda del desarrollo de América Latina por su potencial para superar los límites impuestos por el tamaño de los mercados nacionales y avanzar hacia una mayor especialización productiva. Pero la región no ha logrado avanzar de manera decisiva en la integración. De hecho, los intercambios comerciales y la integración productiva siguen siendo bastante escasas. Recordemos que los fundadores de la UE empezaron en 1952 con un tratado muy focalizado. Alemania, Francia, Italia, los Países Bajos, Bélgica y Luxemburgo firman un tratado para gestionar en común sus industrias del carbón y del acero. Aunque pudiera haber muchos intereses, la Comunidad del Carbón y del Acero se inició con el compromiso único de establecer un mercado común del carbón y del acero. Se suprimieron las medidas discriminatorias que impedían la competencia y la libre circulación de esos bienes con la finalidad de obtener precios más baratos y un abastecimiento sin interrupción.

Una nueva relación entre Europa y América Latina de todos los países, todos los mercados de bienes y servicios a la vez es una tarea casi imposible. Sin embargo, una nueva relación focalizada y voluntaria a partir de los mercados asociados a la transición energética parece una tarea más fácil.

Agenda de Inversiones Global Gateway UE-LAC

La Agenda de Inversiones Global Gateway (AIGG) de la Unión Europea en América Latina y el Caribe es un compromiso para identificar y apoyar oportunidades de inversión verde y digital justa en América Latina y el Caribe, que aprovechen el entorno abierto propiciado por acuerdos comerciales y de inversión y ayuden a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

La Agenda de Inversión Global Gateway se llevará a cabo a través de las iniciativas del Equipo Europa: la UE, sus Estados miembros, las instituciones de financiación del desarrollo, en particular, el Banco Interamericano de Desarrollo, La CAF, el Banco de Desarrollo para América Latina e incluido el Banco Europeo de Inversiones (BEI), las agencias de crédito a la exportación y todas las demás fuentes públicas de financiación, trabajarán conjuntamente en asociaciones público-privadas. La Agenda de Inversiones gira en torno a los pilares siguientes:

- una transición verde y justa
- una transformación digital inclusiva
- desarrollo humano
- resiliencia sanitaria y vacunas

En julio de 2023, los jefes de Estado y de Gobierno de la Unión Europea y de América Latina y el Caribe se reunieron en Bruselas. La cumbre concluyó con una nota prometedora: a través de su programa Global Gateway, la Unión Europea invertirá € 45 mil millones para 2027, con el fin de apoyar una transición verde justa, una transformación digital inclusiva y resultados de desarrollo humano en América Latina y el Caribe. Hasta mediados de 2024, se han identificado más de 130 proyectos para financiar. Sin embargo, las redes eléctricas inteligentes a pesar de su importancia para la transición energética no están mencionadas de manera específica entre las prioridades. De hecho, a Mayo de 2024, solo se han iniciado dos proyectos de redes eléctricas: un programa de inversión en transmisión para Argentina de 400 millones de dólares financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo (\$ 200 millones), el Banco Europeo de Inversiones (\$112 millones) y AFD (\$112 millones) y la interconexión eléctrica Ecuador-Perú financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo (\$125 millones) y el Banco Europeo de Inversiones (\$125 millones).

La transformación, expansión y digitalización de las redes eléctricas debe ser una prioridad

Un informe reciente de la Fundacion Elcano, Malamud, C. y otros (2023), recuerda que ampliar y armonizar los acuerdos comerciales entre los países de América Latina y El Caribe y la UE crearía un espacio económico inmenso: 1.100 millones de personas y un PIB total de más de 21 billones de euros, similar al de Estados Unidos. Además, la región tiene un historial comprobado en el diseño de soluciones innovadoras, dos ejemplos relevantes son la Ronda Uruguay y la Cumbre de Rio. La Ronda Uruguay dio origen a la mayor reforma del sistema mundial de comercio desde la creación del GATT al final de la segunda guerra mundial. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas nacieron en la Cumbre Río+20. Ambos logros son producto de los esfuerzos de los países de la región para construir un mundo más equitativo y resiliente.

