

LIBRO BLANCO SOBRE

EL SECTOR SOSTENIBLE DE LITIO

CON OBJETIVOS DE CERO EMISIONES NETAS

2023



天齐锂业
TIANQI LITHIUM





Iniciar el viaje del "sueño del litio"



Mina

Camiones eléctricos

Montacargas eléctrico

Procesamiento de litio

Salar

Plantas de baterías

Energía eólica

Fotovoltaica

Cómete

Plantas de almacenamiento de energía

Vitrocerámica

Grasa

Centro de supercomputación

Edificio de oficinas

Maquinaria de ingeniería

Robot

Computadoras

Bicicletas eléctricas

Energía eólica marina

Manufactura industrial

Vehículos eléctricos

Teléfonos celulares

Barrio

Transporte marítimo

Banco inteligente

Aviones

Fotovoltaica espacial

Changing the world with lithium · Iniciativa Realizar Juntos los Sueños de Cero Emisiones Netas

El cambio climático es uno de los problemas más impostergables de nuestro tiempo, y abordarlo exige reformas sistémicas y transformadoras en toda la sociedad. Uno de los eslabones clave es el cambio de los sistemas de producción y consumo de fuentes de energía fósiles a energías renovables como la eólica y la solar. El litio desempeña un papel indispensable en este proceso.

Sin embargo, la complejidad y la magnitud del reto de cero emisiones netas es excesiva para que cualquier empresa lo consiga por sí sola. La colaboración intersectorial, entre cadenas de valor, y a nivel gubernamental y organizativo es esencial para liberar el máximo potencial. Un objetivo climático ambicioso es imprescindible para fomentar el consenso y la cohesión entre gobiernos y empresas.

Por ello, Tianqi Lithium lanza la Iniciativa de Realizar Juntos los Sueños de Cero Emisiones Netas.

Se invita a los miembros de la cadena de valor a lograr cero emisiones netas en sus operaciones empresariales a más tardar en 2050 y a trabajar para reducir otras emisiones a lo largo de la cadena.

Este objetivo alineará la descarbonización del sector del litio con la promoción del Acuerdo de París. Sabemos que alcanzar este hito no será fácil, pero es importante para nuestra sociedad, el planeta y las generaciones futuras.

Resumen de las acciones clave para la mejora del clima en la industria del litio



La visión de cero emisiones de carbono de cadenas de valor.

- Acelerar la adopción de electricidad renovable hacia un suministro de electricidad 100% renovable.
- Acelerar la transición a la electrificación secundaria con el objetivo de aumentar la proporción de electricidad en el consumo de energía.
- Acelerar la digitalización de las industrias para mejorar los recursos de cadenas de valor y la eficiencia del aprovechamiento energético.

La oportunidad de cero emisiones de carbono de cadenas de valor.

- Establecer normas y directrices relacionadas con el clima y cero emisiones de carbono.
- Aumentar la inversión en el desarrollo tecnológico requerida por el objetivo de cero emisiones de carbono y crear plataformas de intercambio de tecnologías.

Comentarios de expertos

Chen Liquan

Académico de la Academia China de Ingeniería, presidente honorario de la Agrupación Nacional de la Industria de Materiales Avanzados para Baterías

“ El Libro blanco contiene una descripción completa y profunda de la hoja de ruta de la descarbonización de la industria del litio, con un ambicioso objetivo de cero emisiones netas. Su naturaleza integrada y prospectiva ayudará a todas las partes interesadas a afrontar conjuntamente los retos de la transición con bajas emisiones de carbono promoviendo el desarrollo justo y ecológico de la industria mundial. Como empresa líder en esta industria, Tianqi Lithium tiene la oportunidad de liderar el sector para formar un estándar para toda la cadena industrial e impulsar la industria china del litio a la escena internacional. ”

Cheng Huiming

Académico de la Academia China de Ciencias, director del Instituto de Tecnología de Carbono Neutral, Escuela de Tecnología Avanzada de Shenzhen, Academia China de Ciencias

“ El litio, uno de los metales clave de la transición energética, desempeña un papel destacado en los sectores de la electricidad, el transporte y la construcción, por lo que las emisiones de carbono bajas o netas en el litio constituyen una parte importante de la consecución de los objetivos de emisión en todos los sectores. El camino hacia cero emisiones netas de carbono para el sector del litio es exigente en términos de tecnología de descarbonización, e implica retos en el desarrollo tecnológico y en los costes para la puesta en marcha. El objetivo que el presente Libro blanco propone se establece de manera inclusiva y viable, y puede ser una buena referencia sistemática para que las empresas pertinentes fijen sus propios objetivos de emisiones. ”

Zhao Tianshou

Académico de la Academia China de Ciencias, director del Instituto de Investigación sobre Energía Neutral en Carbono de la Universidad Meridional de Ciencia y Tecnología

“ Tanto la reducción de la huella de carbono como la ampliación de la huella de carbono inversa, los métodos para alcanzar emisiones cero repercutirán en el desarrollo de la industria. El Libro blanco presenta un objetivo científico de cero emisiones netas para la industria y analiza la huella de carbono y la huella de carbono inversa de todo el ciclo de vida del litio (o cadena de valor integral) de forma exhaustiva, combinando análisis técnicos y económicos, lo que supone un gran aporte para el sector. ”

Lei Xianzhang

Académico de la Academia Nacional Alemana de Ingeniería, director científico en Carbono Neutral de la Universidad del Petróleo del Suroeste

“ Desde el glutamato monosódico industrial hasta el petróleo blanco, pasando por la "piedra filosofal" que sustenta la transición energética, el litio se presenta como un elemento clave para apoyar el objetivo de cero emisiones netas del sector energético. El informe examina la viabilidad y la rentabilidad de la descarbonización en la industria del litio. En términos de viabilidad, se realiza un análisis detallado de las vías tecnológicas de descarbonización en las fases inicial, intermedia, final del proceso, con base en el estado actual de las emisiones de gases de efecto invernadero en el litio; en cuanto a la rentabilidad, se centra en el potencial de comercialización de la captura y almacenamiento de carbono, así como en el reciclaje de las baterías de energía. ”

La industria de las baterías de litio tiene un alcance global y se necesita reforzar la cooperación y el intercambio internacionales para afrontar juntos los retos y las oportunidades del sector. Como empresa líder del sector, Tianqi Lithium puede liderar la industria para formar un estándar mecánico de toda la cadena industrial y promover gradualmente a China hasta el nivel internacional. ”

Chai Qimin

Director, Departamento de Investigación de Planificación Estratégica, Centro Nacional de Investigación Estratégica y Cooperación Internacional sobre el Cambio Climático

“ Me complace ver que el informe esboza una ruta para la descarbonización del sector del litio: un objetivo de bajas emisiones para 2035 y uno de objetivo cero emisiones netas para 2050, ambos son ciertamente ambiciosos. La descarbonización del litio requiere considerar varios aspectos: la política, el comercio internacional, las normas técnicas y las tecnologías de almacenamiento en la base de producción. Y el Libro blanco pretende ser un llamamiento a la acción para los integrantes de la industria, el sector público y las instituciones financieras, con la esperanza de que sirva de guía a la industria del litio en su transición hacia un objetivo sostenible de cero emisiones netas. ”

Chen Chaoyang

Vicepresidente de EHS, Amperex Technology Limited

“ El Libro blanco es de gran importancia para promover una transición con cero emisiones de carbono en la industria del litio: a medida que aumentan las incertidumbres globales, los clientes intermedios están más preocupados por la seguridad y estabilidad de la cadena de suministro de litio de China, por lo que la forma de desarrollar uno más estable y fiable de recursos de litio se ha convertido en un tema relevante. El Libro blanco se sitúa a la vanguardia de la industria y propone un cronograma de "recurso accesible, técnica factible y financiación viable" para la descarbonización de la red de abastecimiento de litio de China. ”

Dai Yande

Experto en Asignaciones Especiales del Consejo de Estado, director del Comité de Economía Energética de la Sociedad China de Investigación Energética

“ En virtud del objetivo de neutralidad de carbono, la estructura de consumo energético de China experimentará un cambio revolucionario: el consumo de energía no fósil representará más del 80% del total y el sistema eléctrico se convertirá en el principal motor de la descarbonización, con las baterías de litio como actor clave. Con un marco de lógica clara y una perspectiva internacional, el Libro blanco describe las oportunidades y retos a los que se enfrenta la industria del litio en este contexto y establece un plan de acción orientado a objetivos para la industria que es práctico, de largo plazo y ambicioso. Este informe de alta calidad señala el camino hacia una transición de cero emisiones netas para toda la industria del litio, y el objetivo propuesto por Tianqi supone una buena referencia para otros integrantes de la cadena de valor. ”

Kang Feiyu

Vicepresidente de la Escuela Internacional de Posgrado de Shenzhen, Universidad de Tsinghua; presidente honorario de la Alianza Mundial para Ciudades con Bajo Carbono

“ El Libro blanco muestra la gran importancia que las empresas chinas conceden a la reducción de las emisiones de carbono, y Tianqi, en particular, ya lo está practicando. El litio ha hecho grandes aportes en lo que respecta a vehículos eléctricos, almacenamiento de energía y productos electrónicos, mientras que la descarbonización de la industria del litio tiene un importante papel que desempeñar en la transición energética del país. China tiene actualmente una ventaja global en capacidad de producción del litio, y la forma de planificar una vía de descarbonización que mantenga al mismo tiempo la cuota del mercado china es digno de consideración. El documento es informativo y rico en datos, y propone una vía factible para toda la cadena de valor, dando un nuevo impulso al desarrollo ecológico del sector. ”

Li Baohua

Vicedecano de la Escuela Internacional de Posgrado de Shenzhen, Universidad Tsinghua

“ El sector chino de las nuevas energías ya tiene una ventaja competitiva mundial, pero debe evitar el riesgo de emprender el camino en solitario. La industria china del litio cuenta actualmente con una posición ventajosa en cuanto a la capacidad, pero precisa reflexionar más detenidamente sobre el panorama. Se cree que la perspectiva global que ofrece el Libro blanco puede ayudar a compaginar la seguridad de la cadena de valor del litio y las vías de carbono cero para lograr el desarrollo sostenible de la industria del litio y promover así el avance seguro de los sectores de las nuevas energías. ”

Li Xi

Ingeniero jefe, Centro de Servicios de Tecnología Verde de Baja Emisión de Carbono, Asociación de Conservación de Energía de Sichuan

“ La mejora de la eficiencia energética, la optimización de los procedimientos de fabricación, el fomento del reciclaje y la reutilización de las baterías, y la promoción de la innovación y la actualización tecnológicas en la industria del litio marcan el rumbo hacia el desarrollo sostenible de la industria del litio. El Libro blanco ofrece sugerencias y recomendaciones útiles para ello, que pueden ser utilizadas por las empresas para identificar sus propios riesgos y oportunidades climáticos, establecer sistemas de gestión de la energía y asociarlos a las operaciones comerciales, y capacitar a las empresas de las fases iniciales y finales de la cadena de producción. ”

Li Yuan

Vicepresidente, Centro de Canje de Emisiones de Guangzhou

“ En el escenario del cambio climático, alcanzar el objetivo de cero emisiones netas es una tarea ardua y obligada que requiere el esfuerzo conjunto de múltiples partes para lograr la transformación de la industria del litio. El Libro blanco se centra en los riesgos y oportunidades de la industria en el marco de la problemática del cambio climático, y proporciona directrices para que todas las partes participen en la cooperación, animando a la industria a elaborar normas de certificación para el desarrollo de la cadena de suministro de carbono cero, mejorar el acceso al mercado del comercio internacional, la divulgación de información, etc. Se espera que la Iniciativa de Realizar Juntos los Sueños de Cero emisiones Netas del Libro blanco atraiga a más empresas y organizaciones para que se adhieran al avance de la industria del litio hacia la descarbonización. ”

Lin Xiao

Director General de BOTREE, jefe de la delegación china de OIN/TC333 de la Organización Internacional de Normalización

“ El litio es un metal clave indispensable en las baterías de litio. En comparación con otros metales para baterías, tiene menores emisiones de carbono a lo largo de su ciclo de vida y contribuye más al rendimiento de las baterías, y es un recurso clave esencial y un material básico en los principales escenarios mundiales de reducción de carbono, como la electrificación del transporte y el almacenamiento de energía renovable. El contenido del Libro blanco está bien alineado con métodos y normas internacionales como la OIN (Organización Internacional de Normalización), AIE (Agencia Internacional de Energía) e iOBC (iniciativa de Objetivos Basados en la Ciencia), y propone una senda de descarbonización para toda la cadena de valor de la industria del litio. ”

En el futuro, se recomienda que las empresas de la cadena de valor del litio, como Tianqi Lithium, participen en la promoción de los estándares de cero emisiones netas en la industria internacional y promuevan conjuntamente su desarrollo justo y ecológico. ”

Wang Hongtao

Profesor Asociado, Instituto de Tecnología Futura de Neutralidad de Carbono, Universidad de Sichuan

“ El Libro blanco analiza en profundidad la elevada huella de carbono que dejan los procesos de fabricación de electrodos de litio, incluidos los procedimientos tecnológicos, energéticos y químicos, explora las posibilidades de reducir las emisiones derivadas de las materias primas de los procesos intermedios y previos, y formula recomendaciones para diversificar las fuentes de mineral de litio con bajas emisiones y aplicar procesos de extracción de litio ecológicos y flexibles. Todo ello tiene importantes repercusiones para el desarrollo sostenible de las operaciones de producción en la industria del litio, así como para la colaboración interdisciplinaria en materia de innovación tecnológica. ”

Wang Mengqiang

Profesor de la Escuela de Materiales y Energía de la Universidad de Ciencia y Tecnología Electrónicas

“ El Libro blanco propone de forma innovadora un análisis de cero emisiones netas y de ahorro energético de la industria del litio a través de los flujos de materiales y energía, y plantea cuatro estrategias de cero emisiones netas para diferentes eslabones de la cadena de valor, proporcionando una referencia útil para explorar la transformación del litio de "petróleo blanco" a "piedra filosofal" para apoyar la transición energética. ”

Zhang Yalong

Director Ejecutivo, Instituto de Desarrollo Sostenible de Shenzhen

“ El Libro blanco tiene una perspectiva internacional y una posición de liderazgo en la industria: analiza los retos a los que se enfrenta la industria del litio y ofrece estrategias para abordarlos, adaptándose a los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), lo que logra ilustrar las sinergias entre el carbono cero y el desarrollo sostenible. La hoja de ruta para la descarbonización de la industria se expone con visión, percepción, dirección y viabilidad para ayudar a la industria total y a sus integrantes a reflexionar sobre cómo mejorar sus prácticas en materia de ESG. ”

Zhao Jiasheng

Presidente de la Asociación de la Industria de Metales No Ferrosos de China

“ La industria del litio es una parte importante de la industria de metales no férricos, la cual desempeña un papel clave en el apoyo a las industrias estratégicas emergentes y un papel indispensable para promover el objetivo de la neutralidad carbónica. Como empresa líder en la industria del litio a nivel mundial, Tianqi Lithium ha compilado el Libro blanco sobre la base del perfeccionamiento de la gestión empresarial, la innovación y las prácticas de reducción de carbono, desempeñando un papel de liderazgo e impulsor de esta industria para aumentar la competitividad medular de la industria china del litio, promover la mejora continua y los avances significativos en tecnologías de ahorro energético y bajas emisiones de carbono en la industria y, en última instancia, realizar la actualización ecológica de la industria y contribuir así al desarrollo de alta calidad de la industria china del litio y a la consecución del objetivo nacional del "doble carbono ". ”

Zhao Rui

Profesor de la Universidad Jiaotong del Sudoeste, tutor de candidatos a doctorado

“ El desarrollo equitativo de la cadena de valor de la industria del litio exige clarificar el impacto de la orientación política y la de la demanda del mercado sobre las partes interesadas en la cadena de valor del litio. Partiendo de los últimos avances de la industria, el Libro blanco dibuja un panorama claro de las partes interesadas en la industria del litio en el marco de un objetivo neto cero, identificando las consecuencias de la sustitución energética, la demanda del mercado y las salvaguardias institucionales en una transición con bajas emisiones de carbono. El Libro blanco presenta la iniciativa de cero emisiones netas y llamamientos a la acción con miras al futuro, colaborando con los integrantes de la cadena de valor para hacer frente a las incertidumbres de la transición. Se espera que el Libro blanco atraiga a más departamentos gubernamentales, organizaciones y empresas a unir sus fuerzas para promover el cumplimiento del objetivo de cero emisiones netas de la industria mundial del litio. ”

Glosario

• AIE

Agencia Internacional de la Energía (AIE)(International Energy Agency) es un organismo autónomo internacional que se fundó en 1974, con sede en París, Francia. Su labor principal incluye el análisis y la previsión del mercado internacional de la energía, el asesoramiento sobre política energética a los gobiernos y al sector privado, el apoyo a la investigación, el desarrollo y la aplicación de tecnologías energéticas, y el fomento de la reforma del mercado de la energía y la cooperación internacional, etc.

• El acuerdo de París

Tratado internacional para abordar la mitigación, la adaptación y la financiación del cambio climático, adoptado por 197 países miembros de la ONU en la Cumbre del Clima de 2015, diciembre de 2015.

• Electrificación

El uso de la electricidad para suministrar motor, calor y otras necesidades energéticas se consigue sustituyendo o modificando equipos con el fin de reemplazar los combustibles fósiles que de otro modo se consumirían.

• PSDF (fotovoltaico, almacenamiento, corriente continua, consumo flexible)

Una forma de edificio que integra la generación de energía fotovoltaica, el almacenamiento de energía, la distribución de corriente continua y el consumo flexible de electricidad.

• Electricidad renovable

Electricidad convertida a partir de fuentes de energía renovables mediante diferentes tecnologías.

• Energías renovables

La energía procedente de recursos naturales como la solar, la eólica, la mareomotriz, la geotérmica, la hidráulica y la biomasa, que es energía inagotable.

• Transición hacia la energía limpia

El cambio en el sector energético mundial de un sistema de producción y consumo de energía basado en combustibles fósiles (incluidos el petróleo, el gas y el carbón) a fuentes de energía renovables como la eólica y la solar.

• Escenario

Una descripción del futuro basada en proposiciones "si-entonces", que suele incluir las condiciones iniciales socioeconómicas y una descripción de los factores clave y los cambios futuros en las emisiones, la temperatura u otras variables relacionadas con el cambio climático.

• Objetivo del "doble carbono"

Abreviatura de "pico de carbono" y "neutralidad de carbono". China pretende alcanzar el pico de carbono en 2030 y la neutralidad de carbono en 2060, también conocido como el "objetivo 3060".

• Captura y almacenamiento de carbono

Tecnología que captura y almacena gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, procedentes de actividades de la industria, de la generación de energía, etc.

• Gases de efecto invernadero

Componentes gaseosos naturales y antropogénicos de la atmósfera que absorben y reemiten radiación infrarroja. En el Protocolo de Kyoto se especifican seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

- **Reducción de emisiones (GHG abatement)**

Se refiere a las iniciativas adoptadas por las empresas para organizar, reducir o eliminar sus emisiones de gases de efecto invernadero. Para distinguir claramente de “evitación de emisiones” (GHG avoidance, avoided emissions), generalmente se entiende el alcance de la reducción de emisiones como dentro de las cadenas de valor.

- **Evitación de emisiones (GHG avoidance, avoided emissions)**

Se refiere a “emisiones que se producen fuera del ciclo de vida del producto o de las cadenas de valor, pero que se reducen a causa del uso de este producto”.

- **Eliminación del dióxido de carbono (CO2 removal)**

Se refiere a la eliminación del CO2 de la atmósfera y su almacenamiento permanente a través de actividades antropogénicas, incluyendo la forestación, el uso de materiales vegetales en la construcción, la captura y el apoderamiento directos del CO2 de la atmósfera, la toma del carbono mediante los suelos, la restauración ecológica, así como la captura y el almacenamiento del carbono a partir de bioenergía. Dichas actividades pueden estar dentro o fuera de las cadenas de valor.

- **Cero emisiones netas de carbono (Net zero)**

Según la definición del ISO-IWA 42:2022 Net zero guidelines, hace referencia a un estado de equilibrio entre las emisiones de gases de efecto invernadero y la eliminación de carbono causadas por el hombre dentro de un periodo y un límite determinados. En este informe, el significado de cero emisiones netas de carbono incluye los principales gases de efecto invernadero, incluido el CO2.

- **Carbono neutro (Carbon Neutrality)**

Tal y como se define en el IPCC-AR6, significa que un país, región, organización o producto, servicio o actividad logra un equilibrio entre las emisiones de CO2 antropogénicas y el CO2 absorbido dentro de su rango de control. A escala mundial, el cero emisiones netas de carbono es idéntico a la neutralidad carbónica, pero a menor escala, la cual permite a una empresa utilizar reducciones o eliminaciones de carbono fuera de su control para compensar las emisiones dentro de su control que ha intentado reducir, pero no ha podido eliminar, con el fin de lograr un equilibrio entre las emisiones netas y la absorción neta a nivel de empresa, producto y actividad. En el presente informe, la neutralidad de carbono incluye el CO2 y otros gases de efecto invernadero principales.

- **Huella de carbono (Carbon footprint)**

Se refiere a las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las actividades empresariales dentro de las cadenas de valor. En cuanto a los productos, se refiere a la huella de carbono dentro de las cadenas de valor por unidad de producción. “Reducir la huella de carbono” incluye las acciones de las empresas para reducir las emisiones o aumentar la eliminación del CO2 dentro de las cadenas de valor.

