

*Policy brief*



# Hacia una Latinoamérica renovable en 2040

- ▶ Despliegue de energía renovable, cadenas de valor y minerales estratégicos



# Tabla de contenido

Glosario .....	2
Introducción.....	4
<b>CAPÍTULO 1. Contexto y proyecciones para Latinoamérica.....</b>	<b>5</b>
1. Contribución del sector eléctrico en las metas de descarbonización.....	5
2. ¿Por qué Latinoamérica podría tener una matriz eléctrica 100% renovable?.....	6
3. Materiales y minerales estratégicos.....	9
<b>CAPÍTULO 2. Ventajas de Latinoamérica en las cadenas de valor para la fabricación de tecnologías renovables.....</b>	<b>13</b>
I. Disponibilidad de recursos minerales estratégicos e interés en nuevas cadenas de valor.....	13
II. Capacidades de procesamiento y manufactura y otras industrias como la del acero y el aluminio.....	15
III. Cooperación e integración regional en el sector eléctrico.....	18
IV. Aumento en inversiones para la transición energética.....	18
<b>CAPÍTULO 3. Desafíos en Latinoamérica para el despliegue de las cadenas de valor y de tecnologías renovables.....</b>	<b>20</b>
I. Impulsar el conocimiento geológico y la actualización de información de los recursos mineros.....	20
II. Aumentar la capacidad de refinamiento y procesamiento de minerales.....	21
III. Fortalecer las políticas industriales.....	22
IV. Garantizar la sostenibilidad y responsabilidad ambiental en la minería y cadenas de valor.....	23
V. Garantizar la participación vinculante de los actores locales en los nuevos proyectos mineros y de cadenas de valor.....	24
VI. Conectar las zonas mineras y de cadenas de valor con servicios e infraestructura.....	25
<b>CAPÍTULO 4. Recomendaciones.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 5. Conclusiones.....</b>	<b>34</b>
Referencias.....	36



# Glosario

**CADENA DE SUMINISTRO** – Por cadena de suministro se entiende el sistema y los recursos necesarios para trasladar un producto o servicio del proveedor al cliente (CISL, 2023).

**CADENA DE VALOR** – El concepto de cadena de valor se basa en el concepto de cadena de suministro para considerar también la forma en que se añade valor a lo largo de la cadena, tanto al producto o servicio como a los agentes implicados. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, la cadena de valor es más atractiva, ya que hace referencia explícita a las partes interesadas internas y externas en el proceso de creación de valor. Además, fomenta una perspectiva de ciclo de vida completo y no se centra únicamente en la adquisición (previa) de insumos. El valor suele utilizarse en un sentido estrictamente económico, pero puede interpretarse en el sentido de que engloba “valores”, es decir, preocupaciones éticas y morales, así como otros valores de utilidad no monetarios, como el cierre de circuitos materiales, la prestación de servicios ecosistémicos y el valor añadido para el cliente (CISL, 2023).

**COMPONENTE** – Un componente de la cadena de valor se refiere a cada una de las actividades individuales que componen las categorías primarias o de apoyo, entre ellas, creación del producto o servicio, venta, distribución, infraestructura de la empresa, la gestión de recursos humanos, entre otros (Konitzi, 2021). Por ejemplo, la cadena de valor de la fabricación de módulos solares fotovoltaicos comprende cuatro componentes principales: la producción de módulos a partir de polisilicio y productos químicos, producción de módulos, fabricación de células y montaje de paneles (SeforAll, 2022). Cada una de estos componentes tiene partes individuales que permiten el funcionamiento y estructura del producto final.

**MINERALES CRÍTICOS** – Un mineral se considera crítico cuando se cumple alguno de estos aspectos: 1) se consideran esenciales para la economía nacional y/o global, es decir, cualquier ausencia o paralización de su suministro tiene graves consecuencias para la economía del país o la seguridad nacional. 2) no tienen sustitutos viables, es decir, son imprescindibles o irremplazables para la fabricación de productos y, 3) su suministro puede estar en riesgo de interrupción (debido a escasez geológica, problemas geopolíticos u otros factores) (IGF, 2021)

**MINERALES ESTRATÉGICOS** – Los minerales estratégicos son aquellos minerales que desempeñan un papel crucial en la economía y seguridad nacional de un país o región debido a su importancia en diversas industrias clave, como la tecnología, la energía y la defensa. A diferencia de los minerales críticos, los minerales estratégicos para cada país o región, son aquellos minerales cuyos recursos, reservas o producción son lo suficientemente interesantes para ser considerados estratégicos (OLADE, 2024).



**MINERALES DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA** – Los minerales de la transición o minerales estratégicos para la transición son los necesarios para desarrollar insumos relacionados con la transición energética. Aquellos que desempeñan un papel fundamental en la transición hacia fuentes de energía renovables, como la energía solar, eólica y de almacenamiento de energía.

**PARTE** – Es un elemento individual que forma parte de un sistema más grande o una estructura completa. Puede ser un elemento básico o una pieza más pequeña que contribuye a la funcionalidad o el rendimiento de un equipo. En este documento los sistemas o equipos son los relacionados a la infraestructura de los paneles solares y turbinas eólicas.

**PROCESAMIENTO DE MINERALES** – En este documento se habla específicamente del proceso para producir fosfato ferroso de litio (LFP) que es un material catódico para la producción de baterías. El LFP se produce mediante un proceso químico que implica la reacción entre compuestos de litio, hierro y fosfato. Los reactivos se mezclan en un reactor a una temperatura y presión controladas. Durante esta etapa, ocurre la reacción química entre el óxido de hierro, el ácido fosfórico y el carbonato de litio para producir fosfato ferroso de litio. El producto de la reacción se purifica para eliminar impurezas y luego se cristaliza para obtener partículas de fosfato ferroso de litio con la estructura cristalina deseada.

**REFINAMIENTO DE MINERALES** – En este documento se refiere particularmente al refinamiento de cobre y litio. Son dos procesos diferentes. En el caso del cobre, se extrae el mineral en forma de minerales de sulfuro (como la calcopirita) o de minerales de óxido (como la malaquita), luego se tritura y se muele para convertirlo en un polvo fino. Pasa a un proceso de concentración produciendo un concentrado de cobre. Este concentrado se funde en un horno a altas temperaturas, para producir la mata de cobre, que es una mezcla de sulfuros de cobre y otras impurezas. La mata de cobre se somete a un proceso llamado conversión en el que se elimina el azufre y otros elementos no deseados, produciendo cobre blister (99% de pureza). El cobre blister se somete a un proceso de refinado electrolítico y finalmente pasa a refinado final para mejorar aún más su pureza.

En el caso del litio, se realiza una extracción del mineral conocido como la espodumena, el lepidolita y la petalita, los cuales son triturados y molidos en partículas más pequeñas. Luego se realiza una serie de procesos químicos para separar el litio de otros minerales presentes en la roca. Una vez separado, el litio se concentra para aumentar su pureza y concentración en forma de compuestos de litio solubles. Los compuestos de litio obtenidos en el paso anterior se convierten en carbonato de litio o hidróxido de litio, que son las formas más comunes de litio utilizadas en aplicaciones industriales, como las baterías de iones de litio.



# Introducción

**E**ste documento contiene un análisis general que identifica las principales ventajas y desafíos para el potencial desarrollo social y ambientalmente responsable de nuevas industrias y algunas cadenas de valor productivas locales y regionales, que le permitan a **Latinoamérica** aportar a la meta global de triplicar la capacidad de energías renovables a 2030, y avanzar hacia una generación de energía eléctrica 100% renovable a 2040 de manera aspiracional.

Los análisis e información recopilada en este documento se centran en los 21 países<sup>1</sup> que conforman Latinoamérica según la clasificación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), aclarando aquellos datos o proyecciones donde la información no pudo encontrarse desagregada por países. Los segmentos analizados pertenecen a las cadenas de valor de tecnologías que producen electricidad a partir de los **recursos energéticos solares y eólicos**, sin embargo, el análisis general del potencial de recursos disponibles en Latinoamérica para alcanzar las metas renovables a 2030 y 2040 incluyen otras fuentes como biomasa y geotermia.

Se prioriza el procesamiento y refinación de **cobre y litio** como minerales estratégicos para impulsar segmentos de cadenas de valor relacionadas con la actual y futura demanda regional y global de producción de material catódico para baterías y el ensamblaje y fabricación de paneles solares. Además se incluyen casos y ejemplos puntuales de algunos países de la región que han

sido pioneros en el impulso de planes y políticas industriales, incentivos en inversiones y la instalación de capacidades de manufactura de las tecnologías estudiadas como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú.

El documento incluye los siguientes capítulos: el primer capítulo presenta el **contexto** y describe los escenarios de Latinoamérica para avanzar hacia una generación eléctrica 100% renovable a 2040 como meta aspiracional, así como el rol crucial que la región puede jugar para que el mundo avance en la Transición Energética Justa (TEJ). El segundo capítulo expone las principales **ventajas** de la región para este proceso, incluyendo la disponibilidad de recursos minerales estratégicos e interés en nuevas cadenas de valor, las capacidades para el procesamiento y manufactura, la cooperación e integración regional, y el aumento de inversiones para la transición energética. El tercer capítulo describe los principales **desafíos** en los que deben trabajar los países de la región para posicionar sus ventajas competitivas. Esto incluye la necesidad de impulsar el conocimiento geológico y la actualización de información de los recursos mineros; el aumento de la capacidad de refinamiento y procesamiento de minerales; el fortalecimiento de las políticas industriales nacionales; la garantía de la participación vinculante de los actores locales en los nuevos proyectos mineros y de cadenas de valor; y la conexión de zonas mineras y de cadenas de valor con servicios e infraestructura.

1 Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Surinam, Uruguay y Venezuela. Si bien Haití y República Dominicana se encuentran ubicados en el Caribe, estos son incluidos por el BID en la región de Latinoamérica de acuerdo a su participación en asuntos regionales.



Por último, se presentan una serie de **conclusiones y recomendaciones** basadas en los capítulos anteriores, buscando servir como una

guía para tomadores de decisiones, formuladores de políticas y líderes de la región en su compromiso de avanzar en la TEJ.



## CAPÍTULO 1. Contexto y proyecciones para Latinoamérica

### 1. CONTRIBUCIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO EN LAS METAS DE DESCARBONIZACIÓN

**La Transición Energética Justa (TEJ) en Latinoamérica es uno de los objetivos más cruciales para lograr la descarbonización de la región.** El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha hecho un llamado a la reducción de la infraestructura existente y nuevos proyectos de combustibles fósiles, y la ampliación de las fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, que ahora son más competitivas que los combustibles fósiles en algunas regiones (IPCC, 2023).

**De acuerdo con *Our World in Data* (2024), los países de Latinoamérica representaron el 4% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial relacionadas con los combustibles fósiles y la industria en el año 2022<sup>2</sup>.** Se estima que el sector energético a nivel global es responsable de más de tres cuartas partes de

las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sin embargo, en la región este porcentaje es menor, alcanzando una participación entre el 45% para el año 2019 y cerca del 48% en 2022 del total de emisiones de todos los países<sup>3</sup>; siendo el segundo sector con mayores emisiones, después del uso de la tierra y la agricultura en la región con cerca del 52%<sup>4</sup> del total de emisiones.

**Estas cifras resaltan la importancia crucial de la región en la consecución de los objetivos fijados en el Acuerdo de París, así como el papel decisivo del sector energético en el avance hacia dichas metas.** Esto implica objetivos globales de limitar el calentamiento global a 1,5°C, en donde los países establecen metas de mitigación viables y eficaces en todos los sectores, que permitan alcanzar reducciones profundas, rápidas y sostenidas en relación con el nivel de 2019 del 43% para 2030, del 60% para 2035, y de alcanzar emisiones cero netas de dióxido de carbono para 2050 (UNFCCC, 2023).

- 2 Las emisiones fósiles miden la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por la quema de combustibles fósiles y directamente por procesos industriales como la producción de cemento y acero. El CO<sub>2</sub> fósil incluye las emisiones de carbón, petróleo, gas, combustión en antorcha, cemento, acero y otros procesos industriales.
- 3 Estos datos provienen de la revisión de emisiones de [Climate Watch](#) y [Our World in Data](#), sin embargo, estos datos se basan en información de diversas fuentes y puede no coincidir con los inventarios oficiales presentados por los países.
- 4 Estos datos provienen de la revisión de emisiones de [Our World in Data](#), sin embargo, estos datos se basan en información de diversas fuentes y puede no coincidir con los inventarios oficiales presentados por los países.



## 2. ¿POR QUÉ LATINOAMÉRICA PODRÍA TENER UNA MATRIZ ELÉCTRICA 100% RENOVABLE?

**Los abundantes recursos renovables que tienen los países de la región latinoamericana abren la oportunidad de avanzar hacia un sector eléctrico aún más renovable y alineado con las metas globales.** La región cuenta con uno de los sistemas de energía más limpios, con aproximadamente un 35% de su matriz de energía primaria proveniente de fuentes renovables<sup>5</sup>, con participaciones de cerca del 50% en algunos países como Guatemala, Uruguay y Paraguay.

En la matriz eléctrica, la participación de energía renovable alcanza un 60%<sup>6</sup>, y esto se refleja en una capacidad instalada de 314 gigavatios (GW) sobre un total de capacidad instalada total de 521 GW. La energía hidroeléctrica representa aproximadamente el 45% de la generación total de electricidad en la región. La energía eólica y solar fotovoltaica generalmente representan una parte más pequeña de la matriz eléctrica regional. Algunos países como Chile y Uruguay tienen una participación sumada entre ambas fuentes del 25% y el 35%, respectivamente en cada país (IEA, 2023a). Estos porcentajes son cercanos o mayores al de otras regiones del sur global, como Asia, en donde la participación de eólica y solar alcanza un 26%, mientras que en África es cercana al 23% (IEA, 2023c).

Desde este punto de partida, la región tiene casi todo lo que necesita para seguir avanzando hacia una capacidad de generación eléctrica renovable mucho más alta que el promedio mundial, el cual se evidencia en los diferentes escenarios propuestos por organizaciones como IRENA y la IEA. Estos escenarios ofrecen una perspectiva de la evolución del sistema eléctrico para Latinoamérica<sup>7</sup>, que se basa en las políticas declaradas (STEPS) y planes energéticos y políticas planificadas (PES), así como los escenarios de promesas anunciadas (APS) donde se asume el cumplimiento a tiempo de todos los compromisos relacionados con el clima, incluidos los objetivos de emisiones netas cero a más largo plazo, y escenarios transformadores (TES) que son ambiciosos pero probables, fundamentados en gran medida en fuentes de energía renovable y una mejora constante en la eficiencia energética.

En estos escenarios, la energía eólica, solar y biomasa moderna han sido las principales protagonistas en la simulación de la transición energética en los países de la región hacia el año 2050. En todos los escenarios, la capacidad instalada de energías renovables representa más del 80% de las nuevas incorporaciones en el período correspondiente de 2017 hasta 2030 para IRENA, y 2022 hasta 2030 para IEA. Las proyecciones más optimistas se presentan en el escenario APS de la IEA, donde la capacidad instalada en renovables de la región aumenta 1.7 veces en 2030, 3.2 veces en 2040, y 4.9 veces en 2050, con respecto a la línea base de 314 GW en 2022.