Los productos y servicios asociados a la transición Energética son una buena opción para iniciar el camino hacia un mayor diálogo e integración puesto que existe un amplio acuerdo global sobre las oportunidades de cooperación en esta área. Además, una acción climática eficaz requerirá unir a los sectores público y privado a lo largo de las cadenas de valor asociadas a la transición energética. También porque, tal como se recuerda en el apartado anterior, la experiencia de integración de la UE se inició con un Tratado para el comercio del carbón y el acero con un reducido número de países y ha avanzado a integrar a muchos más países y con una integración eficaz de mercados de productos y servicios. A pesar de las oportunidades geopolíticas para la

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

integración del comercio y la inversión de bienes y servicios asociados a la transición energética es preciso reconocer que avanzar en tal integración requiere que la electricidad limpia fluya en el interior de los países y entre todos los países de la región. En otras palabras, la nueva relación entre Europa y América Latina basada en productos y servicios asociados a la transición energética avanzará, si la transformación y expansión de las redes eléctricas inteligentes se convierte en una prioridad. Pero para un desarrollo de las redes eléctricas acorde con las NDC, es necesario solucionar tres enormes retos: la regulación y el sistema de permisos, el desarrollo de cadenas de valor asociadas a las redes, y la financiación en particular para los países con escaso espacio fiscal. Los dos primeros retos ya se han analizado con anclas sobre las que desarrollar la planificación de las redes con visión regional. Pero conviene recordar brevemente algunos puntos clave para abordar la financiación de las inversiones.

La financiación de las inversiones

El documento del Banco Interamericano de Desarrollo preparado por Brichetti, J.P. y otros (2021) estima las inversiones necesarias para cerrar la brecha de infraestructura en electricidad, incluyendo la inversión estimada para lograr acceso universal a la electricidad, en América Latina y el Caribe es de 577 miles de millones de dólares entre 2020-2030. Para cerrar la brecha de servicios básicos de infraestructura se requieren 2,220 miles de millones de dólares. Casi el 70% de las mismas serían inversión nueva. El Banco Interamericano de Desarrollo aprobó préstamos para todos los sectores en 2022 por valor de 12 mil millones de dólares, la CAF aprobó prestamos en el mismo año por 14, 1 miles de millones de dólares. Aproximadamente 11 % de las necesidades anuales medias. ¿De dónde se obtiene el resto de los fondos?

- La financiación de los sectores públicos y privado, pero sobre todo es necesaria más financiación de los Bancos de Desarrollo. Ello requiere a largo plazo ampliaciones de capital en los Bancos, lo que depende de los países miembros. A corto plazo, pueden aumentar su capacidad financiera y mediante unos sistemas de gestión de riesgos actualizados a las necesidades del siglo XXI como recomienda el Informe del G-20 (2022).
- Aunque los Bancos de Desarrollo están haciendo esfuerzos por aumentar su capacidad de préstamo, no será posible llegar a los volúmenes necesarios sin apoyo exterior. En particular, para atender las necesidades financieras de los países con escaso espacio fiscal y con enormes riesgos de tipo de cambio. Si los Bancos de Desarrollo trataran de cubrir las necesidades de financiación para la transición energética sin apoyo externo, acabarían perdiendo su estatus crediticio y encareciendo la financiación a toda la región.
- La falta de financiamiento es uno de los mayores problemas que dividen a las naciones ricas y pobres, desde que se acuñó el principio de "responsabilidades comunes pero diferenciadas" ya en la Conferencia de la Tierra en 1992. De acuerdo con un comunicado de la OECD del 29 de Mayo de 2024 , los países industrializados proporcionaron y movilizaron 115.900 millones de dólares en financiación climática para los países en desarrollo en 2022, superando por primera vez el objetivo anual de 100.000 millones y alcanzando un nivel que no se esperaba antes de 2025.

La Agenda de Inversiones Global Gateway (AIGG) de la Unión Europea en América Latina y el Caribe es un instrumento idóneo para complementar la financiación para la transición energética y situar la transformación y expansión las redes eléctricas inteligentes en el centro de atención de sociedad. Cabe desatacar dos razones de vital

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

importancia. En primer lugar, los pilares de la citada Agenda son la transición energética, digitalización, talento y resiliencia y no es imposible avanzar por estos pilares sin la expansión y transformación de las redes eléctricas. En segundo lugar, la UE y los bancos de desarrollo de la región están consolidando acuerdos para aunar sus experiencias y conocimiento de la región para impulsar inversiones de los sectores públicos y privados de hasta 45 000 millones de euros antes de 2027. Es el momento de avanzar. Por ejemplo, la Cumbre UE-ALC prevista para el año 2025 en Colombia sería un lugar idóneo para acordar algunos ámbitos de colaboración. Aunque estas cuestiones requerirán un amplio consenso político, un enfoque gradual, centrando los esfuerzos en actividades y proyectos viables y esenciales como son, por ejemplo, el apoyo a las planificaciones de los países, el desarrollo de interconexión entre Chile y Perú.