- **Huella de carbono inversa (Carbon handprint)**

Se refiere a la cantidad de gases de efecto invernadero equivalente a las emisiones evitadas o al aumento de la eliminación del CO2, generada fuera de las cadenas de valor por las actividades empresariales, como la inversión en activos fijos, la proliferación de la tecnología, la promoción de productos, etc. También se conoce como ralentización más allá de las cadenas de valor (Beyond Value Chain Mitigation, BVCM). “La ampliación de la huella de carbono inversa” se refiere a ampliar las actividades empresariales y sus impactos que producen la huella de carbono inversa para mitigar el cambio climático.

- **Bloqueo del carbono (Carbon “lock-in”)**

Se refiere a un sistema económico (incluidas las infraestructuras, la tecnología, los mecanismos de inversión y los patrones de conducta) que está bloqueado en un modelo tradicional de desarrollo económico con altas emisiones de carbono o en un entorno institucional debido al enorme riesgo de costes hundidos o a la dependencia de la trayectoria, y es incapaz de lograr con éxito la transición hacia la energía con bajas emisiones de carbono. En este informe, se refiere a que determinadas industrias se concentran en ampliar la capacidad de producción durante un período de tiempo e invertir una gran cantidad de capital industrial en tecnologías con emisiones de carbono elevadas o inmaduras, lo que resulta en una situación pasiva en la que es incapaz de equilibrar la reducción de carbono y el riesgo de activos en el futuro periodo de funcionamiento.



Índice

01 Perfil del sector de litio	1
1.1 Origen y desarrollo del litio	2
1.2 El papel crucial del litio en los objetivos de cero emisiones netas	4
• 1.2.1 Apoyar la transición del sistema eléctrico a cero emisiones netas	6
• 1.2.2 Apoyar la construcción de un sistema electrificado de transporte	7
• 1.2.3 Potenciar el sistema energético de edificios de cero emisiones netas	8
02 Principales retos para el sector de litio bajo los objetivos de cero emisiones netas	11
2.1 El desequilibrio entre la oferta y la demanda ralentiza la transición energética	12
2.2 La magnitud imposible de ignorar del crecimiento de las emisiones de carbono de la industria del litio	13
2.3 Posible abandono de activos en plena expansión	18
03 Estrategias clave para el sector del litio bajo los objetivos de cero emisiones netas	19
3.1 Diversificación de las fuentes de mineral de litio	21
• 3.1.1 Construir un sistema diverso de recursos de litio	21
• 3.1.2 Construir un sistema ecológico de extracción de litio	27
3.2 Ecologización del proceso intermedio de extracción de litio	32
• 3.2.1 Reducción de las emisiones de los procesos existentes	32
• 3.2.2 Implantación de procesos flexibles de extracción de litio	48
3.3 Utilización eficiente de los recursos posteriores aguas abajo	53
• 3.3.1 Uso eficiente de los materiales	53
• 3.3.2 Reducción de carbono en la producción de electrodos	56
• 3.3.3 Expansión del escenario de aplicación	57
• 3.3.4 Segmentación del mercado	58
3.4 Reciclaje de materiales de baterías terminales	61
• 3.4.1 Utilización escalonada de la batería de alimentación de energía	62
• 3.4.2 Desmontaje y reciclaje de baterías	64
• 3.4.3 Formulario de empresa de economía circular	69
04 Llamamiento a la acción	75
4.1 Miembros del sector	76
4.2 Sector público	81
4.3 Instituciones financieras	85
Referencias	89
Anexo 2022 Informe sobre divulgaciones financieras relacionadas con el clima de Tianqi Lithium	95
Gobernanza	96
Gestión de estrategia y riesgos	97
Indicadores y objetivos	107

01

Perfil del sector de litio

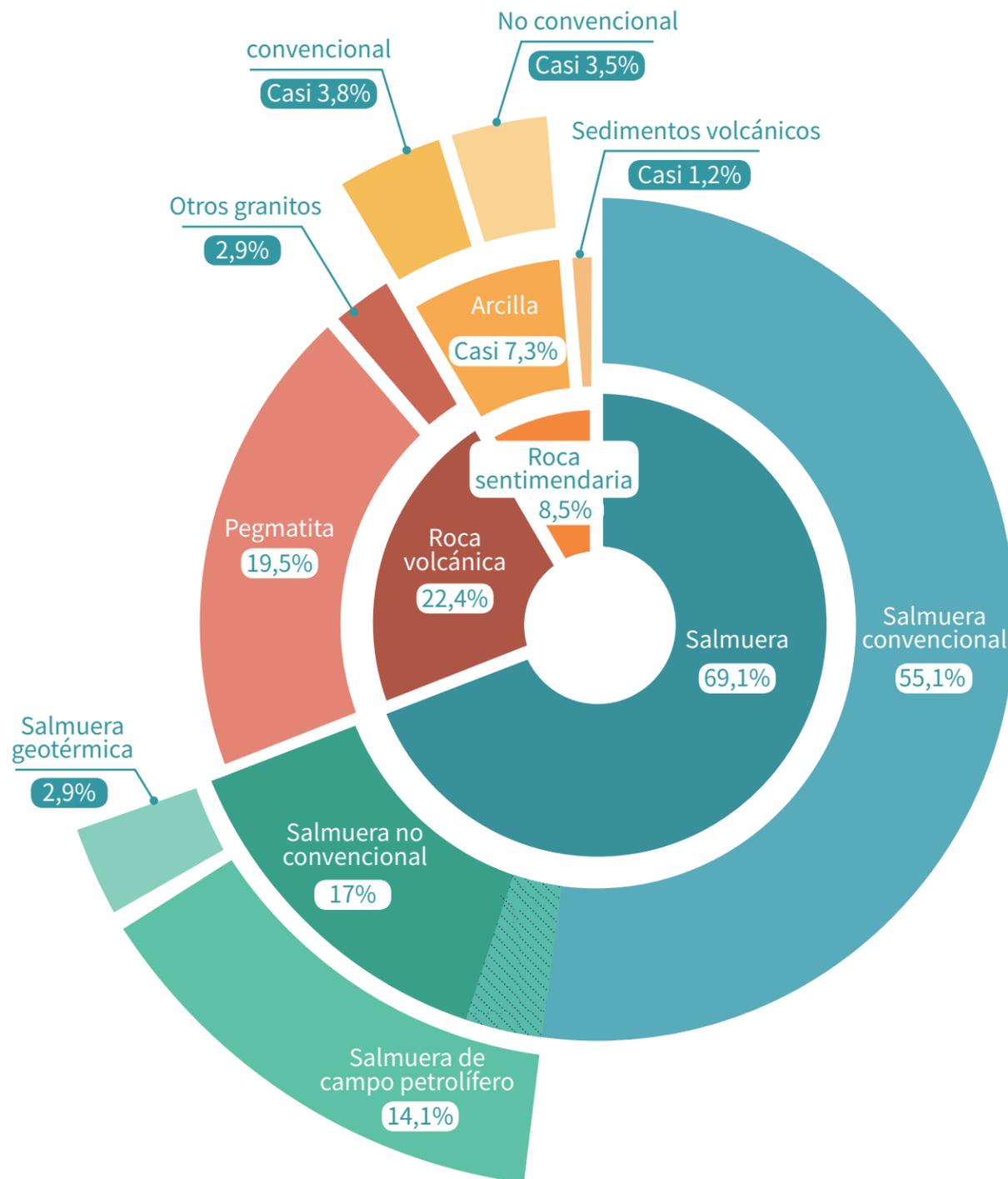
1.1 Origen y desarrollo del litio >>

—Del glutamato monosódico industrial al petróleo blanco

El nombre “litio” procede de la palabra griega lithos, que significa “piedra”. En 1817, el químico sueco Johan August Arfwedson descubrió por primera vez el elemento de litio cuando estudiaba el mineral feldespato. Denominó “litio” al nuevo elemento para indicar que se encontraba en un tipo de piedra.

El litio es el elemento metálico más ligero y menos denso de la tabla periódica de los elementos químicos. El litio metálico es muy reactivo y activo, por lo que rara vez se encuentra en la naturaleza en su forma metálica pura. En cambio, suele encontrarse como compuesto mineral en rocas o salmueras. Las salmueras representan alrededor de dos tercios de las reservas mundiales de litio, principalmente en el “triángulo del litio” (Sterba et al., 2019) de Chile, Argentina y Bolivia.

Las materias primas de litio se procesan en carbonato de litio, hidróxido de litio, cloruro de litio y metal de litio, las cuales se utilizaban en la industria sobre todo en lubricantes, cerámica, vidrio, fundición y metalurgia (Sykes et al., 2019) para mejorar y ajustar las propiedades de diversos materiales y productos químicos, de ahí que sea denominado en sentido figurado como “glutamato monosódico industrial”. En los últimos años, las baterías de iones de litio se han utilizado cada vez más en electrónica, vehículos eléctricos, almacenamiento de energía y otras aplicaciones, ya que el uso de litio en baterías sigue creciendo (Reddy et al., 2020). Debido a su importancia y valor en la tecnología moderna y la industria energética, el litio se conoce cada vez más como el “petróleo blanco” y los “metales energéticos”.



Nota: Las salmueras “no convencionales” forman parte estrictamente de los yacimientos de salmueras y se muestran por separado en este gráfico, ya que todavía no es viable ninguna tecnología de extracción, existe un solapamiento parcial de las reservas entre las salmueras convencionales y las no convencionales.

Figura 1. Distribución mundial del almacenamiento de recursos de litio

1.2 El papel crucial del litio en los objetivos de cero emisiones netas >>

—Del “petróleo blanco” a la “piedra filosofal” en apoyo de la transición energética

En diciembre de 2015, 197 países de todo el mundo adoptaron el Acuerdo de París en la 21.ª sesión de la Conferencia de las Partes celebrada en París, cuyo objetivo es reducir considerablemente las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y limitar el aumento de la temperatura global a 2 °C en este siglo, al tiempo que se buscan medidas para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 °C. Para lograr este objetivo, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero deben reducirse significativamente con respecto a los niveles actuales para alcanzar un nivel cero emisiones netas a mediados del siglo.

Dado que el sector energético es responsable de alrededor de tres cuartas partes de las emisiones de gases de efecto invernadero actuales (Ritchie et al., 2020), impulsar una transición energética limpia será clave para realizar cero emisiones netas en respuesta al Acuerdo de París. Las baterías de potencia y de almacenamiento de energía desempeñarán un papel fundamental en este proceso, lo que otorga a la industria del litio una función importante en el desarrollo de este siglo: como industria clave para apoyar el objetivo de cero emisiones netas, promueve que el litio pase de ser un “petróleo blanco” a una “piedra filosofal” como apoyo a la transición de energía limpia.

La “piedra filosofal” como apoyo a la transición de energía limpia, toma prestado el misterioso elemento (piedra filosofal) en el que se basa la leyenda de la alquimia europea “convertir la piedra en oro”, lo que implica que el litio, como material de almacenamiento de energía, desempeña un papel de “paquete energético” y “estanque regulador” en la transformación energética, permitiendo a la industria del transporte salir de la dependencia de los combustibles fósiles, y también aumentando la capacidad reguladora para la construcción de un nuevo sistema eléctrico con una proporción gradualmente creciente de energías renovables, resolviendo la naturaleza estocástica, intermitente y fluctuante de las energías renovables para eliminar gradualmente su propia huella de carbono, así como ampliar la huella de carbono que ayude al consumo y a la aplicación ecológicos.

» Principales huellas de carbono inversas de litio «



12460 millones de toneladas

Electricidad



4770 millones de toneladas

Transporte



190 millones de toneladas

Construcción

1.2.1 Apoyar la transición del sistema eléctrico a cero emisiones netas

La construcción de un nuevo sistema eléctrico con nuevas fuentes de energía como pilar es una vía importante para alcanzar el objetivo del "doble carbono". Los nuevos sistemas de generación de energía, representados por la energía solar y eólica, se caracterizan por su intermitencia, volatilidad y alta aleatoriedad. En el proceso de sustitución de la energía térmica por la renovable como fuente principal de energía, la construcción simultánea de sistemas de almacenamiento de energía es muy importante para la transición fluida del sistema eléctrico. El despliegue razonable de sistemas de almacenamiento de energía puede suavizar la producción de energía renovable, participar en los servicios auxiliares de la red y en la regulación de picos y frecuencias, y mejorar la capacidad de la energía renovable distribuida para ser utilizada por el cliente.

Actualmente, el almacenamiento hidroeléctrico por bombeo es la tecnología de almacenamiento de energía a escala de red más utilizada en todo el mundo, con una cuota de más del 90%, pero el almacenamiento en baterías está creciendo rápidamente y es la principal fuente de almacenamiento de energía nueva (AIE, 2022d). Bajo el escenario NZE de la AIE (cero emisiones netas, Net Zero Emissions), la capacidad de almacenamiento en baterías a escala de red se multiplicará por 44 hasta alcanzar los 680 GW entre 2021 y 2030, aumentando casi 140 GW sólo en 2030 (AIE, 2022d).

Las baterías de iones de litio tienen el mayor potencial de aplicación en el almacenamiento en baterías debido a su buen rendimiento en términos de potencia, densidad energética, capacidad de respuesta y la forma en que se empaqueta la batería (configuration). De ellas, el litio hierro fosfato, un tipo de batería de iones de litio, es la opción preferida para el almacenamiento de energía a escala de red (AIE, 2022d). En 2021, la inversión mundial en almacenamiento de baterías a escala de red ascendió a 7 mil millones de dólares, y las baterías de iones de litio representaron más del 90% del total de despliegues (AIE, 2022d).

En el sector energético, se espera que la industria del litio contribuya a reducir las emisiones de carbono del sistema energético mundial en 12 460 millones de toneladas hasta 2050 en comparación con 2020, garantizando el funcionamiento estable de los nuevos sistemas eléctricos basados en nuevas fuentes de energía, ayudando al desarrollo de la energía eólica fotovoltaica y a la electrificación del uso de la energía.

*Basado en los cálculos del escenario NZE de la AIE (AIE, 2021b).

1.2.2 Apoyar la construcción de un sistema electrificado de transporte

La ola de electrificación, representada por los vehículos de nueva energía, es la vía más importante para descarbonizar el sector del transporte, especialmente el transporte por carretera. Muchos países y regiones han decretado prohibiciones previstas para los vehículos de petróleo y gasóleo con el fin de promover una rápida descarbonización del sector del transporte.

Los vehículos eléctricos se han convertido en uno de los mercados más dinámicos del sector de las energías limpias en la última década, los cuales han sido impulsados por los objetivos de cero emisiones netas. En 2012, las ventas mundiales de vehículos eléctricos ligeros apenas alcanzaron las 120 mil unidades, una cifra que ha aumentado hasta los 13,8 millones en 2022 (AIE, 2023). En el escenario NZE de la AIE, las ventas mundiales de vehículos eléctricos ligeros alcanzarán los 56 millones de unidades en 2030, con una cuota de mercado superior al 64%, y en 2050 casi todos los vehículos ligeros vendidos serán eléctricos (AIE, 2021b).

Los electrodos de litio son el material de electrodo más deseable para las baterías eléctricas. En comparación con otros materiales de electrodos, los electrodos de litio tienen una mayor densidad energética teórica y pueden proporcionar una mayor capacidad de descarga y una mayor autonomía para el mismo volumen o peso de material. Las baterías de litio-níquel-manganeso-cobalto (60%), litio-fosfato de hierro (30%) y litio-níquel-cobalto-aluminio (8%) representaron casi todo el mercado de baterías de potencia para vehículos ligeros en 2022 (AIE, 2023).

En el sector del transporte, al contribuir a la electrificación de los vehículos, la industria del litio ayudará a reducir las emisiones mundiales de carbono de automóviles de pasajeros, vehículos comerciales ligeros y camiones pesados en 4 770 millones de toneladas para 2050 en comparación con 2020.

*Basado en cálculos del escenario NZE de la AIE (AIE, 2021b).

Nota: Vehículos ligeros = Automóviles y furgonetas; camiones pesados = camiones de transporte de mercancías medianos y pesados.

1.2.3 Potenciar el sistema energético de edificios de cero emisiones netas

Según el análisis de la AIE, todos los edificios nuevos deberían estar preparados para carbono cero en 2030 y más del 85% de los edificios deberían prepararse para realizar cero emisiones netas en 2050 con el fin de contribuir a los objetivos del Acuerdo de París (AIE, 2022a). Un edificio preparado para carbono cero es un tipo de edificio de alta eficiencia energética, bajas emisiones de carbono y sostenible desde el punto de vista medioambiental, cuyo funcionamiento se basa en nuevas soluciones integradas para los sistemas de energía, en los que el almacenamiento de energía en el edificio proporciona una garantía fiable.

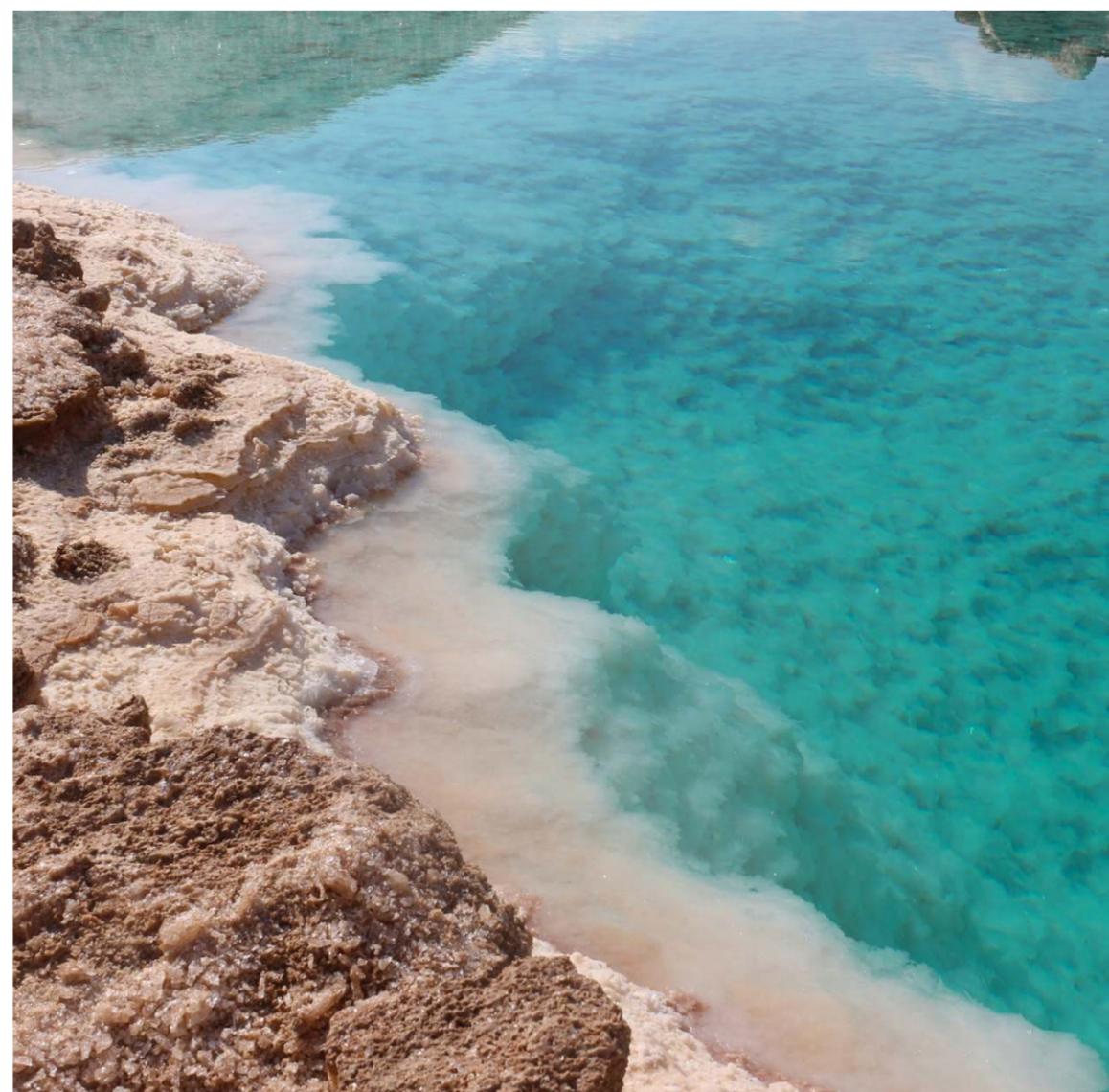
En concreto, los sistemas de almacenamiento de energía en edificios garantizan que estos estén “totalmente conectados a la red” y “aprovechen al máximo la energía renovable”. En el sistema de tecnología “PSDF” (fotovoltaico, almacenamiento, corriente continua, consumo flexible), la unidad de almacenamiento de energía del edificio actúa como un “cargador portátil” en la microrred de DC (corriente directa), amortiguando y almacenando la energía fotovoltaica diurna para satisfacer las necesidades de energía nocturna del edificio, lo que permite una regulación eficaz de la elevada proporción de sistemas de energía renovable, al tiempo que mejora la calidad de la generación y el consumo de electricidad del edificio. Esto permite una regulación eficaz de la proporción elevada de sistemas de energía renovable, al tiempo que mejora la calidad de la generación y el consumo de electricidad en los edificios.

Según los análisis, si 35 mil millones de metros cuadrados de edificios residenciales y 10 mil millones de metros cuadrados de edificios de oficinas de las ciudades y pueblos de China adoptan este modelo de distribución, y se conectan 300 millones de vehículos eléctricos, se podrán almacenar y consumir 4 mil millones de kW de energía eólica y solar, lo que equivale al 60% de los 7 mil millones de kW de energía eólica y solar previstos para China (Equipo del proyecto de estudios de la ruta del desarrollo estratégico de PSDF de China, 2022).