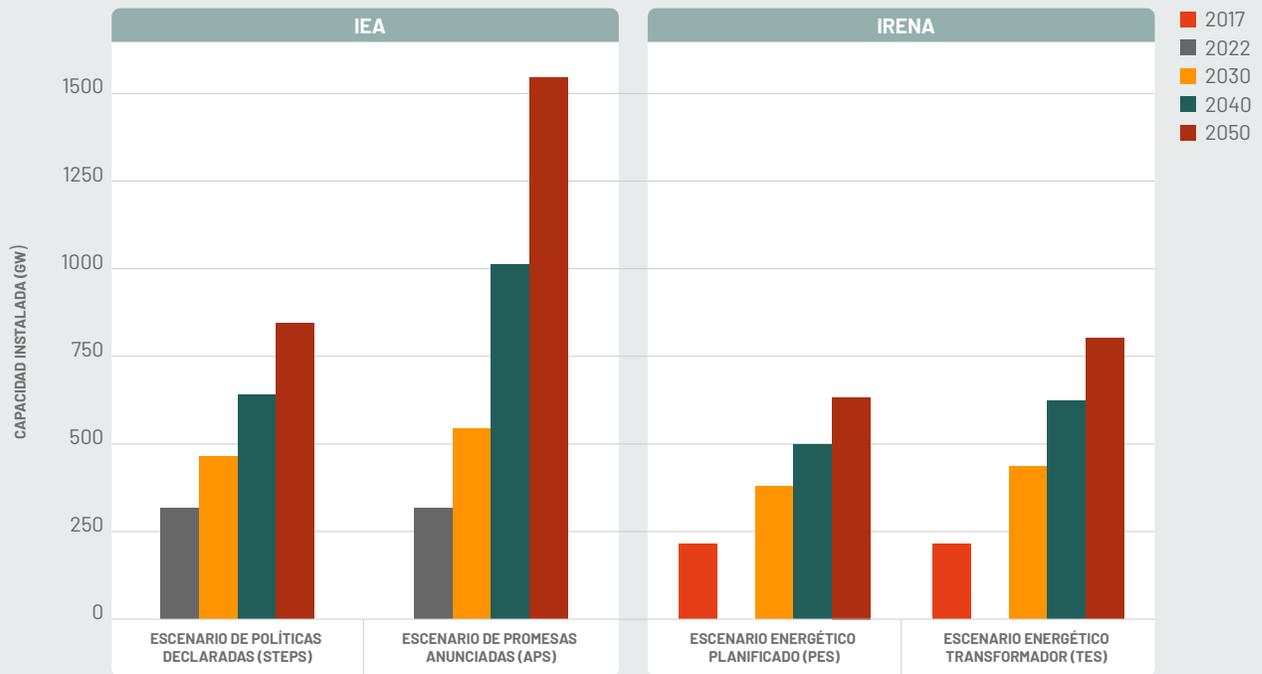
5 Las energías renovables incluyen la geotérmica, la hidroeléctrica, la marina, la solar, la eólica y la bioenergía moderna y los residuos renovables.

6 Incluye únicamente los países de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Surinam, Uruguay y Venezuela

7 Las proyecciones de IEA e IRENA con relación a la demanda de electricidad, generación eléctrica y capacidad instalada incluyen los países del Caribe.



**FIGURA 1. PROYECCIONES DE CAPACIDAD INSTALADA PARA LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE BAJO DIFERENTES ESCENARIOS (GW)**



FUENTE: AUTORES CON DATOS DE (IEA, 2023A); (IRENA, 2020)

**NOTA 1:** La IEA considera como fuentes renovables la energía solar PV, energía solar concentrada (CSP), eólica, hidráulica, bioenergía, geotermia y marina. La IRENA considera únicamente en sus escenarios las fuentes de energía hidráulica, solar PV, eólica y bioenergía.

**NOTA 2:** Las proyecciones de los escenarios de la IEA tienen como línea de base el año 2022. La IRENA tiene como línea base el año 2017, esto debido a que es un reporte del año 2020, en donde a nivel global tomaron como referencia el 2018, pero a nivel regional el año 2017. En el gráfico se pueden evidenciar las diferencias entre las dos líneas base.

Bajo todos los escenarios se espera un **significativo aumento en la demanda de electricidad para 2040 y 2050**, impulsado por la electrificación de los sectores de transporte, residencial e industrial, así como por la producción de hidrógeno. Según la IEA (2023), esto se refleja en un incremento de la participación de la electricidad en la demanda final total, partiendo de una demanda de electricidad total de todos los sectores en América Latina y el Caribe (ALC) de 19% en el 2022 (OLADE, 2023), se proyecta un aumento del 23% en 2030 y alcanzando el 41% en 2050. IRENA también prevé un aumento, pasando del 18% en 2017 al 26% en 2030 y llegando al 39% en 2050. Tanto IEA como IRENA identifican la electrificación y la eficiencia energética como

medidas clave para reducir la demanda, identificándose como áreas para la atención por parte de los tomadores de decisión y que requieren medidas de aplicación más contundentes.

Se hace evidente que Latinoamérica está avanzando hacia un aumento significativo en su participación en fuentes de energía renovable en la generación de electricidad, especialmente en energía eólica y solar. Este impulso se ve respaldado por iniciativas como Renovables en Latinoamérica y El Caribe (RELAC), que tiene como objetivo aumentar la participación de energías renovables en la generación de electricidad en 2030, alcanzando un 80% en los países miembros<sup>8</sup>. No obstante lo anterior, las proyecciones indican que

<sup>8</sup> Barbados, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Uruguay.



para el año 2030 y 2040, en el escenario más ambicioso de IRENA (TES), esta participación podría alcanzar hasta un 85% y 90%, respectivamente, hasta un 94% en 2050 (Tabla 1).

**TABLA 1. PROYECCIONES DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE TODAS LAS FUENTES (TWh) Y PARTICIPACIÓN DE RENOVABLES (% RE) PARA LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE BAJO LOS DIFERENTES ESCENARIOS**

ESCENARIO	LÍNEA BASE	2030	2040	2050
IEA - STEPS ESCENARIO DE POLÍTICAS DECLARADAS	2022: 1,771 TWh	2,084 TWh	2,656 TWh	3,281 TWh
	RE: 61%	RE: 67%	RE: 73%	RE: 79%
IEA - APS ESCENARIO DE PROMESAS ANUNCIADAS	2022: 1,771 TWh	2,194 TWh	3,426 TWh	4,862 TWh
	RE: 61%	RE: 72%	RE: 83%	RE: 92%
IRENA - PES ESCENARIO ENERGÉTICO PLANIFICADO	2017: 1,292 TWh	2,079 TWh	2,615 TWh	3,138 TWh
	RE: 65%	RE: 72%	RE: 83%	RE: 92%
IRENA - TES ESCENARIO ENERGÉTICO TRANSFORMADOR	2017: 1,292 TWh	2,061 TWh	2,644 TWh	3,204 TWh
	RE: 65%	RE: 85%	RE: 90%	RE: 94%

FUENTE:  
(IEA, 2023a);  
(IRENA, 2020)

América Latina está bien posicionada para avanzar en la transición hacia energías renovables, con más de 319 GW de capacidad solar y eólica en proyecto o en construcción, adicionales a los 314 GW de la capacidad instalada actual. Este impulso podría aumentar la capacidad de la región en más del 460% para 2030, representando un crecimiento significativo sobre la capacidad eléctrica actual (Global Energy Monitor, 2023).

En paralelo, para traducir los compromisos en acciones concretas y aumentar la ambición hacia una generación eléctrica 100% renovable, es

esencial superar obstáculos como la incertidumbre del mercado, la complejidad normativa y la seguridad del suministro. También es crucial evaluar la viabilidad de los proyectos y disminuir los tiempos de los permisos ambientales y sociales. Actualmente, una vez se aprueban los permisos, los plazos de implementación varían así: los proyectos solares toman alrededor de 2 años, mientras que los eólicos pueden tardar de 3 a 5 años (Gumber, et al, 2024)<sup>9</sup>. Mejorar los procesos de permisos a nivel mundial podría reducir significativamente estos plazos, por ejemplo, de 12 a 5,5 años para la energía eólica marina y de 10 a

<sup>9</sup> Por ejemplo, en lugares como Estados Unidos, el proceso político puede prolongarse hasta 4,5 años (American Clean Power, 2023), y en la Unión Europea, los proyectos eólicos pueden demorar de 5 a 10 años, o más debido a los retrasos en los procesos de la expedición de los diferentes permisos (WEF, 2023a).



4,5 años para la eólica terrestre, mientras que la solar podría reducirse de 4 años a cerca de 1 año (Energy Transitions Commission, 2023).

Además de estos desafíos, Latinoamérica enfrenta obstáculos adicionales como los altos costos de producción y los cuellos de botella en la cadena de valor de las renovables. Sin embargo, estos desafíos también representan una oportunidad para aprovechar sus ventajas más relevantes: la abundancia de recursos energéticos renovables y las reservas y producción de minerales estratégicos. Estos recursos podrían respaldar una industria propia que impulse la transición energética y reduzca la dependencia geopolítica (p.ej. de China que controla el 82% del mercado mundial de paneles solares) en las cadenas de valor de las tecnologías renovables.

### 3. MATERIALES Y MINERALES ESTRATÉGICOS

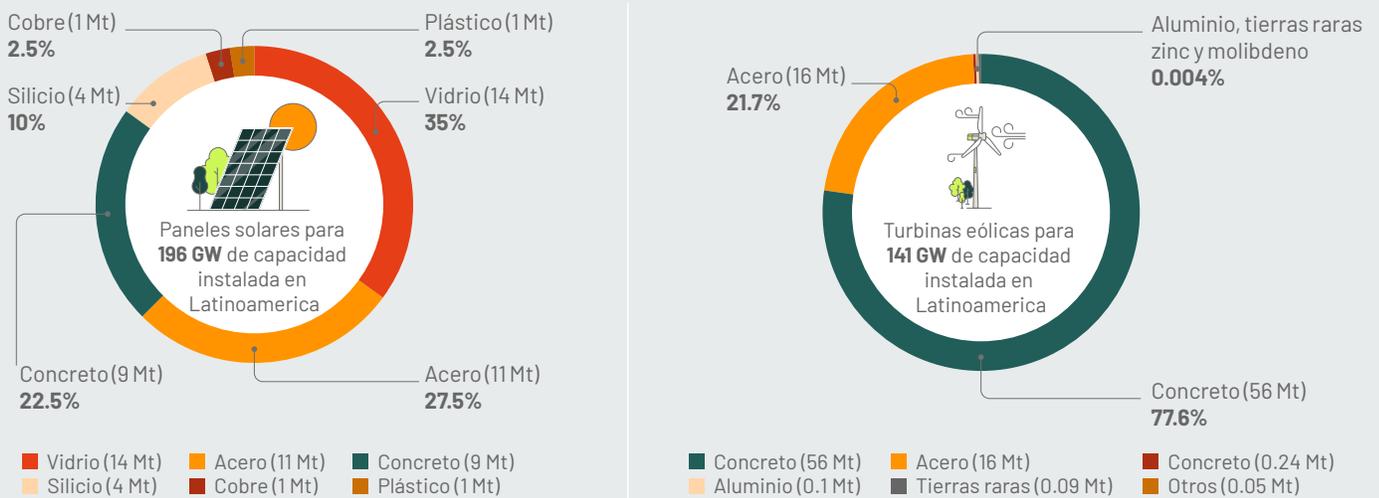
La planificación energética a largo plazo es crucial debido a los extensos plazos de inversión y los altos costos asociados al desarrollo de infraestructuras eléctricas (OLADE, 2024). Como se evidencia en los escenarios presentados anteriormente, el aumento de potencia eléctrica está estrechamente ligado al crecimiento tecnológico, razón por la cual es indispensable que la planificación a nivel nacional y regional incorpore las necesidades de los minerales, evaluando cómo impactan los cambios en las cadenas de suministro regionales y globales de minerales estratégicos y tecnologías asociadas (paneles solares, turbinas eólicas, baterías, etc).

Para lo anterior, es necesario desarrollar estrategias y políticas de planificación para enfrentar los desafíos actuales en el sector minero de la región. Estos desafíos abarcan desde la volatilidad de los precios de los minerales hasta cuestiones como la inversión extranjera, la informalidad, la estabilidad legal, el involucramiento de las comunidades locales, la población y la industria nacional, así como las tendencias globales, la conflictividad social y los retrasos en los trámites administrativos.

**Es importante destacar que este impulso y necesidad de planificación minera no se limita únicamente a la extracción de recursos, sino que también implica la planificación de una transición industrial en las áreas mineras.** Una tendencia emergente en el sector minero es agregar valor a la cadena productiva, lo que implica proyectarse hacia la integración vertical, de manera que se pueda proporcionar materia prima para la producción y el desarrollo económico e industrial.

**Todo lo anterior cobra aún más relevancia ya que las tecnologías renovables son intensivas en minerales estratégicos requiriendo una cantidad considerable de materiales como metales, minerales metálicos y no metálicos y plásticos.** Si bien las plantas solares y los parques eólicos no requieren combustibles para funcionar, generalmente requieren más materiales y minerales para su construcción que sus contrapartes basadas en combustibles fósiles (Figura 2).

**FIGURA 2. ESTIMACIÓN DE MATERIALES Y MINERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA REQUERIDA DE INSTALACIÓN DE CAPACIDAD ADICIONAL SOLAR Y EÓLICA PARA LATINOAMÉRICA EN EL AÑO 2040, SEGÚN EL ESCENARIO TES DE IRENA. DATOS EN MILLONES DE TONELADAS (MT).**



FUENTE: CÁLCULOS ESTIMADOS CON BASE EN DATOS DE IRENA, 2019 (PANEL SOLAR) Y BANCO MUNDIAL, 2019 (TURBINA EÓLICA)

NOTA 1: Tomando como referencia los valores proyectados de capacidad instalada de solar PV y eólica (onshore y offshore) para el año 2040 en el escenario TES de IRENA se estima la cantidad en toneladas (t) de materiales y minerales requeridos para la infraestructura de paneles solares y turbinas eólica. El cálculo se hizo a partir de los valores de referencia de IRENA (2019) para paneles solares de 1 MW, y Banco Mundial (2019) para turbinas eólicas de 3 MW.

Se estima que la capacidad mundial de producción de polisilicio, lingotes, obleas, células y módulos para paneles solares PV debería más que duplicarse de aquí a 2030 con respecto a los niveles actuales (IEA, 2022b).

Además, se espera un significativo aumento en la demanda de materias primas para baterías hasta el año 2040, principalmente debido al crecimiento exponencial de los vehículos eléctricos y, en menor medida, de los sistemas de almacenamiento de energía. Se proyecta que los mayores incrementos se producirán a medio plazo (para el año 2030) y a largo plazo (hasta el año 2040), especialmente en el caso del grafito, litio y níquel. Por ejemplo, se estima que la demanda de litio para baterías aumentará cinco veces para el año 2030 y catorce veces para el año 2040 en comparación con los niveles de 2020. Además, se prevé que la capacidad

de producción de materias primas procesadas, específicamente de litio refinado para baterías y pilas en 2030 sea de un 11% en Chile, un 10% en México y un 15% en Argentina (European Commission-RMIS, 2021).