Una asociación para la transformación, expansión y digitalización de las redes de la región

La Unión Europea y los Bancos de Desarrollo de la región tienen la capacidad de dialogo, el conocimiento y los medios financieros para situar la transformación y expansión de las redes en el centro de las políticas de transición energética de la región. Por ejemplo:

- El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) juega un papel crucial en la promoción de la integración energética en América Latina, brindando apoyo técnico y financiero a iniciativas clave como el Sistema de Interconexión Eléctrica Andina (SINEA), el Sistema de Integración Energética del Cono Sur (SIESUR), el Arco Norte y el Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC). Estos sistemas de colaboración entre países están diseñados para construir infraestructuras eléctricas capaces de compartir los excedentes de generación de energía limpia, mitigando así posibles fallas en el suministro y fortaleciendo la seguridad energética regional.
- Las palabras de Sergio Díaz-Granados, presidente ejecutivo de CAF son significativas del foco que este Banco de Desarrollo presta a los temas de integración y comercio. *"América Latina y el Caribe tiene que levantar la voz para no caer en la irrelevancia. Necesitamos nuevas alianzas para integrar mejor la infraestructura y acelerar los flujos comerciales, para adaptarnos al cambio climático y cerrar las brechas de inequidad de una región que sigue siendo una de las más desiguales del planeta. Para lograrlo, América Latina cuenta con CAF, cuya misión sigue siendo resolver los problemas estructurales de la región"*.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF) participan en el Equipo Europa de la Agenda de Inversiones Global Gateway (AIGG). En este contexto, la fuerza de la asociación y algunos compromisos para apoyar la transformación y desarrollo de redes eléctricas inteligentes sacarían a estas del olvido y las situarían en el centro del dialogo de la transición energética. Entre los compromisos que parecen imprescindibles se encuentran:

- Primero. Facilitar los conocimientos y la financiación a los países de la región para la preparación de planes de expansión y transformación de las redes incluyendo las reformas regulatorias correspondientes.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

- Segundo. Promover la disponibilidad de la financiación de las inversiones de las redes incluidas en los planes de los países, con especial énfasis en aquellos que apoyen las NDC y el acceso de toda la población a la electricidad.
- Tercero. Acordar con los Gobiernos y Reguladores sistemas de incentivos y vigilancia para el cumplimiento de los planes de expansión y transformación de las redes.

La planificación que se configuraría como punto de arranque para la ejecución y la financiación de los correspondientes proyectos de los países. La planificación de la expansión y transformación de las redes eléctricas incluirá estándares de calidad y coherencia. A pesar de la diferencia de los ciclos de planificación de las redes de transmisión y distribución, una visión integral es necesaria para asegurar la interoperabilidad del conjunto del sistema eléctrico. En particular, cabría considerar los siguientes: coherencia con las NDC, una visión regional que abarque, desde el diálogo público sobre regulación y permisos, cierta estandarización para la promoción de las cadenas de valor regionales, las mejores prácticas en materia de digitalización de las redes nuevas y las existentes. La constitución de un Fondo Especial dotado por la UE y el apoyo de otras instituciones de la UE y América Latina para la planificación de la Expansión y Transformación de las Redes Eléctricas es una opción atractiva que situaría a los "héroes olvidados" de la transición energética en el lugar que les corresponde.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

CONSIDERACIONES FINALES

Primero. Las siguientes palabras de Dr. Birol, Director de la Agencia Internacional de la Energía, reflejan la importancia de las redes y su preocupación por el relativo abandono de las mismas:

- *"Las redes eléctricas se encuentran entre los héroes anónimos de la transición energética, pero necesitan una inversión masiva".*
- *"Si bien se presta mucha atención a los paneles solares y los vehículos eléctricos, son las redes las que conectan todo. Al digitalizar nuestras redes, nuestros sistemas de energía se vuelven más fiables y seguros, y nuestras empresas de servicios públicos pueden gestionar mejor el equilibrio entre la oferta y la demanda de electricidad. Cuanto más esperemos para actualizar y digitalizar nuestras redes, más caro será".*