Se estima que después de 2030, las necesidades de almacenamiento de energía de los edificios se conviertan en un importante escenario de aplicación para las baterías de iones de litio. Las instalaciones de “la integración de luz, almacenamiento y carga” basadas en baterías de iones de litio no solo son una parte importante del sistema tecnológico de “PSDF”, sino también una iniciativa importante para apoyar la descarbonización de la industria del transporte.

En el sector de construcción, la industria del litio ayudará a reducir las emisiones de carbono relacionadas con la electricidad en este sector en 190 millones de toneladas para 2050 en comparación con 2020, proporcionando equipos de almacenamiento de energía para edificios que dependan de energías renovables para su suministro eléctrico.

*Basado en cálculos del escenario NZE de la AIE (AIE, 2021b).



02

Principales retos para el sector de litio bajo los objetivos de cero emisiones netas

2.1 El desequilibrio entre la oferta y la demanda ralentiza la transición energética »

El litio es uno de los metales clave que influyen en la transición de energía limpia a nivel mundial y es el metal con el mayor aumento en la demanda. En el escenario NZE de la AIE, la demanda mundial de litio aumentará de 74 mil toneladas de LCE en 2020 a 3,65 millones de toneladas de LCE en 2030 (AIE, 2022b).

El aumento de la demanda de vehículos eléctricos es el principal impulsor del crecimiento de la demanda de litio. En el escenario NZE de la AIE, las ventas mundiales de vehículos eléctricos alcanzarán los 56 millones de unidades en 2030, momento en el que la demanda de litio procedente únicamente de los vehículos eléctricos alcanzará los 2,62 millones de toneladas de LCE (AIE, 2021b).

El suministro de litio preocupa a la industria, ya que las ventas mundiales de vehículos eléctricos crecerán mucho más rápido de lo previsto en 2021 y la demanda de litio crecerá mucho más rápido que la oferta, a pesar de que la producción mundial de litio aumentará un 32% interanual ese mismo año (McKinsey, 2022). Aunque los países productores están ampliando su capacidad para satisfacer la creciente demanda, el equilibrio entre la oferta y la demanda de litio podría alterarse a partir de 2025 (por ejemplo, Figura 2). Una volatilidad de precios imprevista o un suministro poco fiable podrían ralentizar la transición energética y amenazar la venta y adopción de vehículos eléctricos, dando lugar a un mercado desconectado.

diez mil toneladas



Figura 2. El desfase entre la producción comprometida y la demanda de litio (AIE,2021; AIE,2021C)

2.2 La magnitud imposible de ignorar del crecimiento de las emisiones de carbono de la industria del litio >>

El bajo porcentaje de litio en sus formas naturales, y el elevado consumo energético y químico del proceso de extracción conllevan que las emisiones por unidad de producto de litio producido son muy superiores a las de productos industriales maduros como el acero y el cemento. Si se utiliza la tecnología actual para satisfacer la demanda en rápido crecimiento, las emisiones anuales del sector del litio podrían alcanzar los 30 millones de toneladas en 2030 (IRENA, 2022).

Emisiones de carbono por unidad de producción
tCO₂e/t

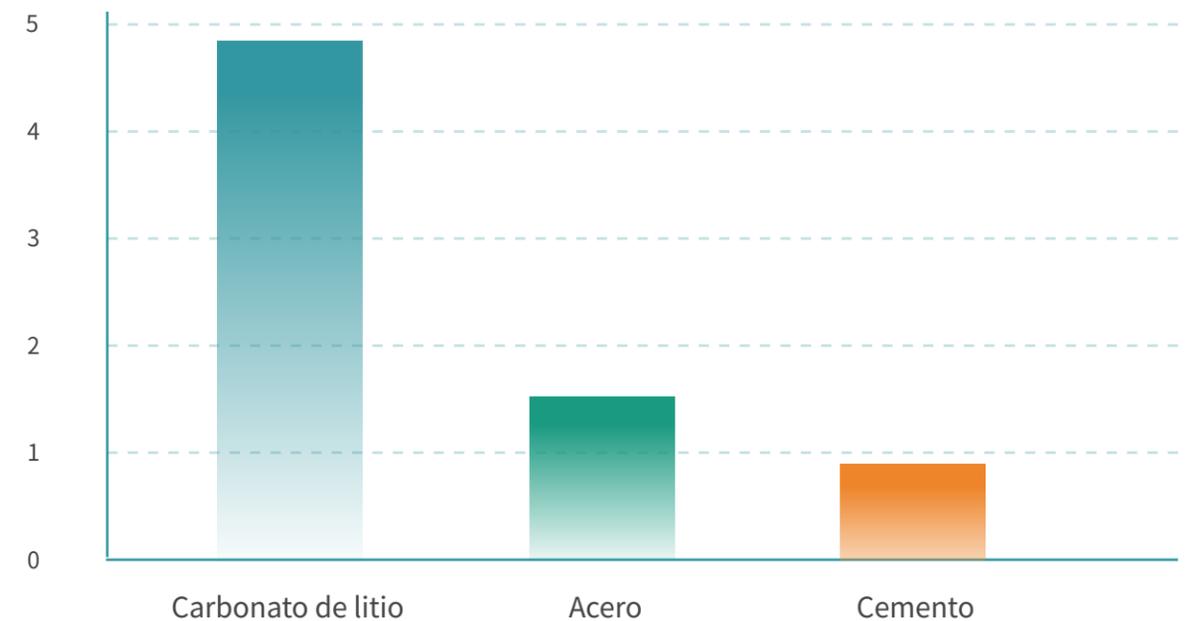


Figura 3. Intensidad media de las emisiones de GEI de la producción de carbonato de litio, acero y cemento (Fayomi et al, 2019; IEA, 2021c)

Las tecnologías de extracción de litio que consumen mucha energía tienen una ventaja, pero pueden plantear un riesgo de "bloqueo del carbono". Ante el aumento de la demanda de litio, se han puesto en marcha y anunciado nuevos planes de extracción de litio, principalmente de proyectos de roca dura. La tecnología de extracción y refinado de roca dura está más desarrollada que la de extracción de litio en lagos salados, tiene un ciclo de producción más corto y una materia prima de mejor calidad para el procesamiento de carbonato de litio e hidróxido de litio para baterías. Sin embargo, la intensidad de carbono de la extracción de litio en roca dura es actualmente significativamente superior a la de la extracción de litio en lagos salados.

Emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada de producción equivalente al carbonato de litio
tCO₂e/t

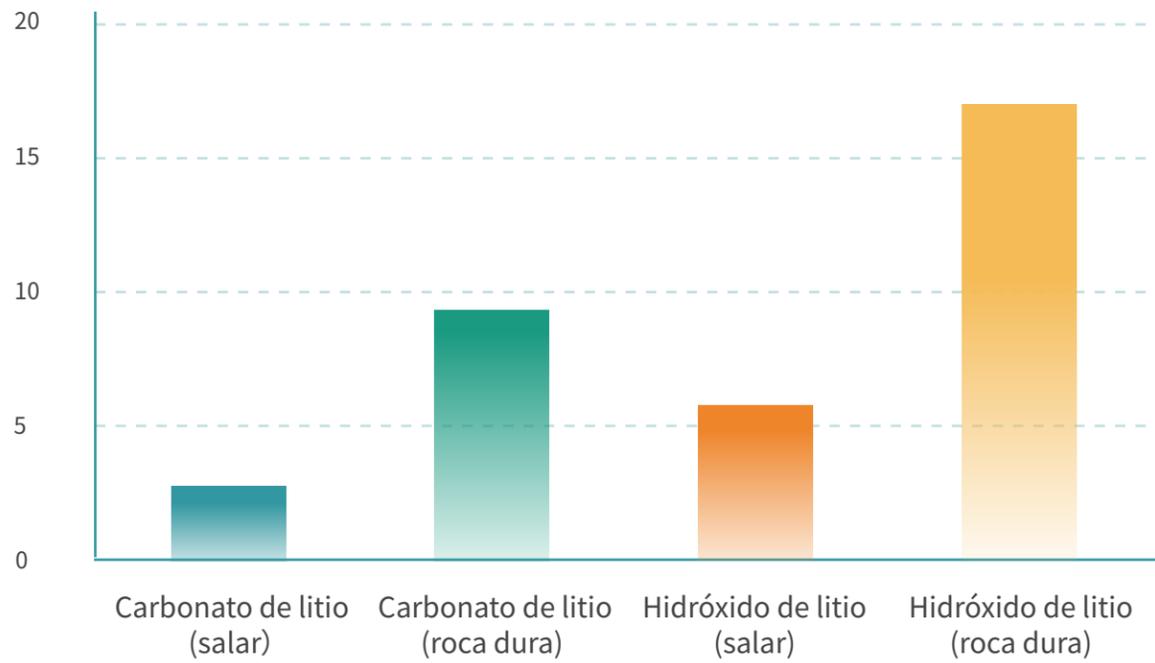


Figura 4. Intensidad de las emisiones de GEI del litio por tipo de recurso y vía de transformación (IEA, 2021c)

El bloqueo del carbon se refiere a un sistema económico (incluidas las infraestructuras, la tecnología, los mecanismos de inversión y los patrones de conducta) que está bloqueado en un modelo tradicional de desarrollo económico con altas emisiones de carbono o en un entorno institucional debido al enorme riesgo de costes hundidos o a la dependencia de la trayectoria, y es incapaz de lograr con éxito la transición hacia la energía con bajas emisiones de carbono. En este informe, se refiere a que determinadas industrias se concentran en ampliar la capacidad de producción durante un período de tiempo e invertir una gran cantidad de capital industrial en tecnologías con emisiones de carbono elevadas o inmaduras, lo que resulta en una situación pasiva en la que es incapaz de equilibrar la reducción de carbono y el riesgo de activos en el futuro periodo de funcionamiento.

El mercado y la normativa están imponiendo restricciones a la "huella de carbono" de las baterías de litio. Las emisiones de carbono incorporadas en la producción de baterías de energía y el litio y otras materias primas están recibiendo una mayor atención a medida que los fabricantes de vehículos de nueva energía establecen objetivos de emisiones, los gobiernos incorporan objetivos netos cero en los requisitos legales y los reguladores introducen normativas relacionadas con las baterías.

Fabricantes de vehículos de nueva energía

Muchas empresas automovilísticas ya han fijado objetivos de emisiones netas cero para sus cadenas de valor, como BMW (BMW Group, 2021) y Volkswagen (Volkswagen, 2021). Las emisiones de los materiales de los electrodos de litio son una parte importante de la huella de carbono de la fabricación de vehículos eléctricos. Lograr cero emisiones netas en la cadena de valor del automóvil requerirá la actuación de la industria del litio.

Principales leyes y reglamentos del mercado

Tomemos como ejemplo a la UE, cuya ley climática especifica el objetivo de lograr para la economía europea la neutralidad de carbono para 2050. Al mismo tiempo, su normativa sobre baterías, la cual fue anunciada recientemente, impone requisitos más estrictos sobre la sostenibilidad de las baterías eléctricas, incluidas las huellas de carbono de los productos y el contenido reciclado (véase el Tabla 1). Esto también servirá de modelo para iniciativas reguladoras en otros países.



Tabla 1: Requisitos actualizados del Reglamento de la UE sobre pilas en relación con la huella de carbono y el contenido reciclado de los productos (Parlamento Europeo, 2023)

<p>Huella de carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A partir del 1 de enero de 2025, las pilas eléctricas deberán ir acompañadas de una declaración de la huella de carbono • A partir del 1 de julio de 2026, las pilas eléctricas deberán llevar una etiqueta de clasificación de la huella de carbono. • A partir del 1 de enero de 2028, las pilas eléctricas deberán cumplir unos umbrales máximos de huella de carbono (aún no publicados).
<p>Contenido reciclado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A partir del 1 de julio de 2028, las pilas eléctricas deberán ir acompañadas de documentación que indique el contenido de material reciclado. • A partir del 1 de julio de 2031, las pilas eléctricas deberán incluir un mínimo del 6% de litio reciclado. • A partir del 1 de julio de 2036, las pilas eléctricas deberán incluir un mínimo del 12% de litio reciclado.



2.3 Posible abandono de activos en plena expansión >>

El cambio climático es uno de los principales riesgos que provocan activos bloqueados para las industrias basadas en recursos. En la actualidad, la industria del litio aún no está preparada para un balance cero en términos de tecnología de producción y, por tanto, necesita encontrar un equilibrio entre la mejora de la capacidad de suministro y la reducción de las emisiones de carbono. Si se tienen en cuenta los diversos recursos minerales y los procesos de extracción del litio se disponen con flexibilidad, salvaguardando al mismo tiempo la necesidad de una transición hacia una energía limpia, se puede evitar que los activos queden bloqueados en tecnologías con altas emisiones de carbono, en un corto periodo de tiempo, esto como resultado de una expansión intensiva de la producción que utilice los procesos existentes.

La evolución de la tecnología de extracción de litio en lagos salados influirá en las opciones de desarrollo de la industria. En la actualidad, la extracción de litio del lago salado está limitada por ciclos de producción largos y una calidad inestable, y se encuentra en desventaja para competir con proyectos de roca dura a mayor escala. Sin embargo, el litio del lago salado tiene grandes reservas y bajas emisiones de carbono del proceso de extracción. En consecuencia, cuando maduren las tecnologías emergentes de extracción del litio de lago salado, esta puede tener una ventaja en términos de escala, coste y niveles de emisión de carbono, lo que repercutirá en los proyectos de roca dura y refinado auxiliar que aún no han recuperado su inversión.

La evolución de la tecnología de refinado con bajas emisiones de carbono repercutirá en el valor de los activos de la cadena intermedia. Aún queda mucho margen de mejora en la combinación y la eficiencia energéticas, así como en los niveles de emisión de carbono de los procesos de refinado de litio de roca dura basados en el método de tostación con ácido sulfúrico. La consideración del rápido desarrollo de tecnologías térmicas limpias y eficientes puede tener un impacto significativo en la valoración de la capacidad de refinado para grandes tamaños de inversión.

03

Estrategias clave para el sector del litio bajo los objetivos de cero emisiones netas

El litio es uno de los minerales clave más importantes del planeta para la transición hacia una energía limpia. Para que el litio deje de ser un "petróleo blanco" y se convierta en una "piedra filosofal" que apoye la transición energética, la industria del litio debe tomar medidas eficaces para abordar los retos a los que se enfrenta. Esta sección analiza las estrategias clave para abordar los retos en diferentes partes de la cadena de valor de la industria del litio y propone cuatro medios para apoyar el avance de la industria hacia las emisiones netas cero.



Diversificación

de las fuentes de mineral de litio aguas arriba



Ecologización

de los procesos intermedios de extracción de litio



Utilización eficiente

de los recursos aguas abajo



Regeneración

de los materiales de las baterías al final del proceso

Selecciones de extracción de litio

Extracción y clasificación de recursos primarios de litio



Procesamiento del material del electrodo de litio (carbonato de litio/hidróxido de litio)

Concentrado de litio / salmuera concentrada / carbonato de litio bruto / Refinado a carbonato de litio/hidróxido de litio para baterías



Fabricación de electrodos de litio

Materiales de carbonato de litio / hidróxido de litio Sinterizados en cátodos de baterías



Producción célula de batería-módulo de batería

Los electrodos positivo y negativo, el diafragma y el electrolito se ensamblan en una célula de batería y se empaquetan con el sistema de control de la batería para formar un módulo de batería.



Fabricación de vehículos eléctricos

Embalaje del paquete de baterías: acceso en el chasis del vehículo/la unidad de almacenamiento de energía para completar el montaje de la carrocería /el sistema de almacenamiento de energía.



Reciclado de baterías y regeneración

Reciclar pilas, repararlas y reutilizarlas, o desmontarlas y triturarlas para separar el níquel, el cobalto, el litio y otros materiales metálicos del material del electrodo positivo para su reutilización.



Extracción

Extracción de recursos de litio convencionales (piroxeno, lago salado), procesamiento de recursos de litio no convencionales, concentrado de litio, salmuera concentrada, carbonato de litio bruto como materias primas primarias.

Refino

Producción de carbonato de litio o hidróxido de litio para baterías a partir de concentrado de litio, salmuera y refinado de carbonato de litio crudo.

Aplicación

Baterías de alto rendimiento de carbonato de litio o hidróxido de litio para baterías

Reciclaje

Reutilización de productos retirados de las pilas o regeneración como materiales de electrodos

Figura 5. Representación diagramática de la cadena de valor de la industria del litio

3.1 Diversificación de las fuentes de mineral de litio >>

3.1.1 Construir un sistema diverso de recursos de litio

En la actualidad, la extracción de recursos de litio realizada y prevista procede principalmente de proyectos de roca dura, sobre todo porque el ciclo de producción de la extracción de litio de mineral es significativamente más corto que el de la extracción de litio de lago salado y el aumento de la capacidad es más rápido. (IRENA, 2022). Sin embargo, las salmueras representan aproximadamente dos tercios de las reservas mundiales de litio (Sterba et al., 2019), para satisfacer la creciente demanda de litio, la industria del litio debe esforzarse por aumentar su cuota de mercado en la extracción de litio de lagos salados, con el fin de construir un sistema diversificado de recursos de litio.

La gran variación del proceso y la escasa madurez de la extracción de litio de los lagos salados son factores importantes que limitan el desarrollo de la misma. La composición de los lagos salados varía de una región a otra y la dotación de recursos es muy variable. Los lagos salinos de Sudamérica son predominantemente carbonatados con bajo contenido en magnesio y recursos de litio de alta calidad, que pueden obtenerse a partir de salmueras de litio mediante precipitación por evaporación o extraerse como carbonato de litio bruto como materia prima primaria (Xu et al., 2021). Muchos procesos de extracción de litio se encuentran todavía en fase de exploración, y muchos de los proyectos ya en funcionamiento son de escala limitada o de alto coste, o la calidad no está a la altura de los requisitos de los productos de grado batería (Xu et al., 2021).

Otros recursos de litio, como los minerales no convencionales (como la mica, la arcilla, etc.), las salmueras no convencionales y los recursos secundarios de litio [procedentes del proceso de extracción y fabricación de escorias de litio (se denominan simplemente “escorias de litio”), el reciclado de baterías de litio, etc.] también han recibido recientemente

una atención creciente por parte de la industria, y varias tecnologías nuevas de extracción de litio ya tienen proyectos de demostración; sin embargo, aún faltan aplicaciones a gran escala debido a factores como la escasa madurez del proceso, la baja calidad del producto, el bajo rendimiento de la producción y los elevados costes.

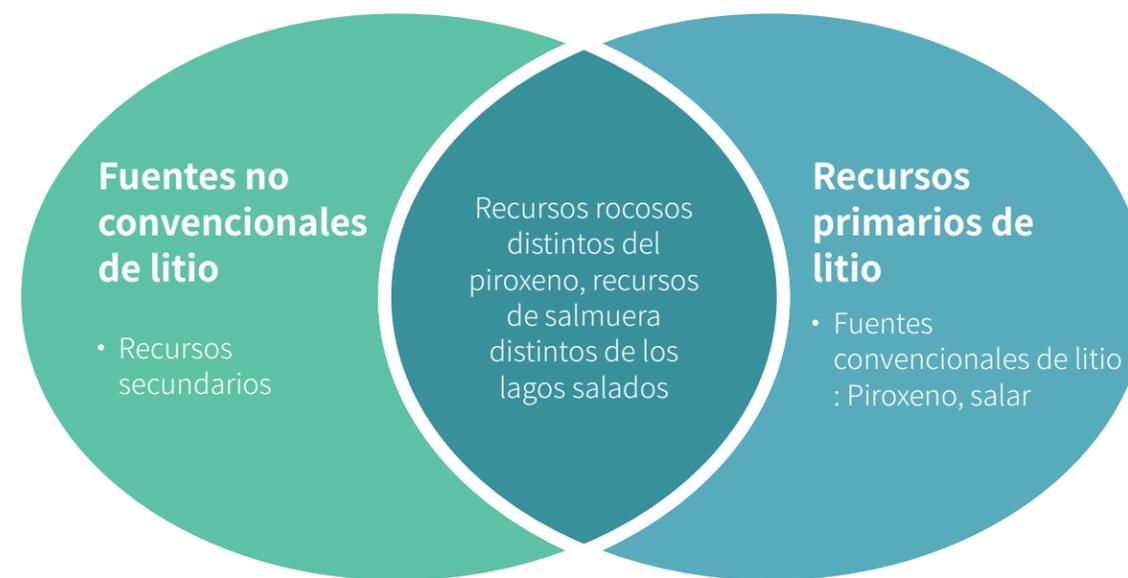


Figura 6. Clasificación de las fuentes de litio

La innovación continua en la tecnología de extracción es clave para construir un sistema diversificado de recursos de litio. Las empresas con tecnología de extracción de litio de minerales o lagos salados deben centrarse en optimizar su combinación de procesos, reducir los costes de extracción y procesamiento y las emisiones de carbono, y utilizar otros recursos de litio no convencionales como complemento importante para satisfacer la demanda de litio en el marco del objetivo de emisiones netas cero. Los avances tecnológicos darán rienda suelta a la productividad de la extracción de litio de lagos salados y minas de litio no convencionales e impulsarán la evolución del panorama industrial, en el que la oportunidad, el coste y el consumo de energía serán los principales factores de influencia. En la Tabla 2 se resumen las tecnologías habituales de explotación de recursos de litio primarios convencionales, primarios no convencionales y secundarios, así como sus ventajas e inconvenientes.