Finalmente, el cobre es esencial para la conducción eléctrica, siendo el 30% destinado al sector eléctrico, 10% a la electrónica, 5% a bronce y latón y el resto a construcción e industrias diversas. Sin embargo, es importante resaltar que la industria relacionada con tecnología para energías renovables competirá directamente por estos minerales con otros sectores como digitalización, electrónica e industria automotriz, lo cual podría dificultar la transición hacia energías renovables a nivel global.

Este rápido crecimiento, combinado con los largos plazos de ejecución de los proyectos



mineros, aumenta el riesgo de desajustes entre la oferta y la demanda, lo que puede provocar aumentos de costes y escasez de suministro. La concentración geográfica de estos minerales y el monopolio de la industria de las tecnologías que usan estos minerales, ocasionan riesgos de interrupción debido a tensiones geopolíticas o eventos naturales extremos. Por lo tanto, es crucial avanzar en cadenas de valor más diversas y resilientes para mantener el ritmo de crecimiento de las energías renovables y asegurar una transición energética exitosa hacia emisiones netas cero.

Según IRENA (2022) y Rystad Energy (2024), las cadenas de valor de tecnologías para industria eólica han venido sufriendo grandes choques ocasionados principalmente por la crisis de la pandemia COVID-19 y el rezago en el abastecimiento que aún continúa, en la disponibilidad de materias primas y algunos problemas de calidad. Por ejemplo, los costos de transporte marítimo aumentaron seis veces durante y después de la pandemia, y los costos de producción del acero y el cobre en un 50-60% entre 2020 y principios de 2022, lo que elevó los precios de las turbinas eólicas a los mismos niveles del año 2015. Por lo cual, IRENA recomienda adoptar estrategias de política industrial para construir nuevas y expandir las existentes cadenas de valor, prestando especial atención a los países con capacidades industriales más limitadas.

Actualmente, Latinoamérica no cuenta con cadenas de valor integradas de fabricación de tecnologías con fuentes renovables y minería, lo que limita la transición energética, aumentando la vulnerabilidad de la región, ya que la expone a los principales productores de tecnologías del mundo y disrupciones internacionales de



precios y logística. Además, los diferentes escenarios de transición energética y planeación energética de la región propuestos por OLADE, IRENA y la IEA no incorporan la demanda de minerales para la región, lo que agrega un escalón adicional en la simulación de escenarios para entender las necesidades regionales entorno a los minerales estratégicos (OLADE, 2024).

En su informe más reciente, publicado en 2024, OLADE identifica como desafío crucial de la región la necesidad de duplicar la producción de cobre y aumentar diez veces la producción de litio en los próximos 20 años. Sin embargo, tener reservas y/o producción de minerales no garantiza la capacidad tecnológica ni los niveles de productividad y competitividad de costos necesarios para acceder a los mercados regionales y globales de minerales estratégicos o tecnologías de energía renovable. Para desarrollar capacidades locales y establecer una cadena de valor sólida, es imperativo crear mercados internos lo suficientemente amplios y estables como para justificar la construcción de instalaciones de producción iniciales antes de 2030, y luego consolidar esta industria en la década siguiente.



**El aprovechamiento responsable de los recursos naturales y desarrollo de cadenas de valor en Latinoamérica puede impulsar el empleo, la inversión extranjera y la diversificación económica.** La industria minera y las cadenas de valor asociadas pueden promover la innovación y la transferencia tecnológica, beneficiando sectores como la manufactura y la ingeniería. Es esencial garantizar altos estándares ambientales, sociales y de gobernanza en todas las etapas de la cadena de valor, especialmente en la transición hacia energías renovables, garantizando un enfoque integral que incluya capacidades de procesamiento, refinación, manufactura y mano de obra calificada para alcanzar la competitividad y los estándares necesarios.

El desafío es aprovechar de la mejor manera los minerales en Latinoamérica comparado con procesos en el pasado, donde se evidencian las debilidades de gobernanza y participación de la región. Sin embargo, existen nuevos esquemas que apuntan a mejorar la gestión de recursos minerales. Por ejemplo, Chile ha logrado desarrollar una industria minera sólida y diversificada, no sólo centrada en el cobre, sino también en minerales como el litio, convirtiéndose en uno de los principales productores mundiales. Dentro de las acciones de la Estrategia Nacional de Chile para optimizar el aprovechamiento del litio y los salares, se destacan la creación del Comité Estratégico de Litio y Salares, liderado por el Ministerio de Minería, el diálogo con diversos actores, la creación de la Empresa Nacional del Litio, el

establecimiento de una Red de Salares Protegidos, la modernización del marco institucional y la creación del Instituto Tecnológico y de Investigación Público de Litio y Salares.

Además, países como Perú han implementado políticas que buscan agregar valor a sus minerales, promoviendo la industrialización y la innovación en la cadena de producción. Estos casos muestran que, si se abordan adecuadamente los desafíos, como la diversificación de la economía, la inversión en tecnología y la mejora en la regulación ambiental y social, es posible aprovechar de manera más efectiva los recursos minerales en la región. Aunque el reto es grande y el tiempo es limitado, aprender de los errores del pasado y aprovechar los éxitos alcanzados puede apoyar el camino hacia un futuro más prometedor en la gestión de los minerales en Latinoamérica.

En este documento se sugiere que Latinoamérica tiene las capacidades para continuar avanzando en el segmento de la cadena de suministro de explotación y refinamiento de minerales, aprovechando algunas experiencias que han tenido empresas locales e internacionales relacionadas con el procesamiento y refinación de cobre y litio, impulsando a mediano y largo plazo nuevos segmentos de cadenas de valor asociados a la producción de material catódico para baterías y el ensamblaje y fabricación de paneles solares<sup>10</sup>, y luego, a través de políticas industriales sólidas e integrales, ir fortaleciendo las capacidades e incentivando inversiones en otros segmentos de las cadenas de valor.

10 Es necesario reafirmar que alcanzar estos segmentos de la cadena de valor requiere de análisis robustos entorno a la viabilidad y factibilidad de los proyectos, considerando las incertidumbres del mercado, sostenibilidad y responsabilidad con el ambiente y las comunidades, y finalmente avanzar en la adopción de las recomendaciones generadas en el marco de este documento y de organizaciones como OLADE, IRENA, e IEA.



## CAPÍTULO 2. Ventajas de Latinoamérica en las cadenas de valor para la fabricación de tecnologías renovables

Los diferentes perfiles energéticos, económicos y productivos de los países de Latinoamérica permiten identificar ventajas u oportunidades comparativas para que como región se avance hacia el desarrollo de nuevas industrias y cadenas de valor productivas locales y regionales, social y ambientalmente responsables. Entre ellas se identifican cuatro ventajas competitivas en la región:



**I. RECURSOS MINERALES E INTERÉS DE GENERAR VALOR AGREGADO A LO LARGO DE LA CADENA DE VALOR MÁS ALLÁ DE LA MINERÍA.**



**II. CAPACIDADES DE PROCESAMIENTO Y MANUFACTURA Y OTRAS INDUSTRIAS COMO LA DEL ACERO Y EL ALUMINIO.**



**III. COOPERACIÓN E INTEGRACIÓN REGIONAL.**



**IV. AUMENTO EN INVERSIONES PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA.**

A continuación se describen los detalles de cada una de estas ventajas y oportunidades regionales:

### I. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS MINERALES ESTRATÉGICOS E INTERÉS EN NUEVAS CADENAS DE VALOR

La región es conocida por sus importantes reservas y producción de diversos minerales fundamentales para la producción de las tecnologías renovables. Latinoamérica también posee el 38% de las reservas globales de cobre, con Chile (24%) y Perú (10%) a la cabeza. Proyectos como la mina Quellaveco en Perú y la mina Quebrada Blanca en Chile han contribuido al reciente crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) en 28%, mientras que otros proyectos de expansión están en marcha. Por su parte, en Perú se está construyendo un megapuerto (Terminal Portuario de Chancay) para facilitar las exportaciones (IEA, 2021) (OLADE, 2024). Al mismo tiempo, la región ha aumentado su participación en el gasto mundial en exploración de cobre, pasando de alrededor del 30% en 2012 a casi el 45% en 2022, lo que sugiere un potencial considerable para futuros incrementos en la producción (Comisión Chilena del Cobre, 2022).

Por su parte, el litio en Argentina, Bolivia y Chile equivale al 53% de los recursos de litio identificados a nivel mundial, y en los límites de estos tres países se forma una región que han denominado el triángulo del litio. Según OLADE, Australia, Chile, China y Argentina concentran más del 96% de la producción mundial, y en Latinoamérica, Chile tiene el primer lugar con 39,000 t de producción,



seguido por Argentina que tiene 6,200 t y por Bolivia que tiene una producción más incipiente que es igual a 600 t (OLADE, 2024).

Así mismo, los gobiernos del triángulo del litio han venido promoviendo estrategias y políticas

y llama la atención las estrategias en Chile y Argentina que incluye al sector privado para hacer inversiones e impulsar la cadena de valor que genere valor agregado a la explotación del litio. En la siguiente tabla se describen las principales estrategias:

TABLA 2.

CHILE, BOLIVIA Y ARGENTINA	COMPARATIVO ESTRATEGIAS E INVERSIONES EN PRODUCCIÓN DE LITIO <sup>11</sup>
<p> <b>Chile:</b> En 2023, el gobierno presentó la Estrategia Nacional del Litio donde hace una invitación a la colaboración público-privada para poder desarrollar la visión estratégica de largo plazo en todo el ciclo productivo, desde la exploración hasta la agregación de valor. Resaltando que es una oportunidad para generar diversos encadenamientos productivos de servicios o insumos básicos (aguas arriba o abajo), y sugieren que es posible desarrollar una cadena de valor de industria de baterías, produciendo en Chile, por ejemplo, materiales catódicos, anódicos y electrolitos (Gobierno de Chile, 2023a)</p> <p>Se destacan avances particulares en esta Estrategia como por ejemplo la firma de contratos entre empresas Chinas</p>	<p>y el Gobierno de Chile que han permitido inversiones por <b>más de 520 millones de dólares</b> (Gobierno de Chile, 2023b) tal como se detalla en la Figura 4 y que generarán mayor valor agregado en la etapa del procesamiento, sobre todo en la producción de hidróxido de litio, que es donde se espera un mayor incremento en la demanda dado su papel en la fabricación de baterías con alto contenido de níquel, esto en contraste con la experiencia del cobre que se ha enfocado más en la extracción. Así como también, el Gobierno ha incluido cláusulas de suministro doméstico a través de los contratos con las dos empresas privadas Albemarle y SQM, en ellas se les exige que deben ofrecer hasta el 25% de la producción a precios preferentes a productores especializados establecidos en Chile (NGRI, 2023)</p>
<p> <b>Bolivia:</b> Según las regulaciones, únicamente el Gobierno boliviano, a través de su empresa estatal conocida como Yacimientos de Litio Boliviano (YLB), tiene autorización para llevar a cabo la extracción de litio, ya que se considera un recurso estratégico para el país (CEPAL, 2023a).</p>	
<p> <b>Argentina:</b> Además de ser el cuarto productor de litio a nivel mundial, cuenta con una de las mayores reservas del mineral. De acuerdo con lo declarado por las empresas en el Registro de Inversiones Mineras, en 2020 se invirtieron <b>84,45 millones de dólares</b> resultando en un incremento de 170% con respecto a lo planeado al inicio de dicho año (Secretaría de Minería de Argentina, 2021). El Gobierno ha</p>	<p>anunciado que es importante seguir promoviendo las inversiones que aceleren el desarrollo de los proyectos y aumenten la capacidad productiva, es por eso que se ha generado la confianza para que varias empresas automotrices hayan establecido acuerdos con compañías mineras locales para asegurar el valor de este mineral. Entre estas empresas se encuentran Toyota, BMW y Ford.</p>

FUENTE: (GOBIERNO DE CHILE, 2023a); (GOBIERNO DE CHILE, 2023b); (NGRI, 2023); (CEPAL, 2023a); SECRETARÍA DE MINERÍA DE ARGENTINA, 2021)

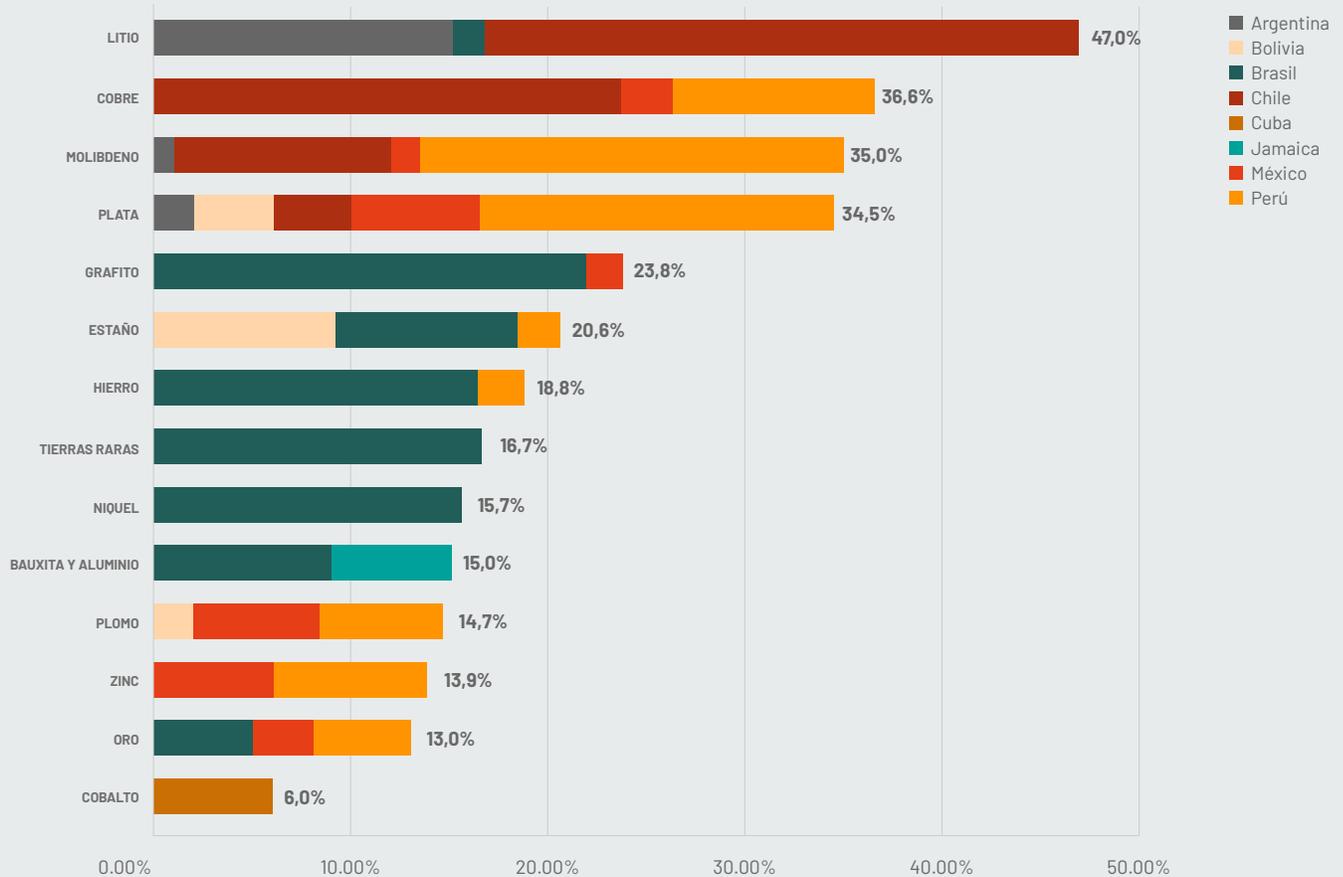
11 Vale la pena mencionar que los países latinoamericanos principalmente obtienen carbonato de litio a partir de la salmuera, un proceso que genera menos emisiones en comparación con la extracción de litio de roca dura lo cual implica para la región una situación privilegiada (CEPAL, 2021).