Segundo. La transición a la energía limpia requiere una transformación fundamental de los sistemas energéticos, incluidos niveles mucho más altos de digitalización en todas las redes que conectan la generación y el uso final. Uno de los beneficios inmediatos de la digitalización del sistema eléctrico es la mejora de la fiabilidad. El costo de las redes poco confiables es muy alto tanto en términos monetarios directos como por sus implicaciones sobre otros sectores que inciden mucho en el bienestar de las sociedades. Entre las implicaciones que la falta de redes provoca cabe señalar: la IEA estima que las pérdidas por la falta de seguridad de suministro podrían ascender a casi 1,3 billones de dólares hasta 2030.

Tercero. El primer informe de la IEA para América Latina contiene un análisis en profundidad de las tendencias energéticas y climáticas por país y región, identificando oportunidades y desafíos clave, a medida que se recupera un crecimiento más robusto. En el informe se exploran varios escenarios, en todos estos escenarios los aumentos de inversión en redes son significativas. En el escenario más conservador, la inversión en redes pasa de representar el 17 % de la inversión total en el sector eléctrico en el año 2022 a representar más del 35 % en 2050. Además, el gasto se triplica con creces desde los niveles de 2022, de alrededor de 9 mil millones hasta alrededor de USD 30 mil millones para 2050.

Cuarto. Una planificación con suficiente antelación de la expansión y transformación de las redes eléctricas con una visión regional es un camino óptimo para situar a las redes eléctricas en el centro de la transición energética. Para ello, la planificación debería reunir ciertos requisitos tales como coherencia con las NDC y con las correspondientes estrategias de largo plazo, incluir las oportunidades de integración regional, y contemplar el avance sostenido hacia redes inteligentes y resilientes. Asimismo, la formulación y ejecución de la planificación de redes tendría que estar anclada en un marco regulatorio que incentive y facilite la construcción de estas y el desarrollo de cadenas de valor regionales que aseguren el suministro. La importancia de estos anclajes ha sido resaltada por la Agencia Internacional de la Energía.

Quinta. La lucha contra el cambio climático y la nueva geopolítica son los pilares que soportan una nueva y fructífera relación entre Europa, y América Latina. Por un lado, América Latina ofrece un espacio para captar los cambios en la localización global de cadenas productivas que la nueva geopolítica demanda para promover la

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

diversificación productiva y la reducción de los riesgos asociados a la concentración de la producción. Por otro, América Latina es una fuente inagotable de los productos que se requieren para la lucha contra el cambio climático. Una nueva relación focalizada y voluntaria a partir de los mercados asociados a la transición energética parece una tarea más fácil y atractiva.

Sexta. La planificación de la expansión y transformación de las redes eléctricas se configura como punto de arranque para la ejecución y la financiación de los correspondientes proyectos de los países. Dicha planificación incluirá estándares de calidad y coherencia. En particular, cabría considerar los siguientes: coherencia con las NDC, una visión regional para una mayor integración, digitalización para el empoderamiento de los consumidores, la eficiente integración de las renovables y la seguridad de suministro. La efectividad de la planificación requiere dos anclajes. Un anclaje es la regulación económico-financiera y de los permisos y otro anclaje es cierta estandarización para la promoción de las cadenas de valor regionales. Tales anclajes necesitan una mayor participación de todos los interesados para mejor aceptación social

y buenas prácticas comunes en materia de las redes nuevas y las existentes incluyendo la digitalización.

Séptima. La Agenda de Inversiones Global Gateway (AIGG) de la Unión Europea en América Latina y el Caribe es un instrumento idóneo para situar la transformación y expansión de las redes eléctricas inteligentes en el centro de atención de la sociedad y los Gobiernos. Nótese que los pilares de citada Agenda, que recordemos son transición energética, digitalización, talento y resiliencia, no pueden avanzar sin la expansión y transformación de las redes eléctricas. La constitución un Fondo Especial dotado por la UE y el apoyo de otras instituciones de la UE y América Latina para la planificación e implementación de la Expansión y Transformación de las Redes Eléctricas es una opción atractiva que situaría a los "héroes olvidados" de la transición energética en el lugar que les corresponde.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Referencias