Tabla2. Tecnologías diversificadas de desarrollo de recursos de litio (Gao et al., 2023; He Fei et al., 2022; Xu Lu, 2021; Zhang Xiufeng, 2020)

Tipo de recursos de litio	Técnica	Productos	Proceso de la técnica	Ventajas	desventajas
Recursos convencionales primarios	Piroxeno	Concentrado de litio	Los dos métodos principales son la flotación positiva y la flotación inversa. El mineral finalmente molido se añade a un medio alcalino fuerte, se agita, se friega y se deslimita varias veces, y se añade la trampa aniónica para seleccionar directamente el concentrado de litio (flotación positiva); o bien se añade un supresor de litio al medio alcalino y se añade la trampa catiónica para seleccionar inversamente los demás minerales, dejando el concentrado de litio (flotación inversa).	Un método bien investigado, técnicamente desarrollado y ampliamente aplicable para la eliminación de sulfuros, cuarzo, mica, feldespato, etc.	Costes de inversión más elevados que el método de reelección.
			Aprovechando las diferentes propiedades de algunos minerales de veta y minerales de piroxeno de litio, los minerales se destruyen selectivamente mediante calentamiento y enfriamiento para separar selectivamente el piroxeno de litio.	El índice de recuperación es elevado.	Elevado consumo de energía debido a las altas temperaturas necesarias para la tostación y a la falta de recuperación integrada de otros componentes metálicos útiles.

Tipo de recursos de litio	Técnica	Productos	Proceso de la técnica	Ventajas	desventajas
Recursos convencionales primarios	Extracción en bruto en salar	Carbonato de litio	Una vez evaporada y concentrada la salmuera, se añade cal para eliminar los iones de magnesio y, a continuación, carbonato sódico para precipitar el carbonato de litio.	Aplicación temprana, proceso maduro y alta fiabilidad.	Sólo apto para lagos salinos con bajo contenido en magnesio, largo ciclo de producción.
			El carbonato de litio se obtiene a partir de salmueras sulfatadas mediante lixiviación para eliminar el magnesio, tostación, eliminación secundaria del magnesio mediante ceniza de sosa y emulsión de caliza y, a continuación, vaporización hasta sequedad.	Alta recuperación de litio y proceso sencillo, también adecuado para la extracción de litio de relaves.	Alto índice de recuperación de litio, alto consumo de agua y fácil corrosión del equipo.

Tipo de recursos de litio		Técnica	Productos	Proceso de la técnica	Ventajas	desventajas	
Recursos primarios no tradicionales		Extracción de litio a base de salmuera	Depósito de sedimentos	Salmuera concentrada / Carbonato de litio	La salmuera depositada se extrae del subsuelo y se lleva a la superficie para su secado y, a continuación, se concentra y precipita, de forma similar al proceso de extracción de litio a partir de lagos salados.	Se puede acoplar a la extracción de pozos petrolíferos y a la extracción geotérmica con alta concentración de litio.	Alto riesgo medioambiental y baja eficiencia de producción.

Tipo de recursos de litio		Técnica	Productos	Proceso de la técnica	Ventajas	desventajas	
Recursos primarios no tradicionales		Extracción de litio a partir de mica de litio	Carbonato de litio	Extracción de litio por calcinación de sales complejas (calcinación de sulfatos)	El mineral de litio tostado se mezcla con un exceso de sulfato de potasio (o sulfato de calcio o una mezcla de ambos) para convertirlo en sulfato de litio, el cual luego se lixivia con ácido sulfúrico diluido y la solución de litio se purifica y precipita para obtener carbonato de litio.	La tasa de lixiviación es relativamente alta, mientras que el proceso resulta sencillo y el equipo es menos corrosivo.	Elevados caudales de material, altas temperaturas de reacción y un consumo de energía relativamente alto.
		Extracción de litio de la arcilla	Carbonato de litio	Tostación/lixiviación ácida	Proyecto Thacker Pass de la compañía Lithium Américas: la arcilla de litio se lixivia con ácido sulfúrico, se cristaliza por evaporación y se precipita con carbonato sódico para obtener carbonato de litio; Proyecto ClaytonValley de la compañía Cypress : la solución de litio se lixivia con ácido sulfúrico y se purifica y concentra para obtener carbonato de litio.	Combina las ventajas de la velocidad y el coste de extracción del litio del lago salado, con altos índices de recogida de litio y la capacidad de coproducir otros productos de la sal.	De mala calidad, baja recuperación de litio, actualmente en fase de investigación.

Tipo de recursos de litio		Técnica	Productos	Proceso de la técnica	Ventajas	desventajas
Recursos primarios no tradicionales	Extracción de litio de la arcilla	Lixiviación de sustitución de cationes	Carbonato de litio	<p>Patente Tesla 2021: proceso de extracción de litio por lixiviación en solución acuosa de arcilla, es decir, después de la molienda de bolas de arcilla y cloruro sódico saturado, control del proceso para evitar la lixiviación de otras impurezas, lixiviación de iones de litio de la arcilla; proyecto de la empresa Sonara: arcilla mezclada con carbonato cálcico, sulfato sódico, sulfato potásico, después de la molienda y el tostado, molienda de polvo y lixiviación de carbonato de litio con agua.</p>	Se evita el tostado a alta temperatura y el uso de lixiviación con ácido sulfúrico, lo que conlleva un bajo consumo de energía y el respeto del medio ambiente.	Difícil control del proceso y altos niveles de impurezas.

Tipo de recursos del litio		Técnica	Producto	Proceso de la técnica
Recursos secundarios	Salmuera subproducto de la industria	Depósito de sedimentos	Carbonato de litio	Mismo proceso que las salmueras subterráneas para la extracción de litio. Por ejemplo, salmueras de yacimientos petrolíferos, salmueras de subproductos de desalinización.
	Escoria de litio, subproducto industrial	Tostación/lixiviación ácida	Carbonato de litio	De forma similar al proceso de extracción del litio en arcilla, el carbonato de litio suele coproducirse en un proceso de extracción de tierras raras o fluoruros.
	Recuperación positiva de materiales	Tostación/lixiviación ácida	Carbonato de litio	Las empresas domésticas ya han realizado la preparación de carbonato de litio de grado de batería a partir de residuos de fosfato de hierro de litio como materia prima a través del tostado al fuego, la lixiviación con ácido clorhídrico, la transformación y deshidratación, la deshidratación alcalina y la precipitación del litio por carbonato sódico.

3.1.2 Construir un sistema ecológico de extracción de litio

3.1.2.1 Eficiencia de los recursos energéticos en las zonas mineras

Mejora de la eficiencia del proceso de extracción del mineral de litio

Las técnicas como la extracción de piroxeno de litio y la extracción de crudo por salmuera requieren el uso de equipos eléctricos de alta potencia, como compresores de aire, ventiladores, bombas e instalaciones giratorias. Normalmente, el consumo de energía de las operaciones de trituración y molienda de minerales representa entre el 40% y el 80% del procesamiento de minerales (Zhang Chengqiang, 2003). Este consumo puede reducirse mediante la mejora de los equipos de molienda, la adición de coadyuvantes de molienda, la aplicación de la automatización de las operaciones minerales y la optimización y acortamiento del procesamiento de minerales (Zhang Chengqiang, 2003).

Mejora de la eficacia de la evaporación en la extracción de litio a partir del lago salado.

El proceso tradicional de concentración de salmuera se aprovecha de la energía solar en estanques de evaporación, pero presenta una baja productividad y un ciclo de larga duración. Para optimizarlo, se pueden instalar dispositivos innovadores de placas fototérmicas sobre el estanque de evaporación, convirtiendo la luz solar en radiación infrarroja media, la cual es fuertemente absorbida por el agua para reducir los tiempos de evaporación y los ciclos de producción. Con este método, la eficiencia de la evaporación puede incrementarse en más de un 100% para reducir los tiempos de evaporación y los ciclos de producción (Menon et al., 2020).

Exploración del uso integral de las escorias

Como ejemplo, en el caso del piroxeno de litio, cabe señalar que su escoria de litio clasificada puede sustituir a la arcilla como materia prima para la calcinación en hornos verticales, la adición de cemento, la producción de baldosas cerámicas vidriadas, así como reemplazar parte del cemento para la preparación de hormigón (He et al., 2018; Lemoug-

na et al., 2019; Tan et al., 2018). Por lo tanto, las empresas de fases anteriores pueden seguir explorando el reciclaje de las escorias de litio a fin de conseguir un aprovechamiento eficiente de los recursos de litio. En particular, el uso de los principios activos de las escorias de litio para sustituir parcialmente el clínker de cemento y preparar materiales de construcción prefabricados de hormigón con CO₂ ofrece una nueva solución para secuestrar químicamente el CO₂ y, al mismo tiempo, hacer realidad el uso integral de las escorias de litio.

3.1.2.2 Energía verde para zonas mineras

La clave para lograr la extracción neta cero reside en maximizar la utilización de energía renovable de las minas y conseguir que la extracción sea 100% ecológica. Independientemente de si se trata de minas o lagos salados, la mayoría de las zonas ricas en litio del mundo gozan de óptimas condiciones de luz y se encuentran a cielo abierto, lo que suele exigir la construcción de microrredes en paralelo al proceso del desarrollo de estas minas para satisfacer las necesidades energéticas operativas.

Tomando como ejemplo los recursos de los lagos salados de Tíbet y Qinghai en China, cuyos lumínicos locales pertenecen todos a zonas de Clase I o Clase II y reúnen buenas condiciones propicias para la construcción de centrales fotovoltaicas. Por tanto, el despliegue de unidades fotovoltaicas y de almacenamiento de energía permitirá el aprovechamiento de la electricidad fotovoltaica para satisfacer las necesidades energéticas de las instalaciones mineras. En cuanto a la zona minera de piroxeno de litio, se puede promover conjuntamente la construcción de centrales fotovoltaicas y proyectos de restauración ecológica. En caso de que la microrred de la mina esté conectada a la red principal, puede enviarse a través de la red la energía fotovoltaica que no pueda consumirse en el emplazamiento minero para obtener los ingresos de éste. En

el caso de las minas que no cumplan las condiciones para construir una central, también se puede conseguir un 100% de energía verde comprando energía renovable.

3.1.2.3 Modelo de transporte con bajas emisiones de carbono para zonas mineras

El proceso de extracción de piroxeno de litio requiere el funcionamiento continuo de los camiones de la mina, lo que suele generar un gran consumo de gasóleo y emisiones. Por lo tanto, se propone sustituir los vehículos mineros por camiones impulsados por pilas de combustible de hidrógeno y utilizar microrredes mineras y/o instalaciones fotovoltaicas a fin de preparar hidrógeno verde dentro de la mina para los camiones, lo que es económico y puede lograr una emisión neta in situ. En la actualidad, ya existen ejemplos de camiones mineros de 100 toneladas con este tipo de batería, como el prototipo de camión minero híbrido eléctrico de hidrógeno de Anglo American en Sudáfrica, que combina la electricidad renovable y la producción y repostaje de hidrógeno, con múltiples módulos de pila de combustible que juntos proporcionan hasta 800 kW de potencia (Anglo American, 2022).



Foco en Tianqi

Diversificación de los recursos de litio

Por el momento, la principal fuente de materia prima de la empresa procede del piroxeno de litio de Australia, cuyo proceso de sulfato, de eficacia probada, permite a Tianqi seguir suministrando al mercado un producto fiable. La empresa también reconoce que el salar, como mayor fuente de reservas de litio del mundo, desempeñará un papel cada vez más relevante en el rápido crecimiento de la demanda de litio, y que la extracción de litio del salar también constituye una fuente potencial de litio para los objetivos de emisión neta cero.

Con vistas a garantizar la disponibilidad de los recursos de las salinas, Tianqi viene desplegando una intensa actividad en el país y en el extranjero a través de adquisiciones e inversiones. En agosto de 2014, adquirió una participación del 20% en Rikaze Zabuye, que posee derechos de exploración sobre el lago salado de Zabuye, situado en la región autónoma china del Tíbet con unos recursos de litio estimados en 1,79 millones de toneladas de LCE. En diciembre de 2018, completó la adquisición de una participación del 23,77% en la compañía SQM de Chile, un proveedor líder a nivel mundial de productos de litio con más de dos décadas de experiencia en la extracción de litio de lagos salados, al tiempo que su salmuera de litio en el desierto de Atacama contiene altas concentraciones de litio y grandes reservas.

Fomento de la estabilización de objetivos de carbono cero en las minas upstream

Talison Lithium, proveedor de concentrado de litio de Tianqi Lithium, se ha fijado, hasta 2030, el objetivo de expandir la producción sin aumentar la intensidad de carbono, así como el lograr cero emisiones netas en el Alcance 1 y 2 para 2050 o antes. Con objeto de alcanzar este objetivo, Talison Lithium ha aprovechado al máximo las oportunidades y está formulando un plan de descarbonización en línea con la evolución de las tecnologías. Hasta la fecha, Talison Lithium ha venido utilizando diésel de alta calidad a fin de mejorar la eficiencia del combustible, además de haber incorporado equipos auxiliares y vehículos eléctricos ligeros y de bajas emisiones.



3.2 Ecologización del proceso intermedio de extracción de litio >>

3.2.1 Reducción de las emisiones de los procesos existentes

La tostación con ácido sulfúrico es el principal método actual de extracción de litio a partir de minerales, ampliamente utilizado en la industria debido a su elevada tasa de extracción de litio y a la sencillez del proceso, mientras que otros métodos como el prensado con álcali, el tostado con sulfato y el tostado con cloruro, resultan actualmente poco rentables o inviables (Zhang Xiufeng, 2020). Por lo tanto, esta subsección se centra en las estrategias de descarbonización en torno a la torrefacción de ácido sulfúrico, que también resultan relevantes para los demás métodos de preparación de sales de litio similares.

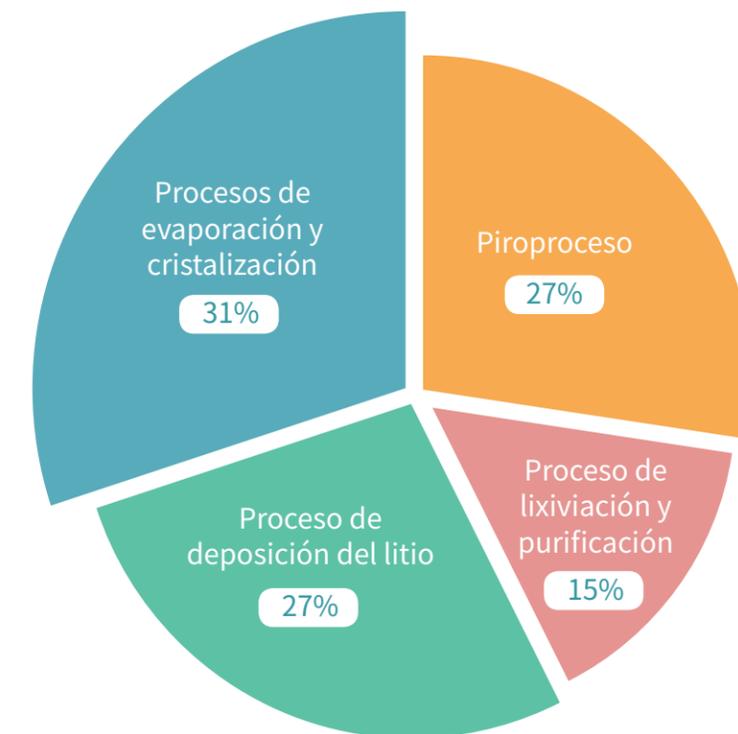


Figura 7. Distribución del consumo de electricidad en la producción de carbonato de litio mediante torrefacción con ácido sulfúrico (Du Guoshan, 2020)

3.2.1.1 Eficiencia energética

Optimización de la eficiencia energética de los accionamientos eléctricos

En el proceso de calcinación del ácido sulfúrico, está relativamente fragmentado el empleo de electricidad. Por ejemplo, en el piropceso, los principales equipos eléctricos son el ventilador de gases de cola, el molino de clínker y el horno rotatorio; para el proceso de lixiviación y purificación, principalmente son tanques de almacenamiento, tanques de agitación y bombas de transferencia; en cuanto al proceso de precipitación de litio, incluye tanques de precipitación de litio, centrifugadoras y tanques de agitación; durante el proceso de evaporación y cristalización, son compresores de vapor y bombas de circulación (Du Guoshan, 2020). En estas máquinas, el uso de motores de frecuencia variable o de arrancadores suaves puede ahorrar entre un 20 y un 30% de electricidad (Du Guoshan, 2020). Al mismo tiempo, el empleo de nuevos equipos de proceso automatizados puede aumentar aún más la eficiencia energética del proceso de producción.

Aumento de la eficiencia energética de los sistemas térmicos

El proceso de tostación con ácido sulfúrico para la extracción de litio tiene algunas similitudes con el nuevo proceso de cemento seco, por lo que se pueden tomar prestadas las ideas de diseño para mejorar el nivel de utilización del calor residual en la cabeza y la cola del horno y optimizar la eficiencia global del sistema de combustible y aire caliente.

Sistema de precalentamiento por ciclónica multietapa

El sistema de precalentamiento por ciclón multietapa reduce la cantidad de energía externa necesaria para calentar el quemador, ya que utiliza el calor de los gases de combustión para precalentar la materia prima que entra en el quemador. El precalentador ciclónico multietapa y el quemador multicanal del nuevo cemento de vía seca también son aplicables, en principio, a los hornos rotatorios del proceso de tostación con ácido sulfúrico, y se han utilizado de forma innovadora en China, lo que ha demostrado un buen ahorro de energía.

Tecnología de oxicomustión para hornos

En condiciones de combustión enriquecida con oxígeno, el combustible reacciona de forma más completa con el oxígeno y el proceso de combustión es más completo. En comparación con el proceso convencional de combustión con aire, la primera elimina o reduce los productos de combustión incompletos durante el proceso y aumenta la utilización del material inflamable. La oxicomustión se ha utilizado en hornos de cemento y ha logrado una reducción del 6% en el consumo total de energía de producción (Zhang Zhongming, 2021).



3.2.1.2 Electricidad renovable

Según las previsiones de la AIE, las emisiones de carbono en kw/h(kWh) del sistema eléctrico chino descenderán una media de más del 3% anual a partir de 2020, con una reducción media anual de 260 millones de toneladas (AIE, 2021a). Al mismo tiempo, se espera que la proporción de electricidad en los procesos intermedios de refinado aumente del 20% actual al 40% o más, gracias a la electrificación parcial del uso de la energía. Las empresas del proceso intermedio pueden aumentar la proporción de electricidad renovable para descarbonizar la electricidad del proceso de refinado de dos maneras:

Adquisición directa o por agencia de electricidad renovable. Aumentar rápidamente la proporción de electricidad renovable en el consumo eléctrico de la empresa mediante inversiones externas en centrales eólicas o fotovoltaicas, adquisición directa o por agencia de electricidad renovable, etc.;

Instalación fotovoltaica distribuida in situ en tejados o espacios abiertos. Cuando se construyen nuevas bases de producción, se considera exhaustivamente la viabilidad de construir centrales fotovoltaicas en el emplazamiento de la base de producción o en las zonas adyacentes circundantes. Al mismo tiempo, la escala de la subestación y el sistema de acceso se planifican de acuerdo con la demanda de hidrógeno verde, y la capacidad de la subestación se reserva para la unidad de producción de hidrógeno de energía verde.

3.2.1.3 Calor limpio

Impulsar la "electrificación" de la demanda de calor a media y baja temperatura

La tecnología de calefacción industrial debe cumplir los requisitos de **temperatura** (la fuente de calor debe proporcionar una temperatura que cumpla los requisitos de temperatura del proceso de fabricación industrial), **flujo térmico** (el calor ha de tener un flujo térmico elevado para mantener un ritmo de producción razonable), **fiabilidad** (el funcionamiento de la instalación de producción es continuo y la fuente de calor ha de cumplir los requisitos de disponibilidad durante todo el día y todo el año) y **rentabilidad** basada en la adaptación de tecnologías de calefacción con menores emisiones en su ciclo de vida (ICEF,2019).

La calefacción eléctrica ofrece las ventajas de un control preciso de la temperatura, un cambio rápido y menos mantenimiento que los sistemas térmicos que dependen de combustibles fósiles (ICEF, 2019). Según la AIE, se espera que el sector industrial consiga el 45% de la reducción total de carbono mediante la "reelectrificación" entre 2020 y 2060, y que la mayor parte de la demanda de calor de media y baja temperatura se cubra con calderas eléctricas, bombas de calor y calor residual industrial (AIE, 2021a). El Ministerio de Industria y Tecnología de la Información (MIIT), la NDRC y el Ministerio de Ecología y Medio Ambiente (MEE) también han publicado el Plan de Implementación para el Pico de Carbono en la Industria, que propone promover la electrificación de la energía industrial, centrándose en la electrificación de las fuentes de calor de media y baja temperatura en procesos industriales por debajo de 1000°C.

Actualmente, las fuentes de calor para el proceso de tostación del ácido sulfúrico son principalmente el gas natural y el vapor, utilizándose el gas natural como energía calorífica para el horno rotatorio y el vapor como energía calorífica para los procesos de purificación y hundimiento del litio (Du, 2020). Basándose en los requisitos de calefacción industrial, la Tabla 3 analiza la viabilidad de electrificar los diferentes procesos de calefacción del proceso de tostación del ácido sulfúrico.