Latinoamérica posee también un significativo potencial en la producción de otros minerales estratégicos para la TEJ dadas las reservas estimadas como el grafito (23,8%), níquel (15,7%) y tierras raras (16,7%). La Comisión Económica

para América Latina y el Caribe (CEPAL) presenta un resumen completo de la participación de la región ALC en las reservas mundiales de minerales en 2022 que se pueden observar en la siguiente figura.

**FIGURA 3. PARTICIPACIÓN DE ALC EN RESERVAS MUNDIALES DE MINERALES CRÍTICOS.**



FUENTE: CEPAL, 2023b; USGS, 2023.

Si bien las inversiones en la exploración y producción en algunos de estos minerales diferentes al cobre y al litio, ha sido más baja, la expansión de la capacidad de producción de minerales en Latinoamérica podría desempeñar un papel importante en asegurar un suministro estable y sostenible de minerales esenciales tanto para las transiciones energéticas locales como para las futuras necesidades a nivel global (IEA, 2023).

## II. CAPACIDADES DE PROCESAMIENTO Y MANUFACTURA Y OTRAS INDUSTRIAS COMO LA DEL ACERO Y EL ALUMINIO

Las inversiones y experiencia en procesamiento y manufacturas tradicionales en la región sirven como referencia y tienen el potencial de crear nuevas oportunidades económicas, de empleo



y diversificación, mediante el desarrollo de capacidades locales de procesamiento y la fabricación de componentes y partes para tecnologías de energía renovable. El sector manufacturero tradicional de ALC representa el 15,7% del PIB regional y provee cerca del 20% de todos los

empleos en la región, siendo los subsectores líderes los relacionados a las industrias: química, fabricación de vehículos de motor y producción de metales básicos, seguidos por la fabricación de productos de metal y otros productos de minerales no metálicos (BID, 2023).

TABLA 3.

COMPARATIVO: PRINCIPALES INDUSTRIAS MANUFACTURERAS EN 5 PAÍSES DE LATINOAMÉRICA	
<p> <b>México</b> es conocido por tener una industria manufacturera diversificada que produce automóviles, productos electrónicos, electrodomésticos y textiles. La manufactura de vehículos es particularmente fuerte, con varias plantas de ensamblaje de importantes empresas automotrices.</p>	<p> <b>Brasil</b> también tiene una industria manufacturera sólida que abarca desde la producción de alimentos procesados hasta aviones. La industria automotriz, la industria química y la de productos alimenticios son algunas de las áreas destacadas, así como la producción de biocombustibles.</p>
<p> <b>Argentina</b>, por su parte, ha mostrado vocación manufacturera especialmente hacia la producción de alimentos y bebidas, pero también tiene relevancia la producción de maquinaria agrícola, productos químicos, automóviles y textiles.</p>	<p> <b>Chile</b>, aunque su economía está fuertemente orientada hacia la minería, también cuenta con una industria manufacturera que produce productos como alimentos procesados, productos químicos y productos forestales.</p>
<p> <b>Colombia</b> tiene una industria manufacturera diversificada que incluye la producción de textiles, prendas de vestir, productos químicos, alimentos procesados y productos metálicos.</p>	

Asimismo, en la historia del desarrollo regional de Latinoamérica, las industrias del acero y el aluminio han desempeñado un papel de gran importancia. Estos materiales son esenciales para la fabricación tanto de turbinas eólicas como de paneles solares como se muestra en la Figura 2. En el año 2022, la región contribuyó con el 3,3% de la producción mundial de acero, alcanzando un total de 61,97 millones de toneladas (Mt), cantidad más que suficiente para abastecer las 27 Mt necesarias para producir todos los paneles solares y turbinas eólicas del escenario del 90% de IRENA. Este aporte proviene principalmente de Brasil, México, Argentina, Colombia, Chile y Perú, que representan el 98% de la producción regional a través de 37 empre-

sas siderúrgicas (BID, 2023). Adicionalmente, algunas empresas de la región están avanzando en proyectos verdes y prácticas sostenibles en la producción de acero para posicionarlo como Acero Verde al generar menos emisiones de CO<sub>2</sub>e por medio de, entre otros, la inclusión de energías renovables en distintas secciones de su manufactura. Tal es el caso de Aço Verde de Brasil (AVB) y CAP S.A de Chile con producciones de alrededor de 8 Mt de acero con bajas emisiones cada una (Green Steel Tracker, 2024), y algunas empresas manejan otro modelo de negocio a partir del reciclaje del acero como AZA Acero Sostenible de Chile que tiene una capacidad instalada para producir 520 mil toneladas de acero al año que proviene de más de

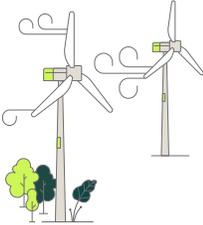


600 mil toneladas de chatarra ferrosa reciclada, sumando más de 10 millones de toneladas recicladas a lo largo de su historia (AZA, 2023).

Actualmente, el 98% de la producción primaria de aluminio en la región se concentra en Argentina, Brasil y Venezuela. Los países de Brasil y Venezuela poseen una industria verticalmente integrada que abarca desde la extracción de bauxita hasta la producción de aluminio en bruto, lo que proporciona una ventaja significativa en términos de capacidad instalada en la región y la capacidad de adaptarse o aumentar la producción para satisfacer la demanda prevista de paneles solares y turbinas eólicas. Además, considerando la proximidad geográfica de estos dos países, existe la posibilidad de establecer una industria integrada no solo verticalmente, sino también a nivel regional, siempre y cuando las condiciones políticas lo permitan (BID, 2023).

Ahora bien, en la industria de tecnologías de generación eléctrica a partir de fuentes eólica y solar, la región ha dado unos primeros pasos. Según el Renewable energy and jobs: Annual Review del 2022 de IRENA, México se destaca por la producción de componentes y partes de tecnologías eólica y solar, ya que será el principal proveedor de aspas de turbinas eólicas para la empresa hidroeléctrica Western Hemisphere de Canadá (IRENA, 2022). Además, en el sector fotovoltaico, cuentan con la empresa Solarever la cual es fabricante de paneles solares y que acaba de aumentar su capacidad de producción de 500 MW a 1,1 GW (Solarever, 2024). A continuación se resumen algunos de los casos encontrados en México, Chile y Colombia que ya han tenido capacidad instalada o que han anunciado inversiones, con una marcada participación de inversión de China gracias a la tendencia del near shoring:

**FIGURA 4. PROYECTOS ACTUALES Y EN CONSTRUCCIÓN PARA FABRICACIÓN DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES Y COMPONENTES Y PARTES DE LAS MISMAS.**

SOLAREVER 	TPI COMPOSITES 	BYD 	YONGOING TECHNOLOGY CO 	THERMO WIRE 
<p>Ya cuenta con planta de ensamblaje de paneles y anunció inversiones por USD\$ 200 millones para una planta de fabricación paneles solares.</p> 	<p>Ya cuenta con producción de aspas para turbinas eólicas en las municipalidades de Juárez (desde 2014) y Matamoros (desde 2018).</p> 	<p>Corfo de Chile le asignó la calidad de productor especializado del litio a Precio Preferente. BYD anunció inversiones para una planta de Cátodos de Litio en la Región de Antofagasta que producirá 50.000 t/año de material catódico del tipo LFP, con inversiones estimadas de US\$ 290 millones y 500 nuevos empleos. Entrará en operación en el 2025.</p> 	<p>Corfo de Chile le asignó la calidad de productor especializado del litio a Precio Preferente. La empresa anunció la planta de producción de LFP (Fase 1) en la región de Antofagasta Global Green Lithium Eco Industrial Park. Las inversiones estimadas son de US\$ 233 millones y se proyecta que genere 668 empleos. Se prevé la entrada en operación en mayo de 2025.</p> 	<p>Produce paneles solares en Sogamoso, Boyacá desde 2016. Tiene una capacidad anual de 32 MW, equivalente a 88.000 paneles solares al año. Planea exportar a Estados Unidos, Ecuador, Perú y Venezuela.</p> 

FUENTES: PÁGINAS WEB DE SOLAREVER, TPI COMPOSITES, CORFO-GOBIERNO DE CHILE Y THERMO WIRE

**NEAR SHORING**

Near shoring se refiere a la práctica de trasladar las operaciones comerciales o servicios a una ubicación cercana, generalmente dentro de la misma región o continente, en lugar de a una ubicación más lejana o en el extranjero. Su objetivo es reducir costos, mejorar la comunicación y colaboración, y mantener una proximidad más cercana a los mercados o recursos.

### III. COOPERACIÓN E INTEGRACIÓN REGIONAL EN EL SECTOR ELÉCTRICO

En el contexto de los debates sobre la TEJ, se plantea la integración energética regional o subregional como una meta necesaria, entendida como la búsqueda de crecimiento y la posibilidad de construir cierta independencia energética. La integración eléctrica en Latinoamérica ha estado vinculada a importantes proyectos de infraestructura para la interconexión eléctrica, como el Tratado Marco del Mercado Eléctrico Regional (MER), el Proyecto Mesoamérica, el Mercado Andino Eléctrico Regional de Corto Plazo (MAERCP) y el Sistema de Interconexión Eléctrica Andina (SINEA).

También ha sido crucial el papel de organismos de integración energética como la OLADE y la Comisión de Integración Energética Regional (CIER) y la iniciativa RELAC, que brindan apoyo a los procesos de integración en distintas regiones de Latinoamérica y el Caribe (OLADE, 2013). Así como también, ha sido de gran relevancia el desarrollo de plataformas subregionales que fomentan la confianza y analizan las características de la integración a nivel subregional, tal como se ha estado llevando a cabo con proyectos como el Sistema de Interconexión Eléctrica Andina (SINEA) y SIESUR (Sistema de Integración Energética del Sur) (OLADE, 2023).

Finalmente, se debe aprovechar que Argentina, Brasil y México son miembros regionales del Grupo de los Veinte (G20) para que lideren la integración regional que proteja a Latinoamérica de repetir los errores del pasado en la futura explotación de minerales estratégicos, como por ejemplo, los esquemas de porcentajes bajos o casi nulos de regalías, y prevenir riesgos de extractivismo que no otorguen los beneficios esperados del sector minero para el crecimiento económico y social de los países de la región.

Es importante aprovechar estos espacios de coordinación de capacidades con los que ya cuenta la región para gestionar de manera sostenible y diversificada los recursos energéticos y minerales disponibles, así como también, para agregar oferta y demanda, generar economías de escala y estimular la industrialización de las cadenas de valor asociadas con la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

### IV. AUMENTO EN INVERSIONES PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

De acuerdo con el Índice ClimateScope de Bloomberg, que indica el atractivo de los países en inversiones en transición energética, Latinoamérica ubica 3 países en los 10 primeros lugares, y 9 en los primeros 50 puestos de



un total de 110 (BloombergNEF, 2023)<sup>12</sup>. Los gobiernos de Latinoamérica han invertido aproximadamente 14 mil millones de dólares en la transición hacia energías limpias, lo que equivale a cerca del 15% del gasto total realizado en economías de mercados emergentes y en desarrollo. Particularmente en 2019, el 6,1% de las inversiones globales en energías renovables se destinaron a la región de ALC, este porcentaje disminuyó a 4,9% en 2020 por efecto de la Pandemia COVID-19.

La mayor parte de esta inversión en la región se ha dirigido a tecnologías limpias para la cocción de alimentos, la generación de electricidad con bajas emisiones y la modernización de redes eléctricas para mejorar la calidad del servicio y reducir las pérdidas de energía, y por lo tanto, disminuir las emisiones. Desde 2013 hasta 2022, la energía solar fotovoltaica recibió el 43% de todas las inversiones en energías renovables, seguida de la energía eólica terrestre con un 35%, la eólica marina con un 13% y la solar térmica con un 4%. (Global Energy Monitor et al., 2023) (IEA, 2023a). Cabe resaltar que, según un estudio de la CEPAL, para cumplir con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 °C, se requiere un aumento del 68% en la inversión en energía solar fotovoltaica en la región en

comparación con los niveles de inversión del 2019 (CEPAL, 2023a).

Por otro lado, a nivel mundial resaltan las inversiones en nuevos proyectos de energía renovable que, entre 2015 y 2021, superan constantemente a las destinadas a las plantas de energía que utilizan combustibles fósiles. Durante este período, se comprometieron en promedio anualmente 339 mil millones de dólares para energías renovables, en comparación con los 135 mil millones de dólares destinados a los combustibles fósiles (Global Energy Monitor et al., 2023) (IEA, 2023a).

Por último, según los escenarios planteados por el BID, se estima que la región podría acceder a una oportunidad económica valorada en 50 mil millones de dólares al año hacia 2050. Esto equivale al PIB nominal de Uruguay en 2020, y se debe a la posibilidad que tiene la región por el beneficio económico que resulta de la demanda de minerales requeridos para la descarbonización y, al mismo tiempo, contribuir a limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 °C. Si se logran estos escenarios, la región tendría no sólo un beneficio económico sino también social, pues se generaría empleo, adaptación tecnológica y de conocimiento, entre otros. (BID, 2022).

12 Chile (3), Brasil (5), Colombia (8), Perú (14), Uruguay (28), Argentina (31), El Salvador (41), Honduras (43), Nicaragua (50), Costa Rica (60), Panamá (61), Ecuador (67), México (72), Bolivia (75), Paraguay (97), Venezuela (109).



## CAPÍTULO 3: Desafíos en Latinoamérica para el despliegue de las cadenas de valor y de tecnologías renovables

**S**i bien Latinoamérica ha avanzado en la conversión de su matriz eléctrica a energías renovables, aún hay múltiples desafíos por abordar. En esta sección se priorizan aquellos asociados a la necesidad de impulsar el conocimiento geológico y la actualización de información de los recursos mineros; el aumento de la capacidad de refinamiento y procesamiento de minerales; el fortalecimiento las políticas industriales nacionales; la garantía de la participación vinculante de los actores locales en los nuevos proyectos mineros y de cadenas de valor; y la conexión de zonas mineras y de cadenas de valor con servicios e infraestructura.