1. ADELAT. (2022). "La distribución de energía en tiempo de cambios".
<https://adelat.com/wp-content/uploads/2023/05/LaDistribucion-de-Energia-Electrica-en-tiempos-de-cambios-1.pdf>.
2. Álvarez O., Alberto Díaz Echeverría, Noé Alfonso, Alfonso Sánchez Campos, Cecilia Bordiu García-Ovies (2023), "Hoja de ruta para la transformación digital del sector energético en América Latina y el Caribe", Nota Técnica del BID, Octubre.
3. Azamar, A. (2022), *Litio en América Latina. Demanda global contra daño socioambiental*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable, México.
4. Biyabani, S. y otros (2022), "Challenges and Opportunities for a Resilient and Safe Smart Grid", IEEE Bulletin, December.
<https://smartgrid.ieee.org/bulletins/december-2022/challenges-and-opportunities-for-a-resilient-and-safe-smart-grid>
5. Barrero V y O. Bou (2020), *Estado de preparación en ciberseguridad del sector eléctrico en América Latina*, editores Juan Roberto Paredes, Miguel Porrúa, Banco Interamericano de Desarrollo.
6. Brichetti J.P. y otros (2021), "La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe: estimación de las necesidades de inversión hasta 2030 para progresar hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible", Monografía del BID, número 962.
7. BID (2022), "Promoviendo las transiciones energéticas justas e inclusivas".
<https://blogs.iadb.org/energia/es/promoviendo-las-transiciones-energeticas-justas-e-inclusivas/>
8. Bustos, A and A. Galetovic (2002), "Regulación por empresa eficiente: ¿quién es realmente usted?", Estudios Públicos, Ministerio de Economía, Chile.
https://www.economia.gob.cl/1540/articles-187010_recurso_1.pdf
9. CAF (2023), "Desafíos globales, soluciones regionales América Latina y el Caribe frente a la crisis climática y de biodiversidad", Reporte de Economía y Desarrollo (RED), CAF-Banco de Desarrollo para América Latina.
10. CIGRE (2024). "CIGRE regions"
https://www.cigre.org/GB/search-result?csrf_token=212631400_60758%2C97&q=RIAC
11. CISCO. (2023). "La digitalización llega a las redes eléctricas". <https://news.blogs.cisco.com/emea/es/2023/07/03/ladigitalizacion-llega-a-las-redes-electricas/>
12. ENTSO (2024), "Dynamic Line Rating (DLR)"
<https://www.entsoe.eu/Technopedia/techsheets/dynamic-line-rating-dlr>
13. ETC (2023) "Financing the Transition: How to Make the Money Flow for a Net-Zero Economy", Energy Transitions Commission.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

- https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2023/08/ETC-Financing-the-Transition-MainReport_update.pdf
14. Giraldo C. y otros (2021), "Energizados, una herramienta para automatizar la detección de fraudes eléctricos. Comentarios", Banco Interamericano de Desarrollo, Noviembre 10.
https://blogs.iadb.org/energia/es/energizados-la-deteccion-de-fraudes-electricos/#_ftn2
15. Hevia-Kock, P. and other (2024), "The clean energy economy demands massive integration investments now. Commentary", Climate Investments Funds, January, IEA
<https://www.iea.org/commentaries/the-clean-energy-economy-demands-massive-integration-investments-now>
16. IEA (2023a) Electricity Grids and Secure Energy Transitions: Enhancing the foundations of resilient, sustainable and affordable power system, IEA Publications, International Energy Agency.
17. IEA (2023b), Latin America Energy Outlook 2023. World Energy Outlook Special Report, IEA Publications, International Energy Agency, November.
18. IEA (2024a) "Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies", IEA Publications, International Energy Agency, Revised version, February 2024.
19. IEA (2024b), Global Critical Minerals Outlook 2024, IEA Publications, International Energy Agency, Revised version, May 2024.
20. Malamud Carlos y Otros (2023), ¿Por qué importa América Latina?, Informe Elcano, Real Instituto Elcano, Madrid.
21. Menzies, Craig y otros, (2023), Guía metodológica para alinear la planificación energética y eléctrica con las estrategias climáticas de largo plazo en América Latina y el Caribe, Nota técnica 2859 del Banco Interamericano de Desarrollo,
22. Poveda Bonilla, R. (2021). Políticas públicas para la innovación y la agregación de valor del litio en Chile, CEPAL
23. Silveira, A. y otros (2021), "Hacia el desarrollo de infraestructuras eficientes y sostenibles en América Latina: oportunidades y beneficios de la digitalización para los sectores de la energía eléctrica, la movilidad y la logística. Resumen ejecutivo" CAF: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1894>)
24. World Energy Council (2020), "Performing while transforming: The role of transmission companies in the energy transition", Innovation Insights Brief, 2020 in collaboration with PwC.