Tabla 3: Viabilidad de la electrificación de las distintas fases del proceso de calcinación del ácido sulfúrico

Fase de la técnica	Proceso de la técnica	Viabilidad de la electrificación
Tostación por transformación	El piroxeno de litio se tuesta a 1000-1100°C para convertirlo de una estructura cristalina alfa monoclinica en su estado natural a una estructura cristalina beta tetragonal de la que se puede extraer el litioβ por lixiviación.	Este proceso es difícil de sustituir por la tecnología de calefacción eléctrica debido a los requisitos de calor a alta temperatura y, por lo tanto, es adecuado para aumentar la proporción de combustibles con cero emisiones de carbono, como el hidrógeno, el amoníaco, los combustibles sintéticos de biomasa, etc.
Tostación ácida	Se somete la mezcla de piroxeno β-litio y ácido sulfúrico a un proceso de tostación a una temperatura de unos 250°C para permitir la extracción del litio de la mezcla en forma de sulfato de litio.	Debido a su necesidad de calor a temperaturas medias y bajas, es adecuada para la tecnología de calefacción eléctrica y puede utilizarse en zonas donde la electricidad tiene una ventaja en cuanto a costes.
Tratamiento químico	Evaporación de enriquecimiento de solución de sulfato de litio, cristalización de evaporación de licor madre de sumidero de litio y procesos de sumidero de litio.	Al necesitar vapor saturado, puede abastecerse utilizando el calor residual de los hornos de alta temperatura, o puede emplear tecnología de calefacción eléctrica en zonas donde la electricidad tiene una ventaja de coste.

El tostado ácido y el tratamiento químico requieren una fuente de calor de temperatura media o baja, con la posibilidad de calentamiento eléctrico en un periodo de tiempo relativamente corto:

Tostado ácido

Para el método de calentamiento por resistencia indirecta (que es la tecnología común aplicable a los hornos rotatorios calentados externamente), el calentador se coloca fuera de la carcasa giratoria de aleación de alta temperatura, permitiendo que el calor se transfiera al material de proceso en el interior. Los elementos calefactores aplican resistencias eléctricas hechas de grafito, carburo de silicio o aleación de níquel y cromo.

Tratamiento químico

Los procesos de evaporación de enriquecimiento de la solución de sulfato de litio, evaporación y cristalización del licor madre del sumidero de litio y sumidero de litio utilizan principalmente vapor como fuente de calor y pueden mejorarse sustituyendo el evaporador multiefecto por un MVR. Además, la tecnología de bomba de calor de alta temperatura también puede utilizarse para recuperar más calor de los gases de combustión por debajo de 200°C para producir vapor saturado. Si la bomba de calor se alimenta con electricidad renovable, puede realizar el suministro de vapor de cero emisiones netas.

Explorar los procesos del gas natural de biomasa y aumentar su proporción

El gas natural de biomasa es un biogás de alta calidad con un contenido de metano del 95% o superior y tiene las mismas propiedades que el gas canalizado. Según las previsiones de la AIE, se espera que el suministro de biogás y biometano en China se duplique para 2030 con respecto a los niveles de 2020 y se triplique al menos para 2060 (AIE, 2021a). Entre ello, se espera que el porcentaje de suministro inyectado en la red de gas aumente de casi cero en 2020 al 3% en 2030 y al 15% en 2060 (AIE, 2021a).

Para explorar el uso del gas natural de biomasa como combustible se pueden considerar los dos modelos siguientes:

- **Adquisición externa de gas natural de biomasa:** se podrá dar prioridad a los operadores de gas si tienen capacidad para suministrar gas natural de biomasa;
- **Preparación in situ de gas natural de biomasa:** los parques equipados con unidades de producción de hidrógeno a partir de agua electrolítica pueden prever la instalación de pequeños generadores de biogás montados sobre patines y unidades de metanización por hidrogenación para preparar gas natural de biomasa in situ si existen recursos de biomasa como paja y residuos alimentarios en las proximidades del parque.

Utilizar el gas natural dopado con hidrógeno y aumentar la proporción de hidrógeno azul y verde

El uso de gas natural dopado con hidrógeno es una iniciativa eficaz para reducir las emisiones de carbono en el proceso de tostado de transición. Comparado con el gas natural, el hidrógeno tiene una velocidad de llama rápida y una gran capacidad de combustión

enrarecida. La mezcla de una proporción adecuada del gas natural con el hidrógeno puede mejorar la eficiencia térmica y reducir las emisiones de carbono, y la mayoría de los quemadores pueden adaptarse con los parámetros del proceso (Ren Ruoxuan etc., 2021). Según las previsiones de la AIE, la proporción de hidrógeno verde mezclado en los combustibles para hornos alcanzará aproximadamente el 5% de la demanda total de calor en 2060 (AIE, 2021a).

El uso de gas natural dopado con hidrógeno en el proceso de tostado de transición puede considerarse de los siguientes dos modos: Por lo tanto, la disponibilidad de hidrógeno

- Adquisición externa del gas natural mezclado con el hidrógeno: se podrá dar prioridad a la compra de gas natural mezclado con hidrógeno si en el parque donde se ubique la planta existen proveedores adecuados;
- Mezcla in situ de hidrógeno del gas natural comprado: el gas natural convencional se compra y se mezcla con hidrógeno de acuerdo con los límites de seguridad, dando preferencia al hidrógeno azul o verde como fuente.

- Hidrógeno gris: el hidrógeno se produce mediante el reformado químico del combustible, lo que provoca notables emisiones de CO₂ durante su producción.
- Hidrógeno azul: hidrógeno de subproductos industriales o hidrógeno gris con equipos CCUS, con bajas emisiones de CO₂ procedentes del proceso de producción de hidrógeno.
- Hidrógeno verde: producción de hidrógeno a partir de la electrólisis del agua con electricidad renovable.

azul a corto plazo y de hidrógeno verde a largo plazo debe considerarse de forma combinada a la hora de construir nuevas plantas de extracción de litio mediante calcinación con ácido sulfúrico: La mezcla de hidrógeno de subproductos industriales con gas natural es

A corto plazo, debería hacerse hincapié en los recursos de hidrógeno de subproductos industriales de las regiones vecinas.

económicamente viable. El coste del hidrógeno de subproductos industriales por unidad de valor calorífico suele ser inferior que el precio de entrada del gas natural. En un escenario en el que se mezcle con gas natural, el precio del hidrógeno de subproductos industriales puede ser equivalente al valor calorífico del gas natural, lo que equivale aproximadamente a 7 dólares/kg, convirtiéndolo en la fuente de hidrógeno de menor coste a un tercio del precio del hidrógeno verde (AIE, 2022e).

A largo plazo, debería considerarse la capacidad de producción de hidrógeno ecológico en campus o plantas

Con el desarrollo de los procesos de producción de hidrógeno a partir de agua electrolítica y el aumento de la escala de las fuentes de energía renovables, es probable que el coste de producción del hidrógeno verde descienda a niveles competitivos en el futuro. Según las previsiones de la AIE, el coste medio de la producción de hidrógeno a partir de fuentes de energía renovables descenderá hasta situarse entre 9 y 12 dólares/kg en 2050, al mismo nivel que el coste del hidrógeno azul (AIE, 2021a).

Un modelo de economía circular que combina el pirorrefinado y la extracción de litio con productos químicos cloroalcalinos

El hidrógeno de subproductos industriales representa alrededor de una quinta parte del suministro de hidrógeno de China en 2020, alcanzando los 7,1 millones de toneladas, siendo las principales fuentes el refinado de petróleo, la fabricación de acero y la producción química. De ellas, la producción anual del hidróxido sódico de China se mantiene relativamente estable en 30-35 millones de toneladas, lo que puede producir entre 750 mil y 875 mil toneladas de hidrógeno al año como subproducto (AIE, 2022e).

El hidróxido sódico es un producto químico importante para el proceso de extracción de litio mediante calcinación con ácido sulfúrico, y los parques químicos de cloro-álcali suelen tener un fuerte poder de adquisición y negociación de energía verde. Cuando se construye una nueva capacidad de extracción de litio, la cadena industrial puede acoplarse con parques químicos cloroalcalinos vecinos para mejorar la viabilidad de la adquisición de energía verde, reduciendo al mismo tiempo el coste de adquisición del hidrógeno de subproductos industriales y las emisiones implícitas de los productos químicos adquiridos, así como explorando el uso integrado de los recursos de escoria de litio y escoria de carburo cálcico. Además, el oxígeno sobrante del proceso de electrólisis del PVC en el parque cloroalcalino también puede utilizarse para la combustión rica en oxígeno en el horno rotatorio para el proceso de extracción de litio mediante calcinación con ácido sulfúrico.

3.2.1.4 Captura y utilización del carbono

La oxicomustión puede aumentar la concentración de CO₂ en los gases de combustión y reducir los costes de recuperación de CO₂, al tiempo que se consigue un ahorro de energía en el horno. Según resultados probados en hornos de cemento de China, la concentración de CO₂ en los gases de cola puede aumentar del 20% al 80% en condiciones de combustión enriquecida con oxígeno (Zhang Zhongming, 2021).

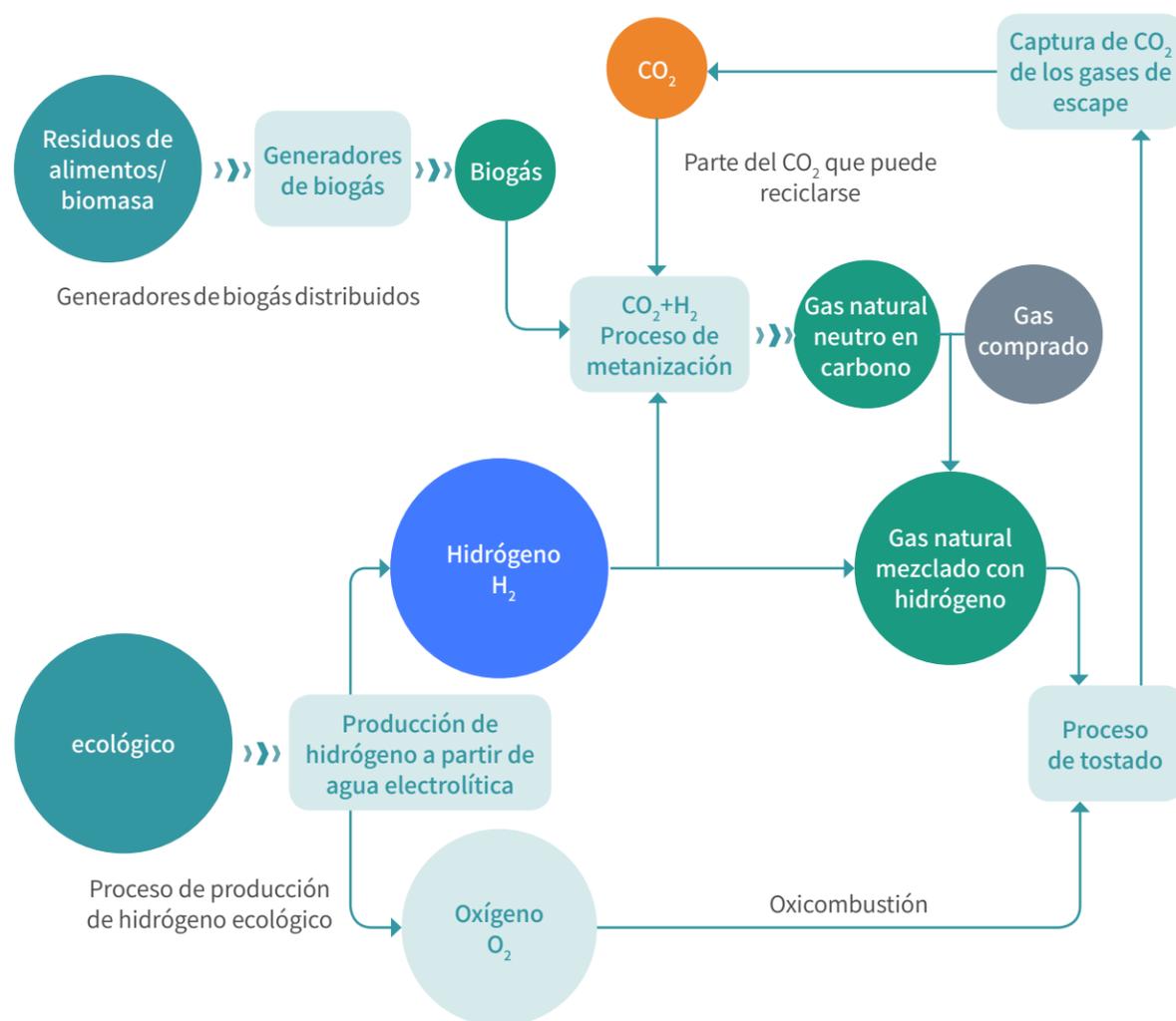


Figura 8. Ilustración de un modelo para conseguir cero emisiones netas basado en un proceso de tostado de transición alimentado con gas natural

La tecnología LEILAC (Low Emissions Intensity Lime And Cement) en Europa ofrece una buena solución para el CO₂ procedente de la descomposición de carbonatos: se añade un precalcinador cerrado antes del precalentador ciclónico y, mediante la introducción de gases de combustión a alta temperatura procedentes del horno rotatorio, se calienta la piedra caliza del crudo y se recupera el CO₂ de alta pureza que se ha generado. La segunda fase de la demostración ya está en marcha en la planta alemana de Heidelberg Cement y se espera que esté operativa durante 2023 (Heidelberg Materials, 2022).

Síntesis del gas natural neutro en carbono con hidrógeno verde tras la captura

El CO₂ capturado del tostador puede combinarse con hidrógeno a altas temperaturas en una Reacción Sabatier (Sabatier Reaction) para sintetizar el gas natural, que se vuelve a introducir en el tostador como combustible suplementario del sistema de gas. En combinación con la unidad de gas de biomasa, puede construirse un ciclo de CO₂ neto cero. El proceso de tostado funciona esencialmente con energía renovable y no produce emisiones de carbono.

Capturados y utilizados como materia prima para la construcción

China tiene potencial para producir materiales de construcción a partir de CO₂, y se han iniciado varios proyectos de demostración para la producción de materiales de construcción a partir de CO₂ (Hu Xiang, 2021), y se calcula que para 2050 China utilizará entre 85 y 115 millones de toneladas al año de CO₂ para producir materiales de construcción (AIE, 2022e).

El uso de CO₂ con maduración de cemento de escoria para producir materiales de construcción se está convirtiendo en una medida muy atractiva económicamente para el secuestro de carbono. La tecnología del hormigón mineralizado con CO₂ está siendo desarrollada actualmente por organizaciones como la Universidad de Zhejiang, China (Cai Bofeng etc., 2021), SolidiaTech, EE.UU. (Sahu & Meininger, 2020) y CarbonCure Technologies, Canadá (Sandeep, 2021). Esta tecnología almacena permanentemente el CO₂ en el hormigón haciéndolo reaccionar con el hidróxido de calcio del hormigón y también es

capaz de mejorar la resistencia a la compresión y la durabilidad del hormigón (Monkman et al., 2016).

Explorar el uso de escoria pobre en litio (una vez finalizada la extracción de litio de la escoria), un subproducto del proceso de refinado del litio, como material activo, junto con la tecnología de mineralización de CO2 para producir materiales de construcción de hormigón de escoria de carbono negativo puede ayudar a promover el cero emisiones netas y el reciclaje del proceso de refinado del litio.

3.2.1.5 Agentes químicos verdes

Las emisiones implícitas de los agentes químicos adquiridos son una importante emisión previa de los productos químicos del litio. Varios procesos de extracción del litio requieren el uso de grandes cantidades de agentes químicos como el carbonato sódico, el hidróxido sódico y el ácido sulfúrico. En el marco del objetivo de cero emisiones netas, las empresas intermedias y ascendentes pueden reducir sus emisiones implícitas incorporando consideraciones climáticas en sus procesos de adquisición y dando prioridad a los agentes químicos procedentes de procesos con bajas emisiones de carbono. En la actualidad, el merca-

Carbonato sódico

do del carbonato sódico incluye tres métodos principales de producción. La tabla 4 resume las dificultades de descarbonización de los distintos procesos de producción del carbonato sódico.

Tabla 4. Análisis del proceso de bajo contenido en carbono para la producción de carbonato sódico (Bian Zhifu, 2013; Dong Wenlin, 2007; Zhang Kewei, 2019; Zhou Guangyao, 2006)

Métodos de producción de álcalis	Procesos con bajas emisiones de carbono	Dificultad de la descarbonización	Cuota de mercado
Método amoniaco-álcali	<ul style="list-style-type: none"> Las etapas de refinado con salmuera y calcinación alcalina pesada del proceso requieren un calentamiento de media a baja temperatura, que puede conseguirse mediante sistemas de calefacción eléctrica, mientras que la descarbonización del proceso puede lograrse utilizando electricidad renovable. En la etapa de calcinación con vapor de álcali pesado, el CO2 que contiene el gas del horno puede reciclarse en la etapa de calcinación de la piedra caliza, utilizarse como material auxiliar o añadirse a la solución térmica de alta temperatura para lograr la captura de carbono: calcinación con gas natural, consiguiendo unas emisiones netas que se aproximan a las cero emisiones netas en el proceso de producción. 	Alta	Alta
Método combinado-álcali	<ul style="list-style-type: none"> En comparación con el amoniaco-álcali, el combinado-álcali tiene una mayor tasa de utilización de sodio y cloro y un menor consumo total de energía por unidad, y utiliza CO2 procedente de la producción de amoníaco como materia prima sin consumir piedra caliza ni coque. En el caso del proceso de "adición primaria de sal, absorción secundaria de amoniaco y carbonización primaria", el proceso también puede combinarse con la captura de CO2 y la calcinación de gas natural para lograr el reciclado de CO2 y unas emisiones que se aproximan a las cero emisiones netas para el proceso alcalino. 	General	Alta

Métodos de producción de álcalis	Procesos con bajas emisiones de carbono	Dificultad de la descarbonización	Cuota de mercado
Método del álcali natural	<ul style="list-style-type: none"> El proceso incluye evaporación y concentración, separación centrífuga, calcinación y deshidratación, y el proceso de producción puede conseguir básicamente cero emisiones netas mediante la compra de electricidad renovable. Otros métodos de producción de carbonato sódico, como el álcali natural, representan una pequeña proporción de la industria china de ceniza de sosa. 	Baja	Baja

Hidróxido sódico

El proceso de evaporación del hidróxido sódico de diafragma es el método más utilizado para su producción en China, y la cantidad de hidróxido sódico producida mediante este método representa aproximadamente el 50 % de la producción total. La electrólisis, la evaporación y el álcali sólido son los principales procesos que consumen energía, y representan alrededor del 90% o más del consumo de energía (Cheng Qiang, 2018). Si el vapor se proporciona mediante tecnología de caldera eléctrica, la electricidad será la principal forma de energía utilizada para la producción de hidróxido sódico, y las emisiones indirectas del proceso de producción pueden reducirse significativamente mediante el uso de electricidad renovable. Además, el proceso de electrólisis también producirá hidrógeno y oxígeno como subproductos, y si el hidrógeno se utiliza como combustible para la calefacción o se alimenta mediante pilas de combustible, la proporción de energía renovable puede incrementarse aún más para lograr cero emisiones netas en el proceso de producción. La producción de ácido sulfúrico a

Ácido sulfúrico

partir de mineral de hierro sulfurado suele generar un importante calor sensible (capacidad neta, no consumo de energía). Utilizando el calor del proceso de reacción para la generación de vapor o electricidad, pueden reducirse significativamente las necesidades externas de energía para la producción de ácido sulfúrico, al tiempo que la obtención de energía renovable puede lograr cero emisiones netas en el proceso de producción de ácido sulfúrico.

3.2.2 Implantación de procesos flexibles de extracción de litio

Existe una concentración relativamente alta de capacidad de producción en el segmento intermedio de la industria del litio. Sólo unas pocas empresas en todo el mundo son capaces de producir productos químicos de litio de alta calidad y pureza, en particular hidróxido de litio: cinco empresas representan tres cuartas partes de la capacidad de producción mundial (AIE, 2021c). Esta elevada concentración determina la importancia de la flexibilidad de extracción de litio de las empresas del sector intermedio para la diversificación de los recursos de litio del sector upstream.

3.2.2.1 Extracción directa de litio de salmueras de salares

Las reservas de litio en China se encuentran principalmente en salares del oeste, que presentan una elevada relación de Mg-Li en comparación con los sudamericanos. Debido a las propiedades similares del magnesio y el litio, la elevada relación de Mg-litio dificulta la separación, eleva las tasas de pérdida de litio y encarece los costes de desarrollo cuando la extracción de litio se lleva a cabo en China mediante el método sudamericano de precipitación por concentración (Song et al., 2017). Por este motivo, algunas empresas chinas están intentando compensar la desventaja de la escasa dotación de recursos mediante la innovación tecnológica para reducir su dependencia de los recursos de litio del extranjero (Grant, 2020).

La extracción directa de litio (DLE), que actualmente se encuentra en fase piloto, consiste en la extracción directa de litio de los salares mediante filtros, membranas, perlas cerámicas u otros dispositivos que pueden reducir significativamente la duración de la extracción y el consumo de productos químicos (Vera et al., 2023). La DLE también puede utilizarse para la extracción de litio a partir de salmueras extraídas del subsuelo y en aplicaciones de salmueras en las que los estanques de evaporación no son adecuados, por ejemplo, la tecnología de extracción directa de litio de salmueras, desarrollada por Volt Lithium, puede eliminar las impurezas y contaminantes de salmueras y los purificados se pueden extraer directamente de litio y concentrarse en la solución de hidróxido de litio mediante su tecnología IES. En 2023 se ha logrado la validación de la tecnología para la salmuera de campo petrolífero.

3.2.2.2 Refinación fuera del sitio del carbonato de litio crudo de salares

En la actualidad, la extracción de litio de salares tiene un mayor contenido de impurezas que la extracción de litio de minerales, y la calidad es inestable o difícil de asegurar. Para satisfacer la demanda de sales de litio de alta calidad derivada de la creciente demanda de vehículos eléctricos, las principales regiones de extracción de litio de salares deben seguir desarrollando y optimizando sus procesos de purificación de carbonato de litio bruto.

La industria también podría explorar el transporte de salmuera concentrada o carbonato de litio crudo extraído de la salmuera a regiones con procesos de producción más maduros para su posterior procesamiento, de forma similar al proceso de extracción de litio de roca dura en el que Australia exporta concentrado de litio a los procesadores chinos de sales de litio, con el fin de apoyarse en sus respectivas fortalezas industriales e impulsar la calidad de los productos de litio del salar.

Foco en Tianqi

Mejorar la eficiencia energética en la producción

Tianqi Lithium ha hecho de la mejora de la eficiencia energética en la producción una parte clave de su estrategia de reducción de gases de efecto invernadero. La empresa ha puesto en marcha una serie de proyectos de eficiencia energética en las instalaciones existentes, desde sistemas de iluminación LED hasta la utilización del calor residual, pasando por aplicaciones innovadoras de sistemas de precalentamiento ciclónico multietapa en la etapa de tostado de transición, y

continuamos explorando formas de reducir el consumo de energía por unidad de producto.

Fomento del uso de electricidad renovable

La transición a la electricidad renovable servirá a Tianqi Lithium para reducir a corto plazo las emisiones de gases de efecto invernadero. La planta de producción de Shehong ha firmado un acuerdo de suministro de energía verde con la compañía eléctrica y utilizará totalmente energía renovable (hidroeléctrica) en 2021. Mientras tanto, la planta de producción de Zhangjiagang, en Jiangsu, está promoviendo activamente la instalación de 6 mil metros cuadrados de paneles fotovoltaicos, que se espera alcancen una capacidad anual de generación de energía de 1.200-1.500MWh una vez finalizada. Con todo esto, Tianqi Lithium seguirá promoviendo el uso de electricidad renovable mediante la generación de energía renovable in situ, la adquisición de energía verde y los certificados de energía verde.

Los proyectos de eficiencia energética que la empresa llevará a cabo en 2022

En la planta de producción de Shehong	En la planta de producción de Chongqing		
la sustitución de equipos eléctricos de alto consumo energético (como transformadores y motores) por equipos de bajo consumo energético	la adopción de un nuevo método de cristalización para producir cloruro de litio anhidro	el reequipamiento de los ventiladores de gas de cola con convertidores de frecuencia, y la transformación a gran escala de las celdas electrolíticas, etc.	la sustitución de los rectificadores electrolíticos de silicio existentes
reduciendo el consumo de electricidad en más de 7 mil MWh al año;	reduciendo el consumo de energía en la electrólisis del metal de litio en más de un 5% ;	reduciendo el consumo de energía en aproximadamente un 15%	mejorando la tasa de utilización efectiva de la energía entre un 5% y un 8% .

Construir nuevos tipos de cooperación con los proveedores

Más de la mitad de la huella de carbono de Tianqi Lithium se encuentra en nuestras materias primas. Una gran parte de estas emisiones provienen de productos químicos inorgánicos como el carbonato de sodio, el hidróxido de sodio y el ácido sulfúrico concentrado. Uno de nuestros objetivos principales para lograr cero emisiones netas para 2050 es trabajar con nuestros proveedores para reducir su huella de carbono lo que se llevará a cabo a través de nuestro abastecimiento estratégico

En respuesta a las materias primas que tienen un impacto significativo en las emisiones de alcance 3 en el aguas abajo, desarrollaremos una hoja de ruta para reducir las emisiones e integraremos gradualmente en nuestros procesos de gestión de proveedores, daremos prioridad a las asociaciones con nuevos proveedores que tengan un buen desempeño climático y conectaremos a los proveedores en un enfoque de colaboración para la reducción de emisiones, incluido el establecimiento de objetivos de reducción de emisiones y estrategias para alcanzarlos.



3.3 Utilización eficiente de los recursos posteriores aguas abajo >>

3.3.1 Uso eficiente de los materiales

Los principales materiales de las baterías de potencia incluyen electrodos positivos, electrodos negativos, separadores y electrolitos, y su tecnología es la fuerza impulsora central para promover el rendimiento de la batería de potencia. A medida que la industria se esfuerza por reducir su dependencia de metales de alto valor como el cobalto y el níquel, es igualmente importante mejorar el rendimiento de la batería por unidad de materia prima de litio e incluirlo en los parámetros clave (que generalmente incluyen energía, potencia, costo, vida útil, seguridad) de la evaluación de la batería de iones de litio, lo que promoverá efectivamente el uso eficiente de los recursos de litio en todo el mundo.

3.3.1.1 Material del cátodo: Reducir el contenido de litio por unidad de capacidad

El material del cátodo de las baterías de iones de litio es un óxido metálico o fosfuro que contiene litio. Son la fuente de iones de litio activos necesarios para las reacciones electroquímicas de la batería y tienen un gran impacto en el rendimiento de las baterías de potencia.

Tomando como ejemplo las baterías ternarias de litio y las baterías de fosfato de hierro y litio, la cantidad de litio por unidad de capacidad teóricamente se puede reducir a 50 g/kWh, pero el consumo actual de litio de los productos reales es de 80-140 g/kWh, que es el doble o incluso más alto que el mínimo teórico, y todavía hay margen para la disminución (Slowik et al., 2020).

Según el Consejo Internacional de Transporte Limpio, el contenido de litio por kWh de las baterías ternarias de litio y las baterías de litio y fosfato de hierro y litio disminuirá significativamente en los próximos 20 años, y la demanda de litio por unidad de capacidad

de la batería puede reducirse en más del 40% en comparación con los niveles actuales. El aumento de la densidad energética será el principal impulsor de este cambio (Slowik et al., 2020).

Tabla 5. Contenido de litio catódico de las baterías de vehículos eléctricos en 2020 y 2040 (g/kWh) (Slowik et al., 2020)

	NCM-111	NCM-532	NCM-622	NCM-811	NCA	Fosfato de hierro y litio
2020	140	130	120	110	110	80
2040	80	70	70	70	60	50

3.3.1.2 Material del ánodo: mejora el rendimiento y evita la pérdida de litio

Las baterías de iones de litio forman una película de interfaz de electrolito sólido (película SEI) cuando se cargan y descargan por primera vez. La película se genera por la reacción del electrolito y la superficie negativa del electrodo, lo que tiene un impacto importante en la conductividad, estabilidad y vida útil de las baterías de iones de litio. Sin embargo, la formación de la película SEI hace que algunos iones de litio ya no participen en la carga y descarga. La industria se refiere a la relación entre el litio liberado durante el primer proceso de litación y el litio consumido inicialmente como la Eficiencia Inicial de Coulomb (ICE).

Por lo general, se utiliza la tecnología de prelitiación, es decir, se agregan sustancias de alto contenido de litio al material de la batería y el material del electrodo se complementa con litio, lo que puede compensar la pérdida de capacidad hasta cierto punto. En la actualidad, hay muchos métodos de suplementación de litio en el mercado, que se pueden dividir en dos categorías: suplementación de litio negativa y suplementación de litio positiva según la ubicación de suplementación de litio:

Suplementación con litio de electrodo negativo

Incluyendo la litiación mixta física del metal de litio, como agregar polvo del metal de litio al electrodo negativo o laminar la lámina del metal de litio en la superficie del electrodo; Litiación química, el uso de agentes litiantes como el litio butílico para preinsertar químicamente litio en el electrodo negativo; litiación de autodescarga, el electrodo negativo y el contacto del litio metálico en el electrolito para completar la litiación de autodescarga; prelitiación electroquímica, la introducción del metal de litio como tercer polo en la batería, el electrodo negativo y el tercer polo del metal de litio para cargar y descargar el electrodo y así completar la prelitiación. De acuerdo con los diferentes tipos de

Suplementación con litio de electrodo positivo

compuestos, se puede dividir en compuestos binarios que contienen litio, los cuales están representados por Li_2O , Li_2O_2 , Li_2S , compuestos ternarios que contienen litio, los cuales están representados por Li_6CoO_4 y Li_5FeO_4 , y compuestos orgánicos que contienen litio, representados por Li_2DHBN , $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Por otro lado, los electrodos de grafito, como el material de ánodo más utilizado, se han desarrollado durante muchos años, y la capacidad específica ($> 350 \text{ mAh/g}$) se ha acercado a su capacidad específica teórica (372 mAh/g) (Zhang et al., 2021). La industria está buscando reemplazar los ánodos de grafito con ánodos basados en silicio (3579 mAh/g) con mayores capacidades específicas (Ma et al., 2022). Sin embargo, bajo la técnica anterior, el ICE de los ánodos basados en silicio es típicamente 50% -85%, que es mucho más bajo que 80% -95% de los ánodos de grafito, y es uno de los principales obstáculos que dificultan la aplicación de ánodos a base de silicio (Li et al., 2020).

Con este fin, cada vez son más los estudios que han comenzado a mejorar el ICE de ánodos basados en silicio como dirección experimental, tratando de optimizar desde los aspectos de ajuste estructural, prelitiación, diseño de interfaz, diseño adhesivo, aditivos electrolíticos, etc., y en algunos casos, el ICE de ánodos basados en silicio se ha incrementado a más del 90%, pero todavía se limita al nivel de laboratorio (Sun et al., 2022).

3.3.1.3 Electrolito: Nueva sal de litio de alto rendimiento

La sal de litio electrolítico proporciona iones a las baterías de iones de litio y asume el papel de transporte de iones. En la actualidad, el hexafluorofosfato de litio (LiPF_6) es la sal de litio de soluto más utilizada en aplicaciones comerciales, pero el LiPF_6 tiene problemas como una estabilidad térmica deficiente y una hidrólisis fácil, y causa fácilmente un rápido deterioro de la capacidad de la batería y traer riesgos potenciales de seguridad. Se espera que sea reemplazado por electrolitos con mayor conductividad eléctrica, estabilidad térmica y estabilidad química en el futuro, como la difluorosulfonimida de litio (LiFSI), que tiene una probabilidad muy baja de reacciones secundarias y también puede inhibir el efecto de expansión, que es uno de los electrolitos más prometedores.

3.3.2 Reducción de carbono en la producción de electrodos

Desde la perspectiva del consumo integral de energía, los valores avanzados de fosfato de hierro y litio y los materiales de cátodo de litio ternario pueden alcanzar los 565 kgce/t y 685 kgce/t , lo que mejora significativamente en comparación con la eficiencia energética del proceso anterior ($800\text{-}1.600 \text{ kgce/t}$) (Administración Provincial de Hunan para la Regulación del Mercado, 2019). Al aumentar continuamente la proporción de electricidad y electricidad renovable, las emisiones de producción pueden reducirse significativamente.

Los fabricantes de electrodos también deben centrarse en eliminar las emisiones del proceso de producción de electrodos. Tomando como ejemplo el electrodo de fosfato de hierro y litio, el método de preparación se puede dividir en método de síntesis en fase sólida y método de síntesis en fase líquida. El método de síntesis en fase sólida-reducción

térmica de carbono es el método de preparación adoptado por más del 90% de las empresas debido a sus ventajas de proceso simple y tecnología madura, y algunas empresas adoptan el método de síntesis de fase líquida de evaporación autocalentada (Toubao, 2019). Ambos métodos requieren la sinterización del carbonato de litio y causan la descomposición del carbonato de litio para producir emisiones de dióxido de carbono. La eliminación de estas emisiones requerirá la aplicación de tecnologías de captura de carbono.

3.3.3 Expansión del escenario de aplicación

La capacidad de la batería es el factor más crítico para determinar el alcance de un vehículo eléctrico. La optimización e innovación de la configuración de la batería es la medida más efectiva para aumentar la capacidad de la batería a corto plazo. El aumento en el rango de vehículos eléctricos puede permitir que los vehículos eléctricos satisfagan las necesidades de más escenarios de electrificación del transporte, amplificando así el potencial de huella de carbono de las baterías de iones de litio.

- La tecnología CTP, también conocida como tecnología sin módulo, se está convirtiendo gradualmente en la aplicación principal de las configuraciones actuales de baterías. La tecnología se puede dividir en dos rutas técnicas: una es el esquema de cancelación completa del módulo, representado por baterías de cuchillas BYD; el segundo es el esquema de integración de módulos pequeños en módulos grandes, representado por la era Ningde. La tecnología CTP mejora la capacidad de la batería y la densidad de energía al mejorar la utilización del espacio interno del paquete de baterías y reducir el peso del paquete (Wu Hao y Zhang Peng, 2022).
- La tecnología CTC (Cell to Chassis) está ganando más atención como una tecnología emergente. CTC puede entenderse como una extensión adicional de

CTP, que se refiere al diseño integrado de la batería, el chasis y la parte inferior del cuerpo, es decir, las celdas de la batería se colocan directamente en el chasis del vehículo, para lograr un mayor grado de integración, así como la mejora de la capacidad de la batería y la densidad de energía (Wu Hao & Zhang Peng, 2022).

3.3.4 Segmentación del mercado

En el campo de las baterías de potencia, las diferentes tecnologías de baterías tienen sus propias ventajas y desventajas. Además de las baterías convencionales de fosfato de hierro y litio y las baterías de litio ternarias, las tecnologías de baterías emergentes representadas por baterías de litio de estado sólido y baterías de iones de sodio también muestran cierto potencial de aplicación. La figura 9 compara las características de las cuatro tecnologías de baterías.

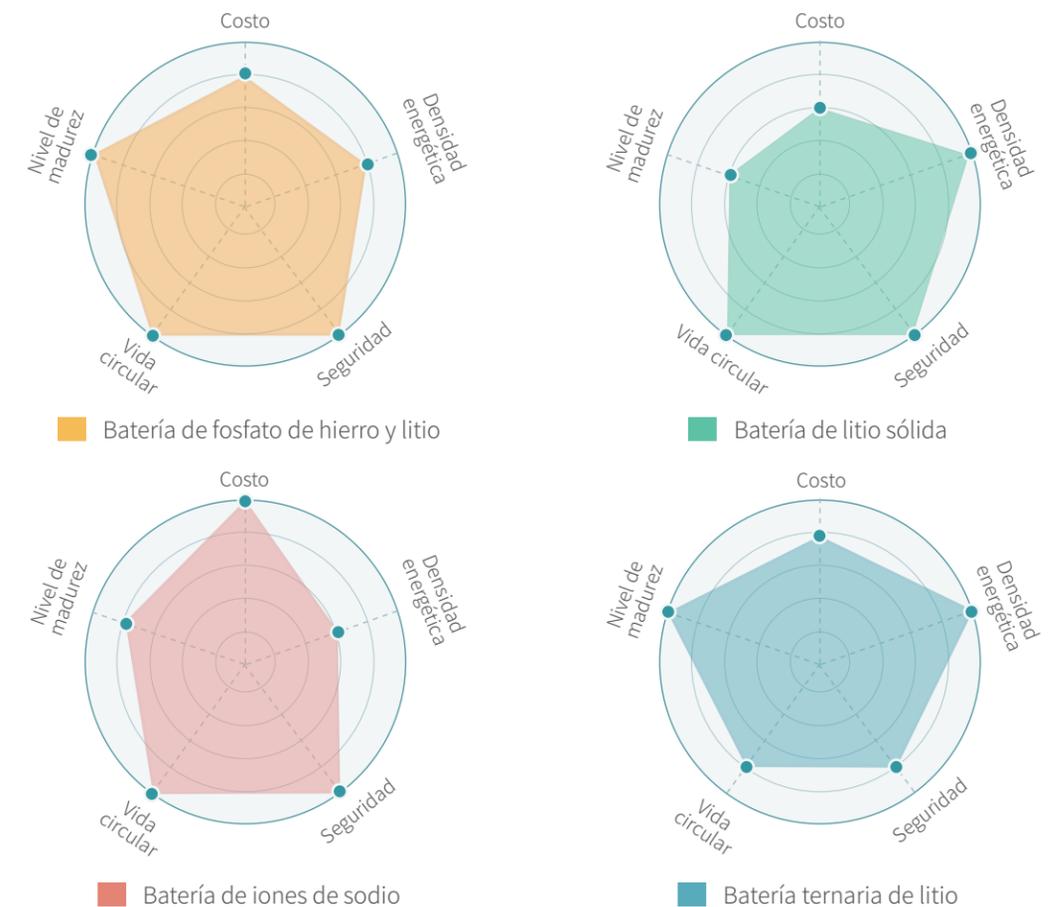


Figura 9. Comparación de características de diferentes tipos de baterías de potencia

Las industrias de EV y almacenamiento de energía deben adaptar la tecnología de batería adecuada a las necesidades del escenario. A través de la segmentación del posicionamiento en el mercado, se pueden aprovechar plenamente las ventajas de varios tipos de baterías, se puede evitar el riesgo de que los activos se queden varados debido al desajuste del mercado y se pueden aliviar las preocupaciones de desajuste entre la oferta y la demanda. Por ejemplo, Volkswagen anunció recientemente planes para usar baterías de alta densidad de energía, como baterías de alto níquel (NCA95, NMCA y NMC9.5.5) para vehículos avanzados y baterías de fosfato de hierro y litio para vehículos de nivel de entrada (S&P Global, 2021). La Tabla 6 resume las tecnologías de baterías potencialmente aplicables para baterías eléctricas y baterías de almacenamiento de energía.



Tabla 6. Aplicabilidad de diferentes tecnologías de baterías (incluidas las tecnologías alternativas) en el campo de las baterías eléctricas y las baterías de almacenamiento de energía

	Escena subdividida	Tecnología de baterías para uso a corto plazo	Tecnología de baterías para uso a largo plazo
Batería de alimentación de energía	Automóvil de pasajeros de nivel básico	Batería de fosfato de hierro y litio	Batería de fosfato de hierro y litio
	Automóvil de pasajeros de nivel medio a alto	Batería de fosfato de hierro y litio, batería de litio ternaria	Batería de fosfato de hierro y litio, batería de litio ternaria
	Automóvil de pasajeros de alto rendimiento	-	-
	Vehículos comerciales ligeros	Batería de fosfato de hierro y litio	Batería de fosfato de hierro y litio
	Vehículos comerciales medianos y pesados	-	Batería de combustible
Batería de almacenamiento de energía	Almacenamiento de energía a corto plazo	Batería de fosfato de hierro y litio	Batería de fosfato de hierro y litio
	Almacenamiento de energía a largo plazo	-	Baterías de flujo, baterías de iones de sodio

Foco en Tianqi

Tianqi Lithium ha desarrollado un nuevo proceso de síntesis y tecnología de secado a baja temperatura de sulfuro de litio, que no utiliza disolventes orgánicos y no produce líquidos residuales orgánicos en comparación con los procesos tradicionales, lo que tiene menores riesgos ambientales y de seguridad. Los productos de sulfuro de litio sientan las bases para que la compañía responda al desarrollo de la tecnología de baterías de estado sólido basada en el calcogenuro de próxima generación y mejore la diversificación de productos y el valor agregado.

3.4 Reciclaje de materiales de baterías terminales >>

De acuerdo con la vida útil de los vehículos eléctricos, pronto se producirá una ola de retiro de baterías de energía. Se estima que para 2030, el suministro mundial de baterías de iones de litio retiradas podría superar los 200 GWh por año, lo que superará la demanda combinada de almacenamiento de energía de baterías de iones de litio a escala de servicios públicos (McKinsey, 2019).

Cuando la batería de potencia alcanza su vida útil, se puede procesar a través de la utilización escalonada o el desmantelamiento y reciclaje, y la perspectiva del mercado es considerable. Según las previsiones, el mercado de reciclaje de baterías de energía crecerá de 5.500 millones de yuanes en 2021 a 58.800 millones de yuanes en 2025 y 299.700 millones de yuanes en 2030, de los cuales el valor del litio representa más del 60% del

tamaño total del mercado (Deloitte, 2022). Los recursos renovables de litio serán un complemento importante de los recursos primarios de litio.

Teniendo en cuenta la composición y la vida útil de las baterías de potencia, las baterías de fosfato de hierro y litio son actualmente más adecuadas para la utilización escalonada, y las baterías de litio ternarias son más adecuadas para el reciclaje directo:

- Además del litio, las baterías ternarias de litio también contienen metales de alto valor como el níquel y el cobalto, y el reciclaje directo es más económico.
- Las baterías de fosfato de hierro y litio tienen un ciclo de vida alto y aún tienen una alta capacidad de batería después de la jubilación, que es más adecuada para la utilización escalonada. Al mismo tiempo, la utilización escalonada puede compartir el costo de recuperación de las baterías de fosfato de hierro y litio y mejorar la economía de su reciclaje.

3.4.1 Utilización escalonada de la batería de alimentación de energía

La utilización escalonada es un medio eficaz para mejorar la tasa de utilización de los recursos de litio y reducir el costo de la recuperación de electricidad. Las baterías de energía generalmente todavía tienen entre el 70% y el 80% de su capacidad original al final de su primer servicio (McKinsey, 2019), pero todavía hay muchos desafíos para lograr la utilización escalonada a gran escala, que incluyen:

- **Política:** Existen problemas de seguridad en la utilización escalonada de baterías de energía, y el sistema de gestión relevante todavía está en el período de exploración;
- **Estándar:** El sistema de gestión de consistencia y trazabilidad de la batería aún no se ha establecido, lo que aumenta la dificultad de reparación y renovación de la batería;
- **Costo:** Los requisitos regulatorios complejos conducen a un aumento de los costos de la utilización escalonada, y la ventaja del costo de las baterías retiradas no es suficiente para superar las ventajas del rendimiento de las baterías nuevas;
- **Rendimiento:** El rendimiento y la calidad de las baterías retiradas no están garantizados, lo que resulta en la baja aceptación de la utilización escalonada por parte de las empresas transformadoras.

Por lo tanto, existe una necesidad urgente de que el sector trabaje para mejorar la viabilidad de la utilización escalonada de baterías retiradas, y las acciones relacionadas incluyen:

- En la etapa de diseño automotriz, considere la utilización escalonada de baterías de energía al final del ciclo de vida;
- Trabajar con los políticos responsables para desarrollar estándares de certificación para productos de utilización escalonada de baterías de potencia;
- Establecer un sistema de gestión digital y transparente para toda la cadena de suministro de baterías de energía;
- Establecer un plan cooperativo de desmontaje, reciclaje y utilización escalonada de baterías de energía.

3.4.2 Desmontaje y reciclaje de baterías

El desmontaje y reciclaje es la forma definitiva de tratar las baterías retiradas, y también constituye una vía importante para aliviar la contradicción entre la oferta y la demanda de recursos de litio. El desmontaje y reciclaje de las baterías puede dividirse en tres etapas: pretratamiento de reciclado, desmontaje físico y reciclaje, y extracción y refinado de materias primas, que pueden proporcionar diversas materias primas para la producción de baterías.



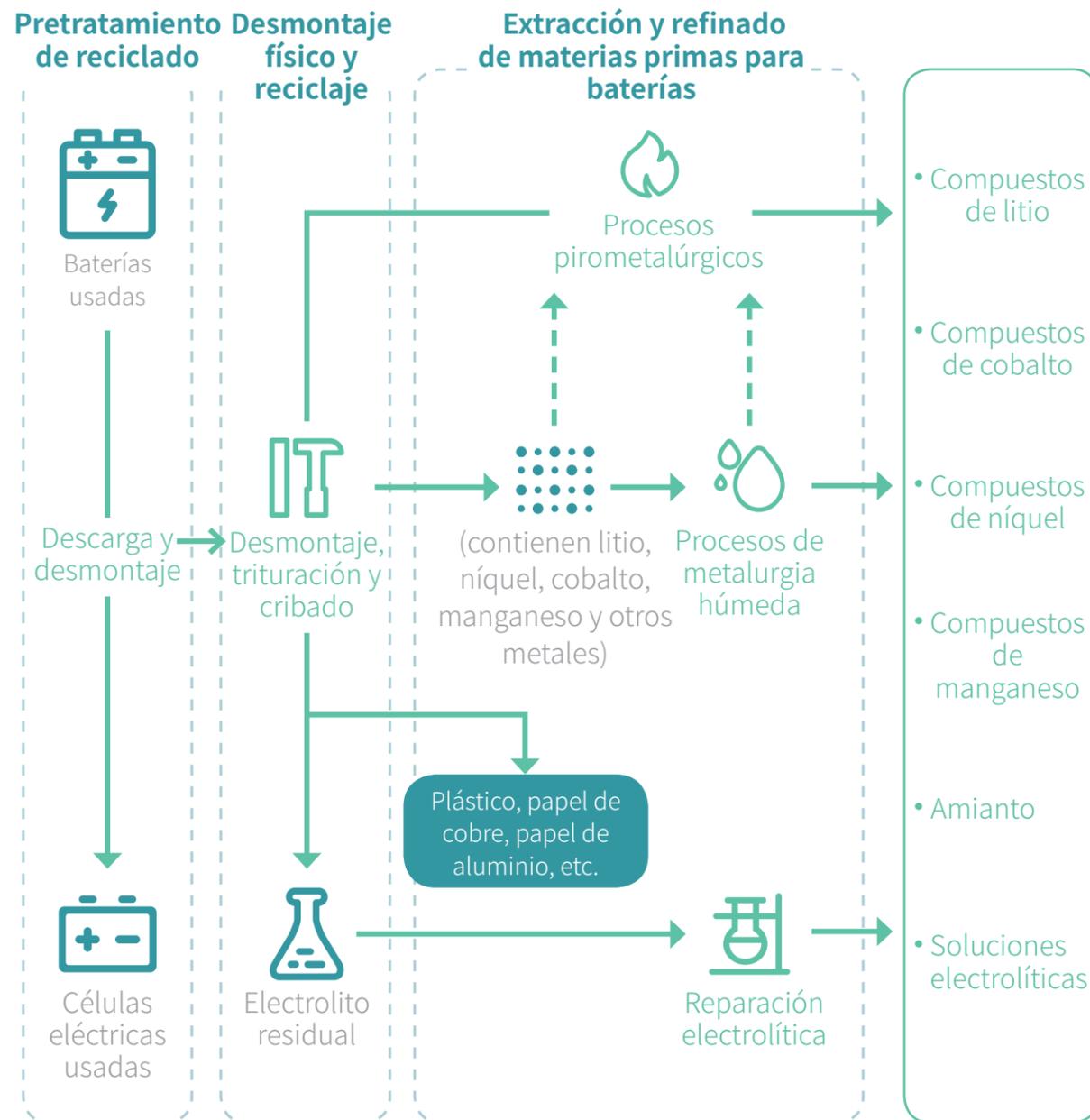


Figura 10. Proceso típico de reciclado de materiales de baterías eléctricas (Deloitte, 2022)

En la actualidad, existen en el mercado tres procesos principales de reciclado de pilas: reciclado térmico, reciclado húmedo y reciclado directo. En el cuadro 7 se comparan las ventajas y desventajas de los distintos procesos.

Tabla 7. Comparación de los procesos de reciclaje de baterías de energía (AIE,2021c, Deloitte,2022; Huatai Securities,2022; CITIC Securities,2022)

Estrategias	El proceso	Ventajas	Desventajas	
Meta-lurgia hú-meda	Lixiviación ácida inorgánica	La disolución por separado de los metales litio y cobalto se consigue utilizando ácido clorhídrico, ácido nítrico + peróxido de hidrógeno, ácido sulfúrico + etanol o ácido fosfórico + peróxido de hidrógeno. En particular, el uso de la disolución de ácido fosfórico + peróxido de hidrógeno permite la separación directa del fosfato de hierro y litio y de la materia prima ternaria de metal de cátodo de litio.	Bajo coste, alta tasa de lixiviación, algunos procesos (por ejemplo, ácido fosfórico + peróxido de hidrógeno) son adecuados para recuperar los cátodos LFP y NCM por separado tras la recuperación mixta de múltiples baterías de litio.	Gases de escape tóxicos y aguas residuales ácidas, elevados requisitos de equipamiento.
	Lixiviación ácida orgánica	Además del uso más frecuente del ácido fórmico, se ha intentado explorar el uso de la disolución con ácido oxálico y cítrico, la cual puede lograr mayores tasas de recuperación de litio	Menos pasos, manipulación más fácil, mayor recuperación de material catódico	Alto consumo de productos farmacéuticos, lixiviación incompleta, lixiviación lenta, alto coste de los ácidos orgánicos
	Disolución en fluido supercrítico	El litio y el cobalto se obtienen por electrodeposición tras impregnación con CO2 supercrítico o agua supercrítica, o por disolución con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno, respectivamente.	Alto índice de lixiviación	Requisitos elevados de presión y temperatura del equipo, alto consumo de energía

Estrategias		El proceso	Ventajas	Desventajas
Pirometalurgia	Pirólisis al vacío	En condiciones sin oxígeno, el grafito puede producir carbonato de litio directamente con el ánodo	Proceso breve, acceso directo al material de carbonato de litio; se pueden recuperar múltiples metales y el proceso es relativamente sencillo.	Gran inversión en equipos y elevados costes energéticos
	Tostación con ácido sulfúrico (piroproceso)	Mediante el coprocesamiento de residuos sólidos, se obtienen cobalto, grafito y carbonato de litio mezclando el material del electrodo negativo con el material del electrodo positivo y tostándolo.		
	Tostación con ácido sulfúrico (método de microondas)	El material del ánodo se mezcla con ácido sulfúrico, se tuesta con ácido y el sulfato reacciona con el material del ánodo para dar óxido de litio y óxido de cobalto respectivamente, que se separan por diferencia de solubilidad y luego el carbonato se utiliza para precipitar el litio. Disolución selectiva y reprecipitación para formar carbonato de litio. Después se recicla el ácido sulfúrico.		
Reciclado directo	—	Partiendo de la composición y la estructura del material fallido, el fallo del material se aborda de forma selectiva sin necesidad de destruir la estructura inherente del material, lo que permite la regeneración estructural y, por tanto, el restablecimiento de la actividad electroquímica del material.	No descompone el cátodo en elementos, sino que conserva la estructura cristalina del material y regenera el material del cátodo, adecuado para electrodos que contienen metales de menor valor.	Inflexibles, deben adaptarse a cada producto químico del cátodo y los cátodos reciclados sólo pueden ponerse en producción para el mismo tipo de célula.

El estudio de Chen et al. sobre las pilas NCM811 demostró que las pilas fabricadas con materiales reciclados a partir de diferentes procesos tenían menos emisiones de carbono que las fabricadas con materiales vírgenes, siendo el proceso húmedo (33,4%) y el proceso de reciclado directo (51,8%) los que proporcionaban los ahorros más significativos.

Con el fin de reducir aún más las emisiones de carbono de las pilas de energía regenerativa, existen dos direcciones principales de optimización:

Mejorar la eficiencia energética del proceso de regeneración y reducir la huella de carbono del proceso de regeneración.

Para los procesos térmicos, cabe remitirse a las medidas de reducción de emisiones aplicables al refinado intermedio de sales de litio. Para los procesos térmicos y de recuperación directa, dado que la electricidad es el principal tipo de energía de consumo, un cambio a la electricidad renovable puede reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero del proceso.

Ampliar la recuperación de recursos y reducir la huella de carbono de los materiales reciclados

Mejorar la separación y posterior recuperación de materiales en la fase de desmontaje de baterías y de clasificación de materias primas, por ejemplo, utilizando procesos como la clasificación en varias fases, la oxidación avanzada, el decapado electroquímico y la eliminación de revestimientos. Asimismo, aumentar la recuperación de componentes distintos del material catódico de la batería, como el electrolito y el diafragma, para aumentar la cantidad y el valor del material reciclado y diluir la huella de carbono del material.

3.4.3 Formulario de empresa de economía circular

El establecimiento de un sistema estandarizado y racionalizado de reciclaje de baterías eléctricas que garantice un suministro estable de baterías es la clave para promover el desarrollo de una economía circular para las baterías eléctricas. Al mismo tiempo, un sistema sólido de reciclaje de baterías eléctricas también puede minimizar los peligros para la seguridad y el medio ambiente asociados al mercado de reciclaje "pequeño y disperso", así como el fenómeno de que "el dinero malo expulsa al dinero bueno" debido a la competencia en el mercado.

El modelo de alianza industrial, impulsado por el sistema de responsabilidad ampliada del productor, es el modelo más tradicional de reciclaje de pilas eléctricas. Se trata de una alianza de los miembros anteriores y posteriores de la industria como cuerpo principal del reciclaje de baterías retiradas, formando un bucle cerrado de la industria de reciclaje de baterías de litio. El modelo de alianza industrial cuenta con una amplia gama de canales de reciclaje y una sólida experiencia técnica, y puede reducir la competencia viciosa en el mercado a través de la cooperación de los miembros anteriores y posteriores de la cadena industrial, reduciendo eficazmente los costes generales del proceso y mejorando la eficiencia operativa general. El problema del reparto de riesgos es más importante en este modelo, ya que los miembros están vinculados entre sí a través de la alianza industrial, y las empresas tienen que asumir los riesgos que puedan traer otros miembros de la cadena de reciclaje de baterías.

Al mismo tiempo, algunos miembros de la cadena de valor de la industria se han expandido en los últimos años basándose en sus fortalezas comerciales tradicionales para participar directamente en el proceso de reciclaje de baterías eléctricas retiradas, lo que ha dado lugar a la aparición de diferentes formas de modelos de reciclaje de baterías eléctricas en el mercado:

Modelos de reciclado de baterías para fabricantes de vehículos

Construir una cadena industrial de circuito cerrado de "producción de baterías - producción de vehículos - reciclado de baterías - cribado y evaluación - reciclado" puede constituir una ventaja de escala.

Figura 11. Modelo de negocio de reciclaje y reutilización de baterías eléctricas

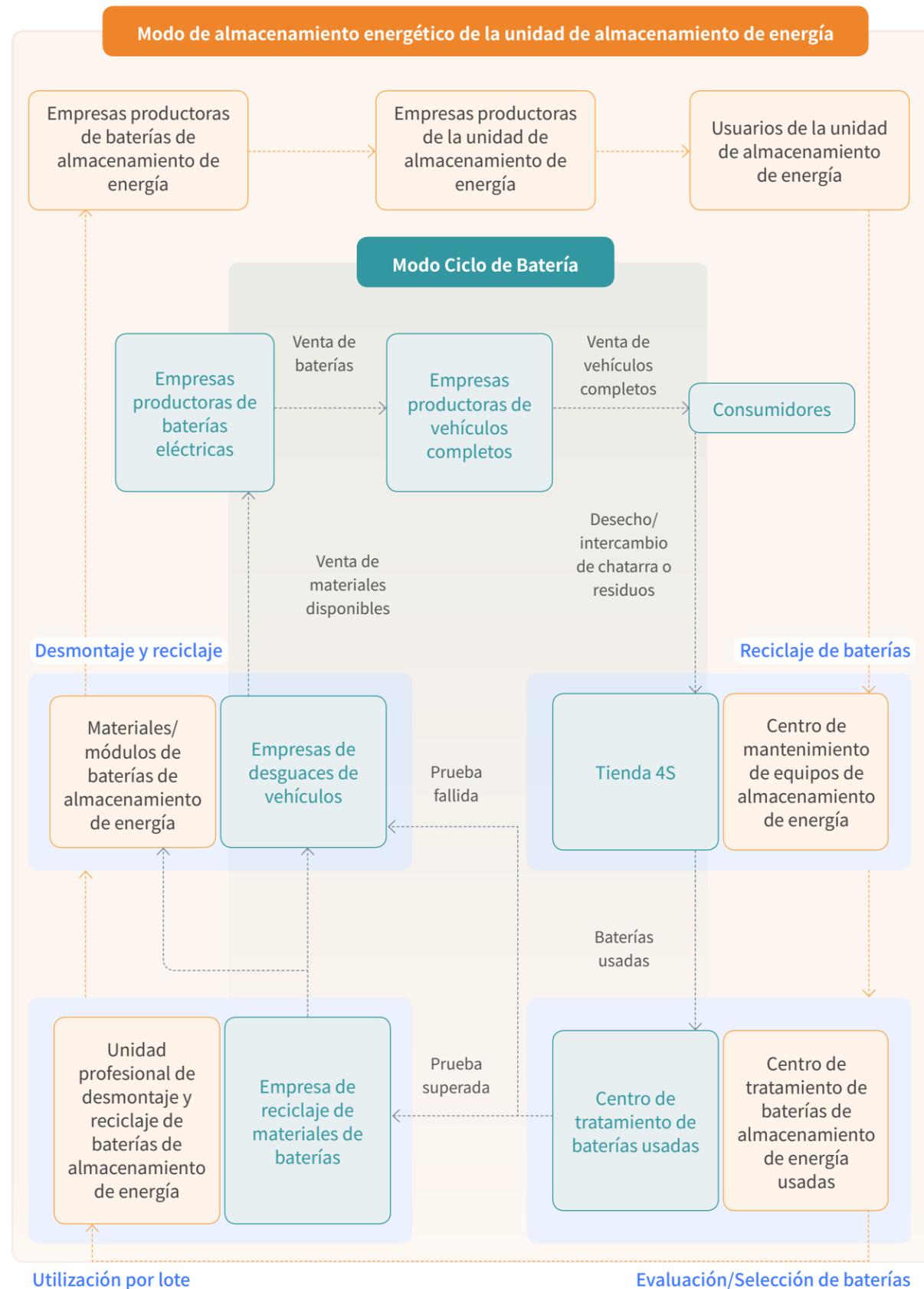


Modelos de reciclaje de baterías de los fabricantes

Los fabricantes de baterías, como órgano principal del reciclaje de baterías, construyen un circuito cerrado ecológico de "producción de baterías → uso → uso secundario → reciclaje y regeneración de recursos" y aprovechan las ventajas de los canales para crear un modelo empresarial de reciclaje de circuito cerrado de materiales de baterías y uso secundario de baterías usadas.

Modelos de reciclaje de baterías de fabricantes independientes

Disposición de la red de reciclado en torno a la cadena de valor regional de los vehículos de nueva energía para completar el circuito cerrado desde el reciclado de baterías hasta la venta de material de electrodos. Los recicladores de baterías independientes establecen la disposición de las plantas de reciclaje para formar canales estables de reciclaje y venta una vez que se ha determinado con los clientes la oferta y la demanda.



Foco en Tianqi

Investigación sobre el reciclado de baterías eléctricas retiradas

Tianqi Lithium se centra en la investigación del reciclaje de baterías eléctricas retiradas. La empresa se ha asociado con un tercero para crear una compañía centrada en la investigación y el desarrollo de tecnologías de reciclaje de recursos y en el reciclaje y la valorización de baterías eléctricas retiradas. Tianqi colaborará estrechamente con los miembros de la cadena de valor para garantizar la eliminación ecológica de las baterías eléctricas retiradas, lo que ayudará a reducir la dependencia mundial de los recursos primarios de litio y el impacto climático de la extracción de litio. Tianqi seguirá apoyando el desarrollo del mercado de sales de litio recicladas y explorará posibles oportunidades para incorporar sales de litio recicladas a su cartera de productos.



Investigación sobre la tecnología de aprovechamiento integral de los recursos minerales

Tianqi Lithium realiza activamente la investigación sobre la tecnología de aprovechamiento integral de los recursos minerales, y en 2021 dispuso básicamente de un laboratorio para realizar el reciclaje integral de los recursos de escoria de litio. En 2022, la empresa llevó a cabo una investigación sobre el reciclaje integral de la escoria de litio de dos plantas de sal de litio y desarrolló con éxito un paquete de procesos de construcción de líneas de producción, que tiene menos tipos de productos químicos, mayor rendimiento, una disposición razonable del proceso y ahorro de energía en comparación con los paquetes de procesos tradicionales. En comparación con el paquete de proceso tradicional, tiene las características de requerir menos tipos de productos químicos, mayor rendimiento, disposición razonable del proceso, ahorro de energía y reducción del consumo.

Mediante la construcción de una línea de utilización integral de alto valor para la escoria de litio, Tianqi Lithium realiza un tratamiento ingenioso, reducido e inocuo de la escoria de litio, a la vez que aporta materias primas con bajas emisiones de carbono y productos limpios a la industria transformadora. Actualmente, los productos de reutilización de escoria de litio de la empresa incluyen:

- **Polvo micronizado de sílice-alúmina:** para reducir la cantidad de materias primas extraídas para la fibra de vidrio y reducir el consumo de energía de la producción de fibra de vidrio, Tianqi Lithium ha completado la salida del paquete de proceso piloto (60t / base seca) y el trabajo de diseño de patentes.
- **Concentrados de tantalio y niobio:** ampliamente utilizados en el campo de la electrónica, la ingeniería biomédica, el campo de las aleaciones especiales, la industria del carburo cementado, la industria química, la industria superconductora y el campo de la fabricación de vidrio cerámico de precisión, etc. Actualmente, el 80% de los concentrados de tantalio y niobio dependen de las importaciones, el niobio se puede utilizar para el acero de alta calidad, el tantalio se puede utilizar para la producción militar, actualmente de 200.000 toneladas de escoria de litio se pueden recuperar 5 toneladas de tantalio y niobio, una pequeña prueba se completará a finales de 2022 y se espera que una prueba piloto se complete en 2023;
- **Yeso de alta pureza:** el yeso de alta pureza puede ser ampliamente utilizado en la construcción, la artesanía, la escultura, los moldes industriales, el uso médico, etc. Después de reciclar la escoria de litio del tratamiento preliminar, Tianqi Lithium trata y procesa la escoria de litio restante para convertirla en yeso.
- **Procesamiento de zeolita:** la escoria de litio contiene componentes de silicato, que forman materiales porosos durante el procesamiento.

04

Llamamiento a la acción

Según el informe sobre la brecha de emisiones publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero en 2021 (52,8 GtCO₂e, excluido el sector LULUCF) seguirán aumentando y superarán los niveles del 2019 hasta alcanzar una cifra récord, a pesar de un descenso sin precedentes de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero bajo el impacto del Covid-19 de 2020.

Desde olas de calor e incendios en lugares como Grecia, Siberia, Turquía y Estados Unidos, hasta inundaciones en China, Alemania y otros lugares, el impacto de las catástrofes medioambientales se está intensificando en todo el mundo y la urgencia de la acción climática nunca ha sido mayor. Como ha dicho el secretario general de la ONU, António Guterres: "A menos que las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan de forma inmediata, rápida y masiva, no será posible limitar el calentamiento a 1,5 °C, lo que tendrá consecuencias catastróficas para la humanidad y el planeta del que dependemos".

Para seguir el ritmo de llegar al objetivo de 1,5 °C, el sector del litio debe lograr un crecimiento sostenible que respalde una transición energética limpia y realice cero emisiones netas. En esta sección se describen las posibles medidas que pueden adoptar los distintos sectores para impulsar este proceso.

4.1 Miembros de la cadena de valor >>

—En busca de las formas sostenibles de crecimiento

Aunque la transición hacia energías limpias presenta enormes oportunidades de crecimiento para el sector del litio, también conlleva fuertes presiones de descarbonización. Lograr un crecimiento sostenible en el sector del litio requerirá una amplia inversión y cooperación por parte de los miembros de la cadena de valor. Muchas de estas acciones reportarán beneficios financieros y estratégicos positivos a los miembros de la industria.

Eficiencia energética y electricidad renovable



La mejora de la eficiencia energética y la electricidad renovable es una vía necesaria para que el sector del litio reduzca rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero a corto plazo y alcance objetivos en la reducción de emisiones por hitos.

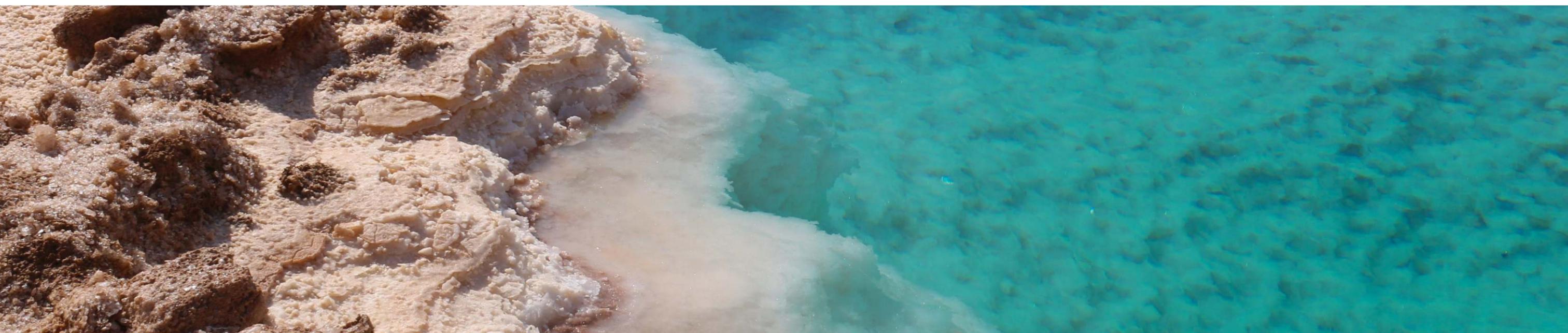
Como una de las formas más eficaces para reducir las emisiones, el aumento de la eficiencia energética puede suponer un importante ahorro de costes para las empresas. Por otra parte, con la energía solar y eólica cada vez más competitiva en costes, así como las reformas del mercado eléctrico y un mayor apoyo del mercado a la inversión en proyectos de energías renovables, cada vez hay menos barreras para que las empresas se pasen a este tipo de energía. El compromiso de los clientes intermedios al comprar materias primas a fabricantes más eficientes puede impulsar aún más las decisiones empresariales de los fabricantes.

I+D Innovación



El crecimiento sostenible del sector del litio depende de la innovación y los avances en tecnologías clave.

Por ejemplo, las tecnologías de extracción directa de litio pueden contribuir a la ampliación de la extracción de éste de lagos salinos con alto contenido en magnesio, y los combustibles de hidrógeno y los combustibles sintéticos de origen biológico pueden contribuir a la descarbonización térmica actual basada en el gas natural. Algunas de estas tecnologías deben abordarse dentro de la industria, mientras que otras requieren la colaboración con otras. Las empresas pueden establecer un presupuesto de capital que se dedique a invertir en tecnologías clave y superar estas barreras tecnológicas mediante la investigación y el desarrollo internos, el desarrollo externo, el desarrollo en colaboración y la inversión. Al tiempo que reducen las emisiones, las empresas también pueden mejorar la eficiencia de los recursos y desarrollar oportunidades para nuevas fuentes de ingresos en productos y servicios sostenibles, ayudándoles a reducir costes y mejorar la rentabilidad.



Cooperación industrial e intergubernamental



Las empresas influyentes del sector pueden hacer un llamamiento a los miembros de la cadena de valor y a otras partes interesadas para que formen alianzas, establezcan asociaciones estratégicas y objetivos comunes, colaboren en el desarrollo de enfoques y normas industriales para la descarbonización, y compartan experiencias y avances en este proceso.

El gobierno puede fomentar estas actividades organizando conferencias, proporcionando reconocimiento y ofreciendo apoyo financiero. Al mismo tiempo, al ponerse en contacto con los responsables de la elaboración de normativas, puede influir en las decisiones políticas de la industria y, al mismo tiempo, prepararse para los próximos cambios o propuestas, a fin de maximizar el efecto integral de las políticas climáticas.

Etiquetas de los productos



El sector podría desarrollar un sistema de etiquetado de certificación de productos para las pilas de energía, que proporcionaría etiquetas a los productos que cumplieran criterios específicos fijando límites a las emisiones del ciclo de vida y al contenido reciclado de las pilas de energía.

Al obtener etiquetas de productos que cumplen las normas de certificación, los fabricantes pueden demostrar que sus productos son más sostenibles, lo que aumenta la confianza y la fidelidad de los clientes hacia sus productos. Además, la adopción de un sistema de certificación y etiquetado de productos también ayuda a los fabricantes a cumplir diversas normativas y reglamentos nacionales y regionales, y les ayuda a abrir nuevos mercados.

Mejoramiento de la calidad de los datos del sector



Debido a la insuficiencia de datos, muchas publicaciones siguen utilizando los primeros datos corporativos sobre consumo energético y emisiones de GEI en el sector del litio.

Lo que puede dar lugar a percepciones externas erróneas sobre la situación actual de las emisiones del sector e influir así en los juicios sobre los impactos climáticos de los distintos procesos de producción del sector y el potencial de reducción en las distintas vías de descarbonización. Los productores de sales de litio podrían mejorar la situación presente de los datos midiendo y divulgando regularmente los impactos ambientales del ciclo de vida de sus productos.

Educación pública



El conocimiento que tiene el público del cambio climático puede influir en su comportamiento diario.

Al promover el papel clave del litio para impulsar una transición energética limpia y presentar posibles soluciones de descarbonización, puede fomentarse el apoyo público al crecimiento sostenible de la industria. Por otro lado, al promover las ventajas de los vehículos eléctricos para el medio ambiente durante su ciclo de vida, se pueden disipar las posibles preocupaciones de los consumidores sobre este tipo de vehículo y aumentar su aceptación en el mercado.

Mayor divulgación de información sobre el clima



Al divulgar información sobre el clima, la empresa puede ayudar a los inversores a comprender la evaluación sobre los posibles riesgos climáticos y sus preparaciones correspondientes con la finalidad de aumentar la resiliencia de los negocios.

Todo esto puede fomentar la confianza de los inversores, especialmente entre los inversores a largo plazo, lo cual es importante para la industria del litio, que tiene una gran necesidad de financiación durante su fase de expansión. Ahora, las recomendaciones de TCFD emitidas por el Grupo de trabajo sobre Divulgaciones Financieras Relacionadas con el Clima (TCFD, por sus siglas en inglés) son la norma de divulgación climática más utilizada en el mundo y proporcionan una orientación clara para garantizar la coherencia y la comparabilidad de las divulgaciones climáticas (véase el anexo 2022 Informe sobre divulgaciones financieras relacionadas con el clima de Tianqi Lithium).

4.2 Sector público >>

—Fortalecimiento de los marcos y mecanismos políticos

Si bien la industria ya se encuentra en una dirección sostenible que está siendo dirigida por la acción reguladora, aún necesita más presión reguladora para apoyar las decisiones empresariales y ofrecer incentivos que impulsen una transformación sistémica. Combinando motivos medioambientales y económicos a través de diversos instrumentos políticos, se pueden optimizar los beneficios y la rentabilidad medioambientales.

Incentivos fiscales



Los incentivos fiscales pueden desempeñar un papel importante en la estimulación del despliegue de tecnologías limpias.

Por ejemplo, en la última década, la política china de subvenciones fiscales para la promoción y aplicación de vehículos de nueva energía ha impulsado enormemente el desarrollo, la producción y la difusión de tecnologías de estos vehículos. Del mismo modo, el gobierno puede ofrecer créditos fiscales o exenciones fiscales a las empresas que utilicen calor con bajas emisiones de carbono para producir productos de litio, o créditos fiscales a las que invierta en este tipo de empresas.

Mando y control



Los instrumentos políticos de mando y control definen claramente los requisitos específicos que deben cumplir las empresas.

A nivel técnico, se puede prohibir a la industria de procesamiento de litio que utilice combustibles fósiles específicos para generar calor después de una fecha concreta, o exigirle que utilice tecnologías específicas de calor industrial con bajas emisiones de carbono. A nivel de rendimiento, podrían establecer normas obligatorias de límite energético o de límite de emisiones para la industria. A nivel de marco, el gobierno podría establecer requisitos de cualificación para la eliminación de las baterías eléctricas fuera de servicio y elevar la barrera de entrada a la industria.

Divulgación medioambiental

Exigir a los fabricantes de células de energía y vehículos que divulguen información sobre las emisiones o relacionada con el clima,



Aumentar el nivel de información de la administración puede apoyar la futura inclusión de estas empresas en otros sistemas reguladores, como las normas industriales o el comercio de derechos de emisión, de una forma más racional. Al mismo tiempo, el informe también puede aumentar el nivel de conciencia pública sobre la influencia medioambiental de distintos productos para apoyar sus decisiones de compra.

Contratación pública

El uso de herramientas de políticas de contratación pública puede proporcionar un mercado definido para los fabricantes de nuevos productos y compensar las externalidades positivas de la innovación tecnológica con bajas emisiones de carbono por parte de las empresas.



Los sistemas de transporte urbano, como uno de los principales compradores de vehículos de nueva energía, han contribuido significativamente a la aplicación a escala de estos vehículos en la última década aproximadamente. Con el rápido desarrollo de la industria, se pueden inducir cambios importantes del comportamiento de ésta estableciendo requisitos de adquisición relacionados con el rendimiento climático, como el consumo de electricidad por cada 100 km, la huella de carbono de las células de energía, el contenido de litio por unidad de capacidad, etc., para impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico de la industria.

Apoyo gubernamental a la I+D

En los últimos años, el Gobierno chino ha experimentado un notable y rápido aumento de la inversión en I+D de tecnologías limpias, que es crucial para el desarrollo de muchas de ellas.



Entre los numerosos sectores industriales, la producción de calor es una de las principales fuentes de emisiones. El desarrollo de tecnologías térmicas limpias es una forma eficaz para eliminar las emisiones industriales. Los combustibles de hidrógeno, amoníaco, biomasa y los sintéticos de origen biológico, así como la energía geotérmica, la nuclear y la electrificación tienen un gran potencial para apoyar la descarbonización térmica. Sin embargo, todas estas tecnologías se enfrentan actualmente a diversos grados de limitaciones técnicas y/o económicas, y el apoyo gubernamental a la I+D puede contribuir a cerrar estas brechas.

Construcción de infraestructuras

La transición a un calor industrial limpio requerirá nuevas infraestructuras, como líneas de transmisión o gasoductos de hidrógeno.



El gobierno puede desempeñar un papel fundamental fomentando o participando directamente en el desarrollo de tales infraestructuras mediante la concesión de permisos, la financiación y otras medidas.

4.3 Instituciones financieras >>

—Dar prioridad a las oportunidades innovadoras de inversión y financiación

Las instituciones financieras pueden proporcionar apoyo económico para la transición hacia la energía con bajas emisiones de carbono y la sostenibilidad de la industria del litio. Con el fin de aprovechar al máximo el capital en el avance de cero emisiones netas, es necesario desarrollar una gama diversa de productos financieros transformadores para garantizar que se invierta más en áreas clave que apoyen el crecimiento sostenible del sector del litio.

Desarrollo de productos financieros:

Productos de préstamo

Se proporcionan ayudas financieras y tipos de interés preferenciales para proyectos que cumplan criterios medioambientales mediante los préstamos verdes o los préstamos para el desarrollo sostenible, así apoyan a la industria del litio para que lleve a cabo iniciativas de ahorro energético y reducción de emisiones y optimice la estructura energética industrial. Los bancos pueden evitar la concesión de préstamos verdes a empresas que potencialmente no cumplan los requerimientos, estableciendo un sistema de evaluación para la industria verde y realizando una evaluación integral de los beneficios medioambientales de los proyectos antes de conceder préstamos verdes. Al mismo tiempo, el gobierno puede incentivar a los bancos para que lleven a cabo operaciones de crédito verde y aumentar su motivación mediante subvenciones financieras.

Productos de bonos

Los bonos verdes o los bonos para el desarrollo sostenible son otra forma de financiación para apoyar proyectos medioambientales. Las instituciones financieras pueden aplicar métodos de evaluación similares a los utilizados en los préstamos verdes para identificar los activos verdes calificados. Además, los bonos vinculados a la sostenibilidad, que han surgido en los últimos años, no exigen a las empresas que utilicen los fondos recaudados para proyectos ambientales. En su lugar, exige a las empresas que cumplan unos objetivos de sostenibilidad comprometidos, lo que garantiza así que el rendimiento de los bonos esté vinculado a beneficios medioambientales y ofrezca una fuente potencial de financiación para segmentos clave de la descarbonización de la cadena de valor, como la extracción de litio de salares y el reciclaje de células de energía.

Productos de inversión

Al tener en cuenta los factores ambientales en la fase de asignación de carteras de inversiones, los inversores pueden prestar apoyo financiero a las empresas que cumplan criterios ambientales. Para garantizar la excelencia de sus destinatarios en el área medioambiental, los inversores pueden elaborar indicadores específicos que estén relacionados con el clima, como el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de producto para los fabricantes de litio, y remitirse a sistemas externos de calificación ESG, como MSCI, S&P CSA y CDP. La incorporación de estos indicadores a la estrategia de selección o integración de inversiones puede ayudar a los inversores a identificar potenciales líderes climáticos.

Productos de seguros

Para reducir la incertidumbre que puede encontrar la industria del litio a la hora de emprender acciones climáticas, podrían ofrecerse seguros verdes innovadores para facilitar la obtención de aprobación o atraer financiación e inversiones para estas acciones, y crear nuevas oportunidades de negocios para las compañías de seguros. Por ejemplo, las aseguradoras podrían ofrecer seguros para proyectos de energías renovables con el fin de garantizar que los propietarios de los mismos alcancen al menos un cierto nivel de ahorro de costes al año. Además, las aseguradoras pueden proporcionar seguros para proyectos de eficiencia energética y de sustitución de tecnologías térmicas limpias para garantizar que los propietarios logren al menos un determinado nivel de ahorro energético al año y reduzcan el riesgo de posibles retrasos en el proyecto.

Divulgación del impacto:

La transparencia y la credibilidad son esenciales para la sostenibilidad de la financiación verde. Para ello, las instituciones financieras deben establecer canales de comunicación eficientes con las empresas que reciben ayudas de financiación verde, con el fin de recibir periódicamente información sobre los avances y rendimientos de los proyectos y divulgar anualmente el impacto ambiental de los productos de financiación verde que emiten. Lo cual no sólo ayudará a las instituciones financieras a evaluar internamente la eficacia y las deficiencias de sus productos, sino que también contribuirá a aumentar la concienciación y la aceptación públicas de los productos de financiación verde.



Referencias

[1] Anglo American.(2022) . Anglo American unveils a prototype of the World, s Largest Hydrogen-powered Mine Haul Truck - a vital step Towards Reducing carbon Emissions over Time. <https://www.angloamerican.com/media/press-releases/2022/06-05-2022>

[2] BMW Group.(2021) . Into a circular Future. <https://www.bmwgroup.com/en/news/general/2021/iaamobility2021.html>

[3] chen,Q., Lai,X., Gu, H., Tang,X., Gao, F., Han,X., & zheng,y.(2022) . Investigating carbon Footprint and carbon Reduction potential using a cradle-to-cradle LcA Approach on Lithium-ion Batteries for Electric

vehicles in china. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133342>

[4] European parliament. (2023) . p9-TA (2023) 0237 Batteries and waste batterieshttps://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0237_EN.pdf

[5] Fayomi, G. u., Mini, s. E., Fayomi, O. s. l., & Ayoola,A. A.(2019) . perspectives on Environmental c02 Emission and Energy Factor in cement Industry. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/331/1/012035>

[6] Gao, T. M., Fan, N., chen,W., & Dai,T.(2023) . Lithium Extraction from Hard RocK Lithium Ores(spodu- mene, Lepidolite, zinnwaldite, petalite) : Technology, Resources, Environment and cost. <https://doi.org/10.31035/cg2022088>

<https://doi.org/10.31035/cg2022088>

[7] Grant, A.(2020) . From catamarca to Qinghai: The commercial scale Direct Lithium Extraction Operations. <https://www.jadecove.com/research/fromcatamarcatqinghai>

[8] Haidelberg Materials.(2022) . Green Light for LEILAc 2 carbon capture project at Heidelbergcement, s plant in Hanover, Germany. <https://www.heidelbergmaterials.com/en/pi-23-03-2022>

[9] He, z. H., Du, s. G., & chen, D.(2018) . Microstructure of ultra High performance concrete containing Lithium slag. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.03.063>

[10] IceF.(2019) . Industrial Heat Decarbonization Roadmap. <https://www.icef.go.jp/pdf/summary/roadmap/icef2019-roadmap.pdf>

[11] IEA.(2021a) . An Energy sector Roadmap to carbon Neutrality in china. <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china>

[12] IEA.(2021b) . Net zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy sector. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

[13] IEA.(2021c) . The Role of critical Minerals in clean Energy Transitions. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

[14] IEA.(2022a) , Building. <https://www.iea.org/reports/buildings>

[15] IEA.(2022b) . critical Minerals policy Tracker. <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-policy-track-er>

[16] IEA.(2022c) . Global supply chains of EV Batteries. <https://www.iea.org/reports/global-supply-chains-of-ev-batteries>

[17] IEA.(2022d) . Grid-scale storage. <https://www.iea.org/reports/grid-scale-storage>

[18] IEA.(2022e) . Opportunities for coupling ccus Hydrogen production in china. <https://www.iea.org/reports/opportunities-for-hydrogen-production-with-ccus-in-china>

[19] IEA.(2023) . Global EV Outlook 2023. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>

[20] IRENA.(2022) . critical Minerals for the Energy Transition: Lithium. <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Technical-papers/IRENA-critical-Materials-Lithium-2022.pdf>

[21] Lemougna, p. N., yliniemi,J., Ismailov, A., Levanen, E., Tanskanen, p., kinnunen, p., Roning,J. & Illikainen, M.(2019) . Recycling Lithium Mine Tailings in the production of Low Temperature(700-900oc) ceramics: Efect of Ladleslag and sodium compounds on the processing and Final properties. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.078>

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.078>

[22] Li,T., Li, s., Li,W., yan, R., zhang, M., Wang,y., Fan,y., zhang,y., Xia, L., zhao, z., & Liu, s.(2022) . The

Road to Net zero: Decarbonization in china, s cement Industry. <https://rmi.org/insight/net-zero-decarbonization-in-chinas-cement-industry/>

[23] Li,X., sun,X., Hu,X., Fan, F., cai, s., zheng, c., & stucky, G. D.(2020) . Review on comprehending and

Enhancing the Initial coulombic Eiciency of Anode Materials in Lithium-ion/sodium-ion Batteries. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.105143>

[24] Ma, y., Guo, p., Liu, M., cheng, p., zhang, T., Liu, J., Liu, D. & He, D. (2022) . To Achieve controlled specific capacities of silicon-based Anodes for High-performance Lithium-ion Batteries. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.164189>

[25] Mckinsey. (2019) . second-life Ev Batteries: The Newest value pool in Energy storage. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/second-life-ev-batteries-the-newest-value-pool-in-energy-storage>

[26] Mckinsey. (2022) . Lithium Mining: How New production Technologies could Fuel the Global Ev Revolution. <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/lithium-mining-how-new-production-technologies-could-fuel-the-global-ev-revolution>

[27] Menon, A. k., Haechler, l., kaur, s., Lubner, s., & prasher, R. s. (2020) . Enhanced solar Evaporation using a photo-thermal umbrella for Wastewater Management. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0445-5>

[28] Monkman, s., MacDonald, M., Hooton, R. D., & sandberg, p. (2016) . properties and Durability of concrete produced using CO₂ as an Accelerating Admixture. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.10.007>

[29] Reddy, M. v., Mauger, A., Julien, c. M., paoletta, A., & zaghib, k. (2020) . Brief history of early lithium-battery development. <https://doi.org/10.3390/ma13081884>

[30] Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, p. (2020) . CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector#annual-greenhouse-gas-emissions-by-sector>

[31] slowik, p., Lutsey, N., & Hsu, c. (2020) . How Technology, Recycling, and policy can Mitigate supply Risks to the Long-term Transition to zero-emission vehicles. <https://theicct.org/publication/how-technology-recycling-and-policy-can-mitigate-supply-risks-to-the-long-term-transition-to-zero-emission-vehicles>

[32] s&p Global. (2021) . volkswagen, s plan on LFP use shifts Hydroxide Dominance Narrative in Ev sector. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/031721-volkswagens-plan-on-lfp-use-shifts-hydroxide-dominance-narrative-in-ev-sector>

[33] song, J. F., Nghiem, L. D., Li, X. M., & He, T. (2017) . Lithium Extraction from chinese salt-lake Brines: Opportunities, challenges, and Future Outlook. <https://doi.org/10.1039/c7EW00020k>

[34] sterba, J., krzemiel, A., Fernandez, p. R., Garcia-Miranda, c. E., & valverde, G. F. (2019) . Lithium Mining: Accelerating the Transition to sustainable Energy. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.05.002>

[35] sahu, s., & Meiningner, R. c. (2020) . sustainability and Durability of solidia cement concrete. <https://www.concrete.org/publications/getarticle.aspx?m=icap&pubid=51728105>

[36] sandeep, B. G. (2021) . Reduction of Greenhouse Gas Emission by carbon Trapping concrete using carbonure Technology. <https://doi.org/10.48422/IMsT.pRsM/ajejes-v7i3.28111>

[37] sun, L., Liu, y., wu, J., shao, R., Jiang, R., Tie, z., & Jin, z. (2022) . A Review on Recent Advances for Boosting Initial coulombic Efficiency of silicon Anodic