### I. IMPULSAR EL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO Y LA ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS RECURSOS MINEROS

Latinoamérica juega un papel clave en la ubicación geográfica para la producción de reservas de minerales que serán fundamentales para el desarrollo y el cumplimiento de las metas de reducción de emisiones como el litio y el cobre. A pesar de esto, el potencial minero de la región aún no está completamente claro, y muchos países aún requieren ampliar su exploración geológica para identificar el nivel de sus reservas y potencial de producción.

El objetivo de varios servicios geológicos de la región es alcanzar un inventario completo

de los recursos minerales disponibles para identificar los potenciales desarrollos y niveles de producción. La mayoría de los países en la región cuentan con organizaciones gubernamentales encargadas de llevar a cabo la investigación geológica y estimar y reportar las reservas de minerales (CEPAL, 2022). Por un lado, hay organizaciones como el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) de Chile, el Servicio Geológico Colombiano, el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) del Ecuador y el Servicio Geológico Minero (SERGEOMIN) de Bolivia, los cuales se dedican principalmente a la investigación científica básica del potencial de recursos del subsuelo y al seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico. En contraste, existen entidades como el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) peruano, el cual, además de las responsabilidades de administrar los recursos mineros y administrar el catastro minero, también se encargan de difundir información geocientífica y de geología básica, y los riesgos geológicos.

A pesar de esto, algunos países de Latinoamérica todavía enfrentan desafíos en la definición y sobre todo, en la actualización de sus reservas minerales debido a una variedad de factores, que pueden incluir limitaciones en recursos técnicos, financieros o institucionales (McNulty & Jowitt, 2021), pues, la ubicación, cantidad, características geológicas y continuidad de un recurso mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a



partir de evidencia y de conocimientos específicos geológicos (Olivera et al., 2022).

La escasez de datos precisos y actualizados sobre las reservas minerales dificulta la capacidad de los gobiernos para realizar una planificación estratégica efectiva en varios niveles, incluida la planificación de políticas industriales. Sin datos precisos, existe un riesgo de subestimar o sobreestimar la cantidad de minerales disponibles en un país, lo que puede llevar a una asignación inadecuada de recursos financieros y a decisiones poco acertadas que afecten el desarrollo industrial a largo plazo. Además, la falta de transparencia y certeza sobre las reservas minerales puede disuadir a las inversiones de comprometer capital en proyectos, lo que afecta la atracción de inversiones y el desarrollo económico.

Algunos países ya han dado pasos hacia la identificación de sus reservas explotables. [Argentina](#), en 2022, publicó una serie de estudios para el desarrollo minero donde se formularon escenarios energéticos hacia 2030 (Ministerio de economía de Argentina, 2022). Los estudios dieron a conocer la oferta nacional de minerales en demanda a nivel global para la transición energética y se discutió el potencial de reservas por sector. Así mismo, Brasil ha destinado 54.3 millones de Reales del Presupuesto Federal de la vigencia 2024 para mejorar el mapeo geológico, con el objetivo de identificar reservas potenciales cruciales para la transición energética. Estos esfuerzos se centran en

minerales esenciales para las baterías de vehículos eléctricos y la producción de energía renovable, como la eólica y la solar (Instituto Talanoa, 2024).

## II. AUMENTAR LA CAPACIDAD DE REFINAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE MINERALES

A nivel global, de las operaciones de procesamiento y refinación de minerales existe una concentración pronunciada en China representando el 100% del suministro refinado de grafito natural y disprosio (un elemento de tierras raras), el 70% del cobalto, y casi el 60% del litio y manganeso (IRENA, 2023).

Solo el cobre y el litio presentan porcentajes relevantes de procesamiento en algunos países de Latinoamérica, con casi el 10% del refinamiento mundial de cobre en Chile y casi el 35% del procesamiento mundial de litio entre Chile y Argentina<sup>13</sup> (IEA, 2022a). Colombia a pesar de tener producción de cobre y reservas de litio, no tiene capacidad actual de refinamiento de ninguno de los dos minerales.

Los países de Latinoamérica no están liderando discusiones diplomáticas ni uniéndose a alianzas específicas sobre minerales estratégicos. La región comienza a emerger como un jugador débil en la carrera que está comenzando a desarrollarse a nivel internacional en la

13 En Chile, la refinación y procesamiento del cobre (p.ej. concentrados de cobre y el litio están a cargo tanto de empresas privadas como estatales. Algunas de las principales empresas que realizan la refinación de cobre y litio en el país son: Codelco, Antofagasta Minerals, BHP Billiton, Sociedad Química y Minera de Chile (SQM) y Albemarle Corporation.

Por su parte, en Argentina, la refinación del cobre y el litio está principalmente a cargo de empresas privadas como Livent Corporation y Orocobre Limited, la cual produce también carbonato de litio de alta pureza.



industria de los minerales estratégicos, por lo tanto, asegurar y mejorar una cadena de valor distribuida en la extracción y refinación de minerales en el sur global es imperativo y, al mismo tiempo, garantizar una gestión estratégica de los minerales para la transición a niveles económicos, sociales y ambientales.

### III. FORTALECER LAS POLÍTICAS INDUSTRIALES

Hoy en día, la política industrial sigue siendo tan crucial para la región de Latinoamérica como lo fue en el pasado. Algunos países sobresalen por liderar políticas industriales como **Chile** que fomenta la industria en torno al litio y al hidrógeno como la “Estrategia Nacional del Litio” y la “Agenda Energía 2022-2026” que plantean líneas de acción para que el sector energía tome un rol clave en la reactivación económica.

**Brasil**, a través del Consejo Nacional de Desarrollo Industrial se ha propuesto una serie de misiones que incluyen establecer cadenas sostenibles y consolidar complejos industriales en otros sectores económicos como la agroindustria y servicios de salud, pero su política no es clara en cuanto a los mecanismos que creará para promover industrias de manufactura que soporten la descarbonización y la transición energética.

Por su parte, **Argentina** expidió el año pasado su política “Argentina Productiva 2030”, la cual planea la promoción de la transición energética por medio de la exportación de energía y minerales. Particularmente, se propone aumentar la escala y productividad de la industria automotriz, que incluye el fomento de sus inversiones. No obstante lo anterior, la política no plantea acciones específicas respecto a la creación de

industrias ni encadenamientos en torno a tecnologías como la solar o la eólica.

Por su parte, **México** y Colombia plantearon políticas un poco más estructuradas durante el 2023. México busca mejorar la infraestructura eléctrica y la promoción de energías renovables y combustibles de bajas emisiones. La política incluye la generación de incentivos fiscales para la inversión en sectores estratégicos de manufactura y tecnología. Y **Colombia** incluyó en su política nacional de reindustrialización, una estrategia integral de descarbonización y diversificación económica, que incluye reconversión laboral y fortalecimiento de habilidades. Para esto, se promueve la generación de empresas en varios sectores incluyendo la producción de vehículos de cero y/o bajas emisiones, así como se diseñan programas de financiación para proyectos de energía renovable.

Llama la atención que en la mayoría de países, no se tienen líneas de políticas respecto a promover la transferencia de tecnología por medio de ecosistemas regionales o municipales (a nivel de cada país) de innovación y aunque algunas definen acciones específicas en otros aspectos clave para la creación de nuevas industrias, estas carecen de eficacia cuando no se les asignan presupuestos públicos específicos ni se establecen mecanismos claros de seguimiento para su ejecución.

Adicionalmente, el desarrollo de conocimiento especializado para el despliegue de tecnologías renovables es escaso y poco promovido. En 2020, la inversión como porcentaje del PIB en investigación y desarrollo (I+D) de la región fue del 0,63%, menor que el promedio mundial (1,93%), y por debajo que otras regiones del



mundo, incluyendo el Norte de África (0,76%), Asia occidental (0,94%), el Sudeste Asiático (1,02%), Oceanía (1,77%); en ALC el país que más invierte en I+D es Brasil (1,21%), seguido por Cuba, Uruguay, Argentina, Ecuador, Costa Rica, Chile y México (entre 0,3% y 0,5%) (UNESCO, 2022). Complementariamente, en el Índice Global de Innovación del 2023, no hay ningún país latinoamericano en los primeros 30 lugares de 132 países considerados. Sólo hay 5 países de la región en el 50% superior y 10 en el 50% inferior<sup>14</sup> (WIPO, 2023).

A pesar de lo anterior, algunos países de la región están mostrando iniciativas para mejorar sus capacidades. **Bolivia** cuenta con el Centro de Investigación Minero Metalúrgico (CEIMM), que lleva a cabo investigación aplicada sobre procesos metalúrgicos, ofrece servicios remunerados de asistencia técnica en minería, metalurgia y procesos industriales y también, se enfoca en la creación y construcción de laboratorios de geología, minería y planta de concentrados con el fin de buscar avances tecnológicos y optimizar los procesos productivos de las compañías mineras. A su vez, **México** anunció la creación de una empresa estatal de litio, LitioMx, **Chile** se ha centrado recientemente en proyectos de valor agregado, como la síntesis de nanopartículas de litio para el almacenamiento de energía. Finalmente, **Argentina** está desarrollando tecnologías para toda la cadena de valor del litio, incluidos proyectos de valor agregado como la captura de CO<sub>2</sub>, la separación de sales y la producción industrial de celdas de iones de litio.

#### IV. GARANTIZAR LA SOSTENIBILIDAD Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL EN LA MINERÍA Y CADENAS DE VALOR

La minería trae consigo un riesgo de degradación ambiental y efectos adversos para las comunidades locales. La ausencia de regulaciones claras y consistentes deja frecuentemente en manos de los desarrolladores de proyectos el manejo de los impactos adversos que estos pueden ocasionar. Un análisis realizado por *Responsible Mining Foundation* en 2020, encontró que los compromisos económicos, ambientales, sociales y de gobernanza de las empresas mineras en Latinoamérica no cuentan con acciones sistemáticas para cumplir con las metas (*Responsible Mining Foundation*, 2020).

La extracción convencional de minerales como oro, plata y cobre ha causado una serie de problemas ambientales, sociales, culturales y de salud en las áreas donde operan. En el salar de Atacama en Chile, que alberga cerca del 40% de las reservas mundiales de litio en salmueras, la extracción de este recurso está causando agotamiento de aguas subterráneas y despojo de suministro de agua a los usuarios de la tierra. Por otro lado, grupos ambientalistas locales advierten sobre una crisis de agua debido a la explotación del litio en el salar de Uyuni en Bolivia, lo que afecta a diversas actividades como la producción de quinua, la crianza de llamas, el turismo y el suministro de agua potable.

14 Brasil (49), Chile (52), México (58), Uruguay (63), Colombia (66), Argentina (73), Costa Rica (74), Perú (76), Panamá (84), El Salvador (95), Bolivia (97), Paraguay (98), Ecuador (104), Nicaragua (115), Guatemala (122).



La región ha avanzado en mecanismos de cooperación para mejorar los criterios sociales y ambientales. Por ejemplo, la adopción del Acuerdo de Escazú en 2018 por 25 países es un esfuerzo para mejorar el acceso a la información ambiental y a la participación comunitaria efectiva. Desde entonces, el acuerdo ha sido ratificado sólo por 14 países, incluidos Argentina, Colombia, Chile y México. Esta iniciativa, junto con otras como el Grupo de Amigos del Párrafo 47, demuestra la voluntad política en la región para abordar cuestiones Ambientales, Sociales y de Gobierno Corporativo (ESG por sus siglas en inglés) que son fundamentales para un enfoque sostenible de las actividades mineras y para el desarrollo de proyectos de energías renovables a gran escala (IEA, 2023).

En el marco de estos adelantos y esfuerzos, en 2021, las minas de cobre Escondida y Spence, tras la terminación anticipada de un contrato de suministro de energía con carbón, adoptaron contratos de compra de energía renovable al 100% (BHP, 2021). En julio de 2023, Brasil exportó a China el primer envío mundial de “litio verde” producido en el valle de Jequitinhonha, bajo la norma “triple cero”: sin carbono, ni residuos ni productos químicos nocivos. Además, lideró un grupo de trabajo para erradicar la minería ilegal en tierras indígenas de la Amazonia, expulsando a miles de mineros ilegales. Chile, por su parte, ha establecido metas ambiciosas en su estrategia minera nacional, incluyendo la reducción del uso de agua, la neutralidad de carbono para 2040 y la eliminación de vertidos de residuos para 2050 (IEA, 2023).

Los gobiernos regionales están concentrando esfuerzos en la creación de políticas para

atraer inversiones en actividades mineras, enfocándose en normas ESG y actualizando estudios geológicos para una mejor exploración. El liderazgo regulatorio de Chile, Brasil, Colombia, Perú y Ecuador en la región se destaca, siendo un atractivo adicional para inversiones y acuerdos comerciales para la exploración y explotación responsable de minerales de transición (IEA, 2023).

Sin embargo, de acuerdo con OLADE (2024), en el marco de sostenibilidad ambiental, la región continúa con importantes desafíos, entre los cuales se destaca el impulso e integración de energías renovables y medidas de eficiencia energética en las diferentes operaciones, buscando reducir las emisiones de la explotación de minerales estratégicos y buscar una minería sostenible con una huella de carbono limitada. Así mismo, la necesidad de que la minería se integre de manera positiva al territorio, promoviendo un legado beneficioso para la naturaleza y aplicando los más altos estándares ambientales para minimizar impactos negativos en la biodiversidad.

## **V. GARANTIZAR LA PARTICIPACIÓN VINCULANTE DE LOS ACTORES LOCALES EN LOS NUEVOS PROYECTOS MINEROS Y DE CADENAS DE VALOR**

Los desafíos sociales pueden manifestarse de diversas formas, desde la oposición de grupos comunitarios, hasta la falta de apoyo y cooperación por parte de las autoridades locales. Estos conflictos sociales pueden surgir por preocupaciones sobre la propiedad de la tierra, el impacto en los medios de vida locales, los



cambios en el paisaje y la cultura, así como la distribución inequitativa de los costos y beneficios asociados con los proyectos de energía renovable. La falta de participación vinculante de las comunidades locales en el diseño, la planeación, la ejecución y la toma de decisiones sobre proyectos mineros y energéticos ha exacerbado tensiones sociales, generando desconfianza y resentimiento hacia los desarrolladores de proyectos y las autoridades gubernamentales.

Tal ha sido el caso de parques eólicos en La Guajira, Colombia; aunque la zona posee un gran potencial para la generación de energía eólica, los proyectos han generado resistencia por parte de comunidades indígenas y campesinas que se sienten excluidas de las decisiones sobre el uso de sus tierras y recursos naturales. [Investigaciones](#) llevadas a cabo por el Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz (Indepaz) y denuncias presentadas ante la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) han alertado, que, si bien las compañías han interactuado con comunidades de la zona, evadieron la firma de acuerdos y la realización de consultas previas con los dueños de la tierra (El País, 2023).

Los conflictos sociales también son recurrentes en el sector minero. El [80%](#) de los proyectos de litio y más de la mitad de los proyectos de níquel, cobre y zinc están ubicados en territorios pertenecientes a pueblos indígenas (IEA, 2023c). Entre 2010 y 2022 se han documentado 510 denuncias de violaciones de derechos humanos asociados con la extracción de seis minerales clave para la transición energética: cobalto, cobre, litio, manganeso, níquel y zinc. América del Sur es líder en número

y alcance de quejas, con más de la mitad de todas las denuncias globales (259 entre 2010 - 2022), con las mayores quejas en Perú y Chile. El cobre está asociado con el 69% de todas las acusaciones y los [motivos](#) de las denuncias fueron principalmente relacionadas con la contaminación del agua (94 denuncias), el ataque a derechos humanos (90 denuncias) y la violación del derecho a la protesta pacífica (83 denuncias) (Business and Human Rights Resource Center, 2023).

Algunos países de la región ya han avanzado en mejorar el involucramiento efectivo de las comunidades en los procesos de desarrollo de proyectos. Por ejemplo, la Ley de Minería y Metalurgia de [Bolivia](#) establece un artículo sobre Consulta Previa en Materia Minera (artículos 207 y siguientes). De igual manera, en Ecuador la Ley de Minería establece que además del derecho general a la información, la participación ciudadana y la consulta de las comunidades ubicadas en las áreas de influencia de los proyectos mineros, se requiere un procedimiento especial para las comunidades, pueblos y nacionalidades, basándose en el principio de legitimidad y representatividad (CEPAL, 2022). A pesar de los avances, todavía persiste una brecha significativa entre la regulación y la implementación práctica de salvaguardas ambientales en los procesos relacionados con la transición energética.

## **VI. CONECTAR LAS ZONAS MINERAS Y DE CADENAS DE VALOR CON SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA**

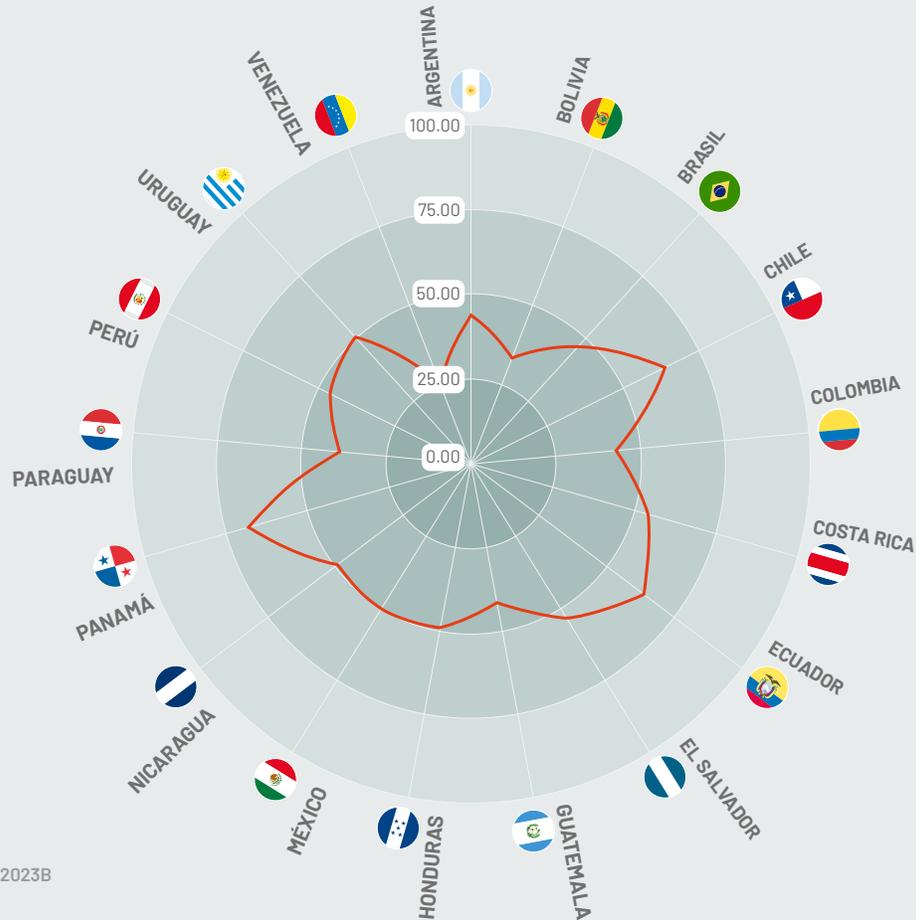
La mayoría de las zonas de producción de energía renovable o de explotación minera tienen



limitaciones del sistema de red de distribución eléctrica y de transporte terrestre, lo que limita la competitividad del sector para, por una parte,

mejorar el comercio internacional y, por otra, garantizar la conectividad responsable de energías renovables a la red de distribución eléctrica.

**FIGURA 5. CALIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE VIAL**



FUENTE: WEF, 2023B

Por una parte, solo 12 países de la región hacen parte del 10% de los países con la red de **infraestructura vial** más extensa del mundo.<sup>15</sup> Complementariamente, de acuerdo al Índice de Transición Energética del 2023, solo Chile, Ecuador y Panamá tienen una calidad en la infraestructura de transporte vial por encima del 60% del indicador, como se aprecia en la Figura 5.

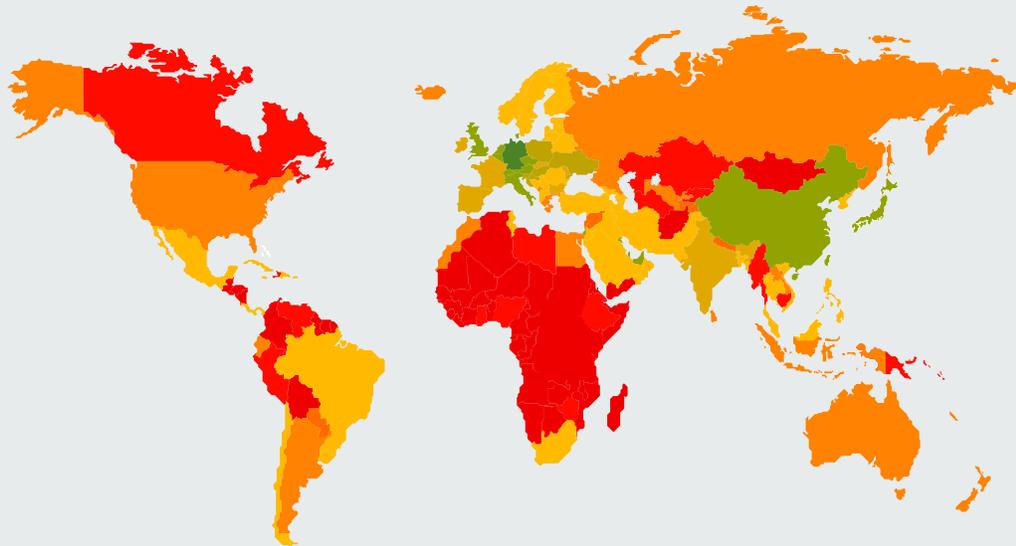
Por otra parte, estimados de infraestructura eléctrica a nivel global sugieren que entre 1980 y 2017, Latinoamérica tenía una relación entre la longitud del circuito de distribución de energía eléctrica y el área terrestre (km/km<sup>2</sup>) relativamente baja en comparación a países desarrollados, así como una baja relación entre la longitud del circuito de transmisión de energía eléctrica y la superficie terrestre (Kalt, et al, 2021).

15 Brasil (4), México (12), Argentina (18), Colombia (25), Venezuela (51), Bolivia (55), Paraguay (63), Chile (64), Uruguay (65), Perú (70), Ecuador (89), Nicaragua (109), Guatemala (118), Honduras (126), El Salvador (139), Suriname (154), Guyana (157). Total de 225 países.

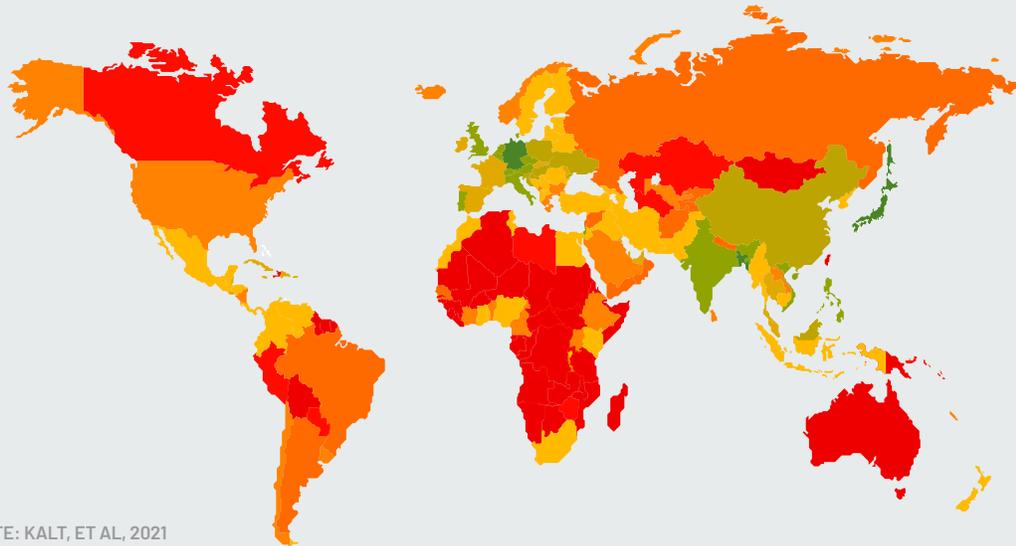


FIGURA 6.

RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD DEL CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN CON EL ÁREA TERRESTRE



RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD DEL CIRCUITO DE TRANSMISIÓN Y LA SUPERFICIE TERRESTRE



FUENTE: KALT, ET AL, 2021

Adicionalmente, no es sólo la falta de líneas de transmisión y distribución eléctrica, sino la capacidad y eficiencia de la red actual de operar adecuadamente con energías renovables. En el 2019, las pérdidas promedio del sistema de transmisión y distribución eléctrica en ALC fueron del 15%. Esto significa que en la región,

3.4 millones de viviendas podrían haber sido abastecidas de electricidad con las pérdidas que se generaron (Hub Energía, na). Este problema, en particular, lo ha venido experimentando Chile en donde las renovables ya han superado la capacidad de distribución del país (Laborde y Fariza, 2023).



## CAPÍTULO 4: Recomendaciones

**D**e acuerdo con los desafíos identificados en Latinoamérica y con el objetivo de mejorar la competitividad a nivel industrial y fomentar la construcción de instalaciones de producción de las tecnologías, sus componentes y/o partes, los países latinoamericanos deberían enfocarse en las siguientes acciones:



### 1. IMPULSAR EL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO Y LA ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS RECURSOS MINEROS

El conocimiento geológico del subsuelo de Latinoamérica tiene aún mucho potencial por descubrir. La adecuada evaluación de las reservas mineras explotables para contar con datos precisos y actualizados en cada país de la región es el primer paso para realizar una acertada planificación de los recursos y poder atraer inversiones en la región.

Así como Brasil anunció inversiones de 54.3 millones de Reales (aproximadamente 20 millones de dólares) del Presupuesto Federal de la vigencia 2024 para mejorar el mapeo geológico, es importante que los demás gobiernos de Latinoamérica incrementen sus presupuestos públicos para los estudios y para fortalecer las capacidades técnicas e institucionales para la evaluación y actualización

de las reservas y valores de producción anual. Se sugiere aprovechar espacios como los de RELAC y G20 para generar una hoja de ruta que coordine un trabajo conjunto entre los países de la región para promover intereses comunes y cooperar técnicamente en los estudios que estimen las reservas y actualicen las cifras reales de producción ya que las fuentes consultadas para este documento difieren en los valores tanto a nivel regional como a nivel de cada país.



### 2. AUMENTAR LA CAPACIDAD DE REFINAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE MINERALES

La región cuenta con una baja capacidad instalada de refinamiento y procesamiento de minerales. El cobre y el litio sobresalen por tener mayores capacidades debido a las inversiones realizadas tanto por empresas privadas como públicas. Sin embargo, es importante que a través de los gobiernos, bancos de desarrollo, multilaterales, entre otros organismos, se generen líneas de financiamiento para que se desarrollen más proyectos, tanto de refinación como de procesamiento de minerales.

Las inversiones tanto en proyectos de instalación de generación eléctrica a partir de energías renovables como en el desarrollo



de cadenas de valor de las tecnologías solar y eólica, incluidas las cadenas de producción y procesamiento de minerales estratégicos para la TEJ, estarán condicionadas por factores de gobernanza particulares de cada país e incluso de algunos estados y municipalidades que tienen la autonomía legislativa para expedir regulaciones e incentivos particulares. Un buen ejemplo en la región es México, donde las municipalidades como la de Durango y otros estados del norte del país, han logrado captar inversiones privadas nacionales y extranjeras a partir de leyes de fomento económico, incentivos fiscales (p.ej. exención de impuestos o derechos y subsidios a proyectos de alto impacto en generación de empleos y cuidado del ambiente) e incentivos no fiscales (p.ej. apoyo financiero para programas de inversión, otorgamiento de precios preferenciales y otorgamiento en diferentes naturalezas de bienes inmuebles propiedad del Estado o de los municipios).

Además, México cuenta con el programa de Zona Libre de la Frontera Norte, bajo el cual se otorgan incentivos fiscales como la reducción del Impuesto sobre el Valor Agregado (IVA) al 8% y el Impuesto sobre la Renta (ISR) al 20% en proyectos y programas productivos ubicados en la frontera con Estados Unidos.

Es por esto que es imperativo que los gobiernos locales también participen activamente en las decisiones de las TEJ nacionales. La participación de las autoridades y actores regionales puede facilitar la implementación de políticas específicas que promuevan la inversión en infraestructura y tecnología para el desarrollo de

nuevas cadenas de valor. Además, trabajar en colaboración con empresas privadas y públicas será clave para la identificación y habilitación de los desafíos regulatorios que puedan obstaculizar el desarrollo de proyectos en este ámbito. Al incentivar la inversión y la innovación en la cadena de valor de las TEJ a nivel local, se puede impulsar el crecimiento económico sostenible y la creación de empleo en la región.



### 3. FORTALECER LAS POLÍTICAS INDUSTRIALES

La mayoría de las políticas industriales de los países de la región favorecen otros sectores productivos y las que tienen líneas específicas para apoyar la TEJ no son integrales pues descuidan algunos elementos importantes para lograr el despliegue de las cadenas de valor.

Es importante que las políticas industriales se fortalezcan como mínimo en los siguientes elementos:

- **Apoyo a la investigación y desarrollo (I+D+i):** Esto implica incentivar la investigación, innovación y el desarrollo tanto de las tecnologías propias de la producción de componentes y partes de paneles solares y materiales catódicos para baterías, como de las nuevas tecnologías que puedan mejorar la eficiencia y competitividad de la cadena de valor. Para esto, es clave que se desarrollen políticas asignando mínimo



un 20%<sup>16</sup> del presupuesto público de los gobiernos latinoamericanos para este fin.

A nivel de gobiernos locales, se podrían promover espacios de innovación y encadenamientos productivos entre empresas de cada país y entre países de la región. Un ejemplo que se puede estudiar es Ruta N, el centro de innovación y negocios de la Alcaldía de Medellín en Colombia, el cual tiene como misión atraer talento, capital y empresas globales a la ciudad y desarrollar y fortalecer el tejido empresarial innovador y emprendedor.

- **Formación y capacitación:** Proporcionar programas de formación y capacitación para los trabajadores en las habilidades necesarias para trabajar en la cadena de valor, desde la extracción de materias primas hasta la producción y distribución de productos terminados. Es necesario que las políticas de los gobiernos tengan enfoque interseccional, y que junto con alianzas con el sector privado, se desarrollen programas de formación universitaria y de postgrado de profesiones relacionadas con toda la cadena de valor de proyectos de energía renovables, asegurando el acceso a jóvenes de escasos recursos y la participación de mujeres y de comunidades indígenas y afrodescendientes, avanzando en la transición energética centrada en las personas y

garantizando la inclusión con un enfoque en habilidades, empleos decentes, oportunidades de liderazgo y desarrollo social y económico, para mejorar la calidad de vida de las personas en toda la región.

Y en cuanto a capacitación del talento humano de las cadenas de valor, es clave establecer alianzas con empresas internacionales y gobiernos de otras regiones del mundo, particularmente con los países líderes como Alemania, Australia, China, Dinamarca, Estados Unidos, Noruega, y otros países que han venido fortaleciendo su industria de fabricación de sistemas o partes, y de esta manera, fomentar la transferencia de conocimientos, capacidades y tecnología para acelerar el desarrollo de la industria local.

- **Regulación y promoción empresarial:** Crear un entorno regulatorio favorable que fomente la inversión y el emprendimiento en la cadena de valor, así como proporcionar apoyo y asistencia técnica a las empresas en todas las etapas de su desarrollo.

Estas regulaciones pueden ir en dos caminos: i. Los incentivos tributarios y arancelarios han demostrado ser un instrumento económico y de política que ha ayudado a desplegar las energías renovables en la región en etapas tempranas, así como también, han ayudado a atraer inversiones

16 Partiendo de estas referencias: En el programa de investigación e innovación transnacional más grande hasta la fecha, Horizon Europe (2021-2027), la UE asignó el 35% del presupuesto total de 95,5 mil millones de euros a la investigación en tecnologías verdes, sin embargo, el total de I+D público disponible en cada país de la UE es muy heterogénea, oscilando entre el 13% y el 63%. Por otro lado, el actual gobierno de EEUU acaba de anunciar que proporcionará al Departamento de Energía de dicho país, más de \$325 millones para apoyar la investigación, el desarrollo y la demostración de tecnologías y procesos para aumentar el suministro nacional de minerales críticos y materiales sostenibles esenciales para varias tecnologías de energía renovable.



como el caso de México. Es importante que los gobiernos sigan manteniendo estos beneficios en el corto y mediano plazo, para crear y fortalecer las cadenas de valor locales. ii. Se pueden implementar políticas de adquisición local, por ejemplo, estableciendo objetivos de adquisición en cierto porcentaje o peso para los proyectos de energías renovables, de componentes y partes como los paneles solares, los materiales catódicos para las baterías e incluso las torres de concreto y palas de turbinas eólicas, producidas localmente y fomentando la inclusión de cláusulas de compra verde en los contratos gubernamentales. Algunos ejemplos ya se tienen en la región la Política de Compras Públicas Sustentables en Chile, el Programa de Compras Públicas Locales (CPL) y Ley 1715 de 2014 en Colombia, la Ley de Compra Argentino y Desarrollo de Proveedores (N° 27.437) en Argentina, el programa Compra Pública Innovadora (CPI) en Uruguay y la Política de Compras Públicas de Alimentos en Brasil.



#### 4. GARANTIZAR LA SOSTENIBILIDAD Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL EN LA MINERÍA Y CADENAS DE VALOR

Si bien la región ha realizado esfuerzos para gestionar el impacto al ambiente y a las comunidades locales, es necesario fortalecer la regulación que permita la integración efectiva de criterios de sostenibilidad y promover

prácticas sostenibles y de eficiencia energética a lo largo de toda la cadena de valor tanto de la minería como de la producción de fabricación de paneles solares, material catódico para baterías y refinación y procesamiento de minerales como el cobre y el litio, así como garantizar la participación vinculante de las comunidades locales en la toma de decisiones.

El primer paso para asegurar que las cadenas de valor cumplan con estándares sólidos de sostenibilidad, es la claridad en la regulación y la supervisión gubernamental del cumplimiento de dichos estándares. Además, el desarrollo de cadenas de valor locales para la minería de minerales estratégicos podría contribuir a mejorar la trazabilidad y la transparencia en la cadena de valor aguas abajo, es decir, de componentes y partes relacionadas con energías solar y eólica. El fortalecimiento de las cadenas de valor también podría abrir nuevas posibilidades para la investigación y el desarrollo de tecnologías de reciclaje y reutilización de materiales, lo que permitiría reducir la dependencia de la extracción de recursos naturales y minimizar el impacto ambiental de la industria de energías renovables a largo plazo.

**Es clave la consideración desde la planeación de nuevos proyectos de la economía circular de los minerales y de los componentes y partes cuando lleguen al final de su vida útil.** Considerando que la energía renovable es intensiva en el uso de minerales y reconociendo los impactos sociales y ambientales que esto trae, es necesario que los países avancen en la generación de políticas para promover el reciclaje de minerales y evitar su incorrecta disposición. Por ejemplo, la IEA estima que a



2040 el reciclaje de cobre, litio, níquel y cobalto de baterías eléctricas gastadas pueden reducir las necesidades primarias de estos minerales en alrededor del 10% (IEA, 2022a).

Se recomienda canalizar a través de Argentina, Brasil y México, siendo parte del G20, involucrar al sector privado, particularmente a los fabricantes más representativos y con más experiencia en la producción de tecnologías solar y eólica, de otros países del Grupo en la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades hacia Latinoamérica relacionadas con prácticas de economía circular para el material catódico y para la fabricación de baterías, la fabricación de paneles solares y en la refinación y procesamiento de minerales como el cobre y el litio.



## 5. GARANTIZAR LA PARTICIPACIÓN VINCULANTE DE LOS ACTORES LOCALES EN LOS NUEVOS PROYECTOS MINEROS Y DE CADENAS DE VALOR

Para abordar este desafío multidimensional, es esencial establecer salvaguardas sociales y ambientales en las cadenas de valor mineras y de producción de componentes clave para este sector. Esto permitirá alcanzar varios objetivos cruciales: primero, diversificar las economías locales, reducir la pobreza y mejorar el bienestar de las comunidades afectadas; segundo, fomentar la participación y el empoderamiento de las comunidades en el

desarrollo de proyectos energéticos renovables; y tercero, mejorar las relaciones entre las empresas desarrolladoras y las comunidades locales, disminuyendo así la resistencia y los conflictos sociales.

Además, en consonancia con la recomendación anterior, es clave mantener a los actores locales informados y vinculados sobre las acciones tomadas por las empresas en cada etapa de las cadenas de valor, enfocándose en aspectos como economía circular, reducción de la huella de carbono y hídrica, eficiencia energética, entre otros, y destacando los beneficios generados mediante indicadores claros y medibles.

Para asegurar una distribución equitativa de los ingresos y beneficios a las comunidades afectadas, así como fomentar la diversificación de sus fuentes de ingresos, se deben implementar medidas concretas. Esto incluye promover una minería sostenible y responsable en el contexto de los pueblos indígenas, respetando sus derechos y prácticas culturales y tradicionales. Así como también, incluye mejorar la colaboración con los mineros artesanales y comunidades en el área directa. Esto implica implementar programas de capacitación profesional y apoyar la transición de los trabajadores a nuevas funciones en industrias emergentes, así como promover medidas de seguridad social.

Además, en línea con la primera recomendación, es crucial mejorar el reporte público de reservas minerales, alineándose con estándares reconocidos y marcos internacionales para garantizar la transparencia y la confiabilidad de la información.



## 6. CONECTAR LAS ZONAS MINERAS Y DE CADENAS DE VALOR CON SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA

Es imperativo promover las inversiones necesarias en infraestructura y logística a través de la colaboración regional y la integración energética para aprovechar de manera eficiente los recursos disponibles y promover el desarrollo económico y social regional. Sigue siendo igual de relevante como en las recomendaciones anteriores, que se creen incentivos fiscales, subsidios y esquemas novedosos de financiamiento público-privado de estas grandes obras. Esto aplica a nivel nacional pero también a nivel regional o de municipalidades en cada país.

Es importante desarrollar, implementar y hacer seguimiento a políticas y regulaciones claras y estables que fomenten un entorno propicio para la inversión en infraestructuras locales para conectar las zonas mineras con los principales corredores de transformación y/o exportación. Incluyendo tanto red vial como infraestructura para la generación y distribución de energía renovable, incluyendo redes inteligentes<sup>17</sup> y sistemas de almacenamiento de energía.

Latinoamérica cuenta con una posición privilegiada en la cadena de valor de minerales por la cantidad de reservas y diversidad de minerales pero podría verse comprometido el despliegue de nuevas industrias en las cadenas de valor que transformen las materias primas en tecnologías útiles, si no se realizan a tiempo estas inversiones en infraestructura vial y eléctrica.

17 Las redes inteligentes (o Smart Grids) se han mostrado una opción eficiente y con retorno de las inversiones, Este tipo de tecnología es clave para minimizar costos y aumentar la eficiencia del sistema energético basado en renovables (IEA, na). Uruguay, en particular, ha avanzado en este sentido y a 2022 contaba con 600.000 metros inteligentes de conexión, que representa el 60% de los usuarios de energía. A su vez, en 2022 México contaba con alrededor de 2 millones de metros de conexión inteligente, que representa el 5% de la longitud nacional y tiene el objetivo de alcanzar 25 millones de metros a 2025 (Koop, 2022).



## CAPÍTULO 5: Conclusiones

La región de Latinoamérica tiene el potencial de convertirse en un referente mundial en el despliegue de energías renovables no solo por su afortunada localización geográfica y abundancia de recursos naturales, incluidos los minerales estratégicos, sino que posee un importante potencial para alcanzar la meta aspiracional al año 2040 de tener 100% de fuentes renovables en su generación de energía eléctrica.

Adicionalmente, posee una trayectoria importante en la implementación de políticas y programas para promover las energías renovables, incluidos incentivos fiscales, subastas de energía renovable, marcos regulatorios favorables, entre otros. Esto ha llevado a que la región ya cuente con una capacidad instalada significativa en energías renovables, especialmente la energía hidroeléctrica, eólica y solar.

Todas estas ventajas competitivas le permitirían a la región desarrollar una industria para la producción de tecnologías o algunos componentes o partes de las mismas, para la generación de energía eléctrica con fuentes renovables, partiendo de algunos segmentos como el procesamiento y refinación de cobre y litio, la producción de material catódico para baterías y el ensamblaje y fabricación de paneles solares, y luego, a través de políticas industriales sólidas e integrales, ir fortaleciendo las capacidades e incentivando más inversiones en otros segmentos de las cadenas de valor.

Las cadenas de valor de componentes y partes de las tecnologías usadas para la producción de

energía eléctrica a partir de fuentes renovables como la eólica y la solar, han demostrado ser vulnerables a la disponibilidad de los materiales y minerales necesarios para su fabricación, así como también, a diferentes factores como la demanda, número de competidores desde el lado de la oferta, fluctuaciones en los precios internacionales, factores externos (como la pandemia COVID-19 y los conflictos entre Rusia y Ucrania), precios de transporte, entre otros. Por ejemplo, respecto al mercado de los paneles solares, aunque si bien han disminuido sus precios de producción, mantienen una alta concentración del mercado donde China controla el 82% de la fabricación mundial de módulos (Rystad Energy, 2024). Por su parte, las turbinas eólicas han presentado cuellos de botella a nivel mundial en su producción debido a temas de calidad, baja capacidad instalada de manufactura y costos de transporte, principalmente por la compleja logística de transporte de las aspas.

Estas cadenas se van a ver aún más presionadas por la alta demanda que se tendrá de todos los países que están comprometidos con las metas establecidas en la COP28, en particular la de triplicar la capacidad de energías renovables. Latinoamérica enfrenta desafíos debido a su dependencia de la importación de tecnologías limpias, por lo tanto, se recomienda diversificar las fuentes de suministro y fortalecer la producción local de estas tecnologías.

La mayoría de países latinoamericanos cuentan con una mano de obra calificada en áreas



relacionadas con la energía, como por ejemplo los requeridos con la ingeniería de diseño de los componentes y partes y el desarrollo de los proyectos de energías renovables (p.ej. ingenieros y técnicos en eléctrica, electrónica y mecánica), los procesos productivos (p.ej. ingeniería química, ingeniería de materiales, entre otros) y la gestión ambiental (p.ej. ingenieros y otras profesiones sociales y de administración). Esta fuerza laboral calificada junto con las adecuadas señales de política y los incentivos apropiados, pueden impulsar la investigación, el desarrollo, la producción e implementación de tecnologías para la generación de energía eléctrica con fuentes renovables.

Esta experiencia y conocimiento técnico de la región pueden servir como base para la expansión de la industria de energías renovables contribuyendo así, a la meta de triplicar la capacidad de energía renovable. Favorece también que la región y su creciente demanda de energía en línea con el cumplimiento del Acuerdo de París, crea un mercado prometededor para las tecnologías de energía renovable, lo que podría generar economías de escala y la reducción de sus costos de producción.

Una industria local que suministre los minerales necesarios para la fabricación de tecnologías renovables contribuye a un suministro más constante y predecible de los componentes necesarios

para las tecnologías renovables, se reduce la dependencia de importaciones, lo que puede disminuir los costos de las tecnologías renovables para que sean más asequibles para los consumidores y las empresas. Además, una industria local de minerales estratégicos puede fortalecer las capacidades institucionales y gubernamentales al proporcionar oportunidades de empleo y desarrollo económico, reducir la dependencia económica a los combustibles fósiles y crear un incentivo económico para impulsar la transición hacia fuentes de energía renovables.

Finalmente, es crucial que los países de Latinoamérica revisen y actualicen sus metas nacionales para el despliegue de energías renovables, teniendo en cuenta el potencial real de la región y la aceleración global en la transición energética, en donde además será clave plantear desde la academia y organizaciones de la sociedad civil, proyecciones de escenarios ambiciosos que muestren la trayectoria de Latinoamérica hacia un 100% de generación eléctrica renovable y los hitos que requiere la región para avanzar hacia esa meta. Promoviendo además el desarrollo de las cadenas de valor asociadas a la industria minera y las energías renovables, incluyendo capacidades de procesamiento, refinación, manufactura y mano de obra calificada. Esto contribuirá a aumentar la competitividad y los estándares de calidad de la región.



# Referencias

1. American Clean Power, “U.S. Permitting Delays Hold Back Economy, Cost Jobs,” (2023). <https://cleanpower.org/resources/u-s-permitting-delays-hold-back-economy-cost-jobs/>
2. AZA Acero Sostenible. (2023). Reporte de Sostenibilidad 2023. Retrieved April 5th, 2024, from: <https://www.aza.cl/sostenibilidad/reportes-de-sostenibilidad/>
3. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2022). Apalancando el crecimiento de la demanda en minerales y metales por la transición a una economía baja en carbono. Retrieved February 24th, 2024, from <https://publications.iadb.org/es/apalancando-el-crecimiento-de-la-demanda-en-minerales-y-metales-por-la-transicion-una-economia-baja>
4. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). Acelerando la descarbonización de la industria pesada en América Latina y el Caribe: nota introductoria. Retrieved February 24th, 2024, from <https://publications.iadb.org/es/ace-lerando-la-descarbonizacion-de-la-industria-pe-sada-en-america-latina-y-el-caribe-nota>
5. Banco Mundial (2019). Climate-Smart Mining: Minerals for Climate Action. Retrieved February 7, 2024, from: <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/brief/climate-smart-mining-minerals-for-climate-action>
6. BloombergNEF. (2023). Which market is the most attractive for energy transition investment? Climatescope 2023. Retrieved February 24th, 2024, from <https://www.global-climatescope.org/>
7. CEPAL. (2022). La institucionalidad y la regulación minera en los países andinos: Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Colombia, Ecuador y Perú. Retrieved February 25th, 2024, from <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/57ee9a01-b6a3-4d37-bb2a-c4a351a8c4c8/content>
8. CEPAL. (2023a). La inversión extranjera directa en Latinoamérica y el Caribe 2023. Retrieved February 24th, 2024, from <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/9a7cc765-ac4e-40dc-b69d-4ffe3cc4508e/content>
9. CEPAL. (2023b). La minería en América Latina y el Caribe: Tendencias y perspectivas. Retrieved February 24th, 2024, from [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/presentacion-cepal\\_xiicamma.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/presentacion-cepal_xiicamma.pdf)
10. CISL. (2023). What is a value chain? Definitions and characteristics | Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL). Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL) |. Retrieved March 13, 2024, from <https://www.cisl.cam.ac.uk/education/graduate-study/pgcerts/value-chain-defs>
11. Comisión Chilena del cobre. (2022). Proyección de la producción de cobre en Chile 2022 – 2033. Cochilco. Retrieved February 24th, 2024, from <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Proyecci%C3%B3n%20de%20la%20>



- [producci%C3%B3n%20esperada%20de%20cobre%202022-2033.pdf](#)
12. El País. (2023). Enel suspende indefinidamente la construcción del parque eólico Windpeshi, en La Guajira. El País América Colombia. Retrieved February 24th, 2024, from <https://elpais.com/america-colombia/2023-05-25/enel-suspende-indefinidamente-la-construccion-del-parque-eolico-windpeshi-en-la-guajira.html>
  13. Energy Transitions Commission. (2023). “Streamlining Planning and Permitting to Accelerate Wind and Solar Deployment,” Energy Transitions Commission (blog). <https://www.energy-transitions.org/publications/planning-and-permitting/>
  14. European Commission. (2021). The JRC battery raw materials and value chain tool and ongoing RMIS modelling work. (Latest supply data update: Cobalt Sep 21, Graphite Nov 21, Lithium Sep 21, Manganese June 21, Nickel Sep 20, Anodes Sep 21, Cathodes Jan 22, Cells Jan 22, Recycling Oct 21. Latest demand data update: Oct 21), <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>
  15. Gobierno de Chile. (2023a). Estrategia Nacional del Litio. Por Chile y su gente. Retrieved March 8th, 2024, from <https://www.gob.cl/litioporchile/>
  16. Gobierno de Chile. (2023b). Proyecto de inversión chino inyectará más de 200 millones de dólares para impulsar Estrategia Nacional del Litio. Retrieved April 5th, 2024, from <https://www.gob.cl/noticias/proyecto-de-inversion-chino-inyectara-mas-de-200-millones-de-dolares-para-impulsar-estrategia-nacional-del-litio/>
  17. Green Steel Tracker (2024). Lead it: Leadership Group for Industry Transition. Retrieved April 3rd, 2024, from <https://www.industrytransition.org/green-steel-tracker/>
  18. Gumber, A., Zana, R., and Steffen, B. (2024) “A Global Analysis of Renewable Energy Project Commissioning Timelines,” Applied Energy 358 (March 15, 2024): 122563, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122563>
  19. Hub Energía. (na). Pérdidas de electricidad como porcentaje de la oferta total de electricidad. <https://hubenergia.org/es/indicadores/perdidas-de-electricidad-como-porcentaje-de-la-oferta-total-de-electricidad>
  20. IEA. (2022a). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Retrieved February 25th, 2024, from <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a-86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>
  21. IEA (2022b). Special Report on Solar PV Global Supply Chains. Retrieved April 5th, 2024, from <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d2ee601d-6b1a-4cd2-a0e8-db02dc64332c/SpecialReportonSolarPVGlobalSupplyChains.pdf>
  22. IEA. (2023). Latin America Energy Outlook. NET. Retrieved February 7, 2024, from <https://iea.blob.core.windows.net/assets/1055131a-8dc4-488b-9e9e-7eb4f72bf7ad/LatinAmericaEnergyOutlook.pdf>
  23. IEA. (2023a). Countries. IEA. Retrieved February 24th, 2024, from <https://www.iea.org/countries>
  24. IEA. (2023b). Net Zero Roadmap: A Global



- Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach - 2023 Update. NET. Retrieved February 7, 2024, from [https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a-698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap\\_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a-698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf)
25. IEA. (2023c). Sustainable and Responsible Critical Mineral Supply Chains. Guidance for policy makers. Retrieved February 27th, 2024, from <https://iea.blob.core.windows.net/assets/fd460a5f-8f06-478a-b409-387304d58dcb/SustainableandResponsibleCriticalMineralSupplyChains.pdf>
26. IEA. (na). Smart Grids. <https://www.iea.org/energy-system/electricity/smart-grids>
27. IGF. (2021). Foro de Minería y Sostenibilidad de las Américas 2021: Cadenas regionales de suministro de minerales críticos. Retrieved March 13, 2024, from <https://www.igfmining.org/event/2021-mining-and-sustainability-forum-americas-supply-chains-critical-minerals/#ES>
28. Instituto Talanoa. (2024). Strategic minerals and the energy transition. How will Brazil deal with production?. Retrieved March 8th, 2024, from [https://politicaporinteiro.org/wp-content/uploads/2024/03/Minerais\\_estrategicos\\_final\\_EN.pdf](https://politicaporinteiro.org/wp-content/uploads/2024/03/Minerais_estrategicos_final_EN.pdf)
29. IPCC. (2023). CLIMATE CHANGE 2023 Synthesis Report (p. 42). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
30. IRENA. (2019). FUTURE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. International Renewable Energy Agency. Retrieved February 9, 2024, from [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_2019.pdf?rev=-d2e0fb395422440bbeb74c69bbe2dc99](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf?rev=-d2e0fb395422440bbeb74c69bbe2dc99)
31. IRENA. (2020). REmap Energy Generation and Capacity. IRENA. Retrieved February 23, 2024, from <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Energy-Transition/REmap-Energy-Generation-and-Capacity>
32. IRENA. (2022). Renewable Energy and Jobs Annual Review 2022. Retrieved February 16, 2024, from [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Sep/IRENA\\_Renewable\\_energy\\_and\\_jobs\\_2022.pdf?rev=7c-0be3e04bfa4cddaedb4277861b1b61](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Sep/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2022.pdf?rev=7c-0be3e04bfa4cddaedb4277861b1b61)
33. IRENA. (2023). WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2023. Retrieved February 7, 2024, from [https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA\\_World\\_energy\\_transitions\\_outlook\\_2023.pdf?rev=db3ca01ecb4a4ef8accb31d017934e97](https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2023.pdf?rev=db3ca01ecb4a4ef8accb31d017934e97)
34. Kalt, G., Thunshirn, P., & Haberl, H. (2021). A global inventory of electricity infrastructures from 1980 to 2017: Country-level data on power plants, grids and transformers. Data in Brief, 38, 107351. Retrieved February 12, 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340921006351>
35. Konitzi. (2021). Cadena de valor: componentes y su importancia en las empresas | buk-es. Comunidad Buk. Retrieved March 13, 2024, from <https://www.comunidad-buk.com/asistencia-86/cadena-de-valor-componentes-y-su-importancia-en-las-empresas-188>



36. Koop, F. (2022). Smart grids: the next step for energy in Latin America. *Diálogo Chino*. <https://dialogochino.net/en/climate-energy/52564-smart-grids-the-next-step-for-energy-in-latin-america/>
37. Laborde, A. & Fariza, I. (2023). Renewable energy boom in Chile takes a toll on electrical grid. *El País*. <https://english.elpais.com/international/2023-04-19/the-boom-of-renewables-in-chile-has-taken-a-toll-on-the-electrical-grid.html>
38. McNulty, B. A., & Jowitt, S. M. (2021). Barriers to and uncertainties in understanding and quantifying global critical mineral and element supply. *IScience*, 24(7). Retrieved February 9, 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S258900422100777X>
39. Ministerio de Economía de Argentina. (2022). Serie de estudios para el Desarrollo Minero Metales y Minerales Críticos para la Transición Energética Retrieved February 24th, 2024, from [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/metales\\_y\\_minerales\\_criticos\\_para\\_la\\_transicion\\_energetica\\_serie\\_de\\_estudios\\_para\\_el\\_desarrollo\\_minero\\_2.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/metales_y_minerales_criticos_para_la_transicion_energetica_serie_de_estudios_para_el_desarrollo_minero_2.pdf)
40. Natural Resource Governance Institute -NGRI (2023). Empresas estatales de litio en América Latina: Desafíos y oportunidades. Retrieved April 3rd, 2024, from [https://resourcegovernance.org/sites/default/files/2023-12/Empresas\\_estatales\\_de\\_litio\\_America\\_Latina.pdf](https://resourcegovernance.org/sites/default/files/2023-12/Empresas_estatales_de_litio_America_Latina.pdf)
41. OLADE. (2013). Apuntes sobre la Integración Eléctrica Regional y Propuestas para Avanzar. Biblioteca OLADE. Retrieved March 13, 2023, from <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0350.pdf>
42. OLADE. (2023). Panorama Energético de Latinoamérica y el Caribe 2023. Retrieved February 12, 2024, from: <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2023/>
43. OLADE. (2024). Minerales Críticos. Retrieved February 12, 2024, from: <https://nubeolade.olade.org/index.php/s/sPQ2yQz4aQqqHWj?dir=undefined&openfile=1901454>
44. Our World in Data. Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2024). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Retrieved February 23, 2024, from <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>
45. Responsible Mining Foundation. (2020). ¿Minería responsable en América Latina y el Caribe? Evaluando cómo las empresas mineras abordan cuestiones de interés público. Retrieved February 28th, 2024, from [https://www.responsibleminingfoundation.org/app/uploads/RMI-Report\\_Regional-Study-2020\\_LAC-SP.pdf](https://www.responsibleminingfoundation.org/app/uploads/RMI-Report_Regional-Study-2020_LAC-SP.pdf)
46. Rystad Energy (2024), Renewables & Power Trends Report. Record-breaking growth for renewables in 2023 amid supply chain concerns. Oslo, Norway. Retrieved February 9th, 2024, from <https://www.rystadenergy.com/insights/renewables-power-trends-report-record-breaking-growth-for-renewables-in-2023>
47. Secretaría de Minería de Argentina. (2021). Retrieved March 8th, 2024, from [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/litio\\_y\\_su\\_potencial\\_para\\_el\\_desarrollo\\_minero\\_argentino\\_vf\\_2021-1.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/litio_y_su_potencial_para_el_desarrollo_minero_argentino_vf_2021-1.pdf)
48. SeforAll. (2022). Africa Renewable Energy



- Manufacturing. SEforALL. Retrieved March 13, 2024, from [https://www.seforall.org/system/files/2023-01/%5BFINAL%5D%2020220115\\_ZOD\\_SEForAll\\_AfricanManufacturingReport.pdf](https://www.seforall.org/system/files/2023-01/%5BFINAL%5D%2020220115_ZOD_SEForAll_AfricanManufacturingReport.pdf)
49. Solarever. (2024). Quienes somos y nuestros productos. <https://solarever.com.mx/nosotros>
50. UNESCO. (2022). UIS releases new data for SDG 9.5 on Research and Development. <https://uis.unesco.org/en/news/uis-releases-new-data-sdg-9-5-research-and-development>
51. UNFCCC. (2023). Outcome of the first global stocktake. Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement (págs. 1-21). Dubái: United Nations. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023\\_L17\\_adv.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023_L17_adv.pdf)
52. USGS. (2023). Mineral Commodity Summaries 2023 by National Minerals Information Center. February 25th, 2024, from <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>
53. World Economic Forum. (WEF). (2023a). “Why Renewable Energy Permissions Must Be Rapidly Accelerated,” <https://www.weforum.org/agenda/2023/07/innovation-digitalization-permitting-process-clean-energy/>
54. World Economic Forum. (WEF). (2023b) Fostering Effective Energy Transition. 2023 Edition. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Fostering\\_Effective\\_Energy\\_Transition\\_2023.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2023.pdf)
55. World Intellectual Property Organization. (WIPO). (2023), Global Innovation Index 2023. Innovation in the face of uncertainty. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>



# Sobre Transforma

Transforma es un *think tank* o centro de pensamiento latinoamericano fundado en 2017 para promover la acción climática y transiciones ecológicas más amplias como elementos fundamentales en la búsqueda de sociedades y economías sostenibles y regenerativas a nivel nacional, regional y global.

Desarrollamos análisis (investigación y recomendaciones de políticas), permitimos esfuerzos de desarrollo de capacidades (capacitación, asistencia técnica, hojas de ruta y promoción) y conectamos a actores clave públicos, privados y de la sociedad civil (creación de redes y comunicación estratégica) para acelerar en América Latina y el Caribe (ALC) un movimiento hacia un futuro justo y regenerativo.



# Hacia una Latinoamérica renovable en 2040

Despliegue de energía renovable, cadenas de valor y minerales estratégicos



## ¿CÓMO CITAR?

Transforma (2024). Hacia una latinoamérica renovable en 2040: Despliegue de energía renovable, cadenas de valor y minerales estratégicos (pp. 01–39). Bogotá D. C: Transforma. Recuperado de: <https://transforma.global/nuestras-publicaciones/>

## 12 DE ABRIL DEL 2024

El presente *policy brief* fue elaborado por Diana Díaz Betancourth, Laura Flechas Mejía, Jose Luis Díaz Ramos, Diana Carolina Montaña Junco y Verónica Valencia Hernández, con contribuciones de Ana María Mogollón, Alejandra López Carvajal y Giovanni Pabón. Agradecimientos especiales para Angela Ines Cadena Monroy por su *peer review*.

Fotografía portada: Pexels

Diseño y diagramación: VISUALARIUM Estudio