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

ANEXO 1

COMUNICADO A LA SECRETARÍA GENERAL IBEROAMERICANA

La Fundación Iberoamericana Empresarial se propone informar, a través de la Secretaría General Iberoamericana, de este documento al XV Encuentro Empresarial Iberoamericano y a la XXIX Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno y solicitar que estos consideren incluir en su programa de trabajo las siguientes iniciativas:

Primera. Promover un diálogo regional para situar a las redes eléctricas inteligentes en el centro de la transición energética de América Latina e incentivar que todos los países de América Latina establezcan planes y estrategias para expandir y transformar las redes eléctricas con tres objetivos:

- El cumplimiento de los compromisos climáticos, en particular las contribuciones determinadas nacionales (NDC) cada vez más ambiciosas.
- El fortalecimiento de la integración regional de los sistemas eléctricos de América Latina para abordar el tema la variabilidad de la energía eléctrica de origen renovable.
- La digitalización de las redes eléctricas para empoderar al consumidor, incorporar las energías renovables y aumentar la resiliencia y la seguridad de suministro.

Segunda. Establecer un marco regulatorio de referencia para la expansión y desarrollo de las redes de transporte y distribución que atienda a tres frentes:

- Recuperación y Retribución de las Inversiones. Garantizar un marco regulador estable a largo plazo y una tasa de rendimiento razonable para la recuperación de las inversiones incluidas en la planificación de las redes inteligentes.
- Nuevos productos y servicios. Avanzar en la definición de los productos y servicios ofrecidos por la red como mecanismo para garantizar la relación calidad-precio pagado por los usuarios. Esto requerirá la diferenciación entre las actividades reguladas de la red y las nuevas oportunidades como la agregación de recursos y la recarga de vehículos eléctricos.
- Aceleración en la concesión de los permisos. Dos aspectos clave para ello son la atención a las demandas sociales mediante la participación de todos los implicados y la simplificación y reducción de los plazos de los procesos.

Tercera. Instar a los Bancos de Desarrollo de la región y a la Unión Europea para que empujen y apoyen la elaboración, aplicación y seguimiento de los planes nacionales de redes a que se refiere la iniciativa segunda y establezcan sistemas de incentivos para el cumplimiento de las inversiones y otros acuerdos establecidos en los planes nacionales. En particular, se proponen la consideración de tres programas regionales:

- La creación de un fondo de asistencia técnica para apoyar la elaboración de los planes para la expansión y transformación de redes eléctricas inteligentes.
- Un programa de financiación especializado para la implementación de los planes de cada país que sirva para la financiación y mitigación de los riesgos de la inversión pública y privada en redes eléctricas inteligentes.
- Un análisis de las opciones para el desarrollo de cadenas de valor asociadas a las redes eléctricas localizadas en América Latina y Europa.

Cuarta. Solicitar al Gobierno de España que lidere la creación de un fondo de asistencia técnica, en el marco del Global Gateway de la UE, para la elaboración de los planes

TRANSFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

de expansión y transformación de redes eléctricas inteligentes a que se refiere el punto anterior, así como el marco regulatorio que fomente la inversión pública y privada en dichas redes. El objetivo sería que todos los países de la región tuvieran terminados los planes de expansión de redes eléctricas antes del inicio del año 2027.

Quinta. Solicitar al Gobierno de España que anime a la Unión Europea a incluir el despliegue de estas redes entre las inversiones prioritarias, dentro de los proyectos-faro de la iniciativa Global Gateway. De esta forma, países industrializados cumplirían y en su caso ampliarían los compromisos adquiridos de aportar fondos para apoyar a los países menos desarrollados en sus programas de adaptación y mitigación de los impactos del cambio climático, contribuyendo de manera efectiva a su triple objetivo de transición ecológica, digital y social. No se puede pedir a una región que se comprometa con NDC cada vez más ambiciosas, mientras que los países más industrializados no cumplen con lo acordado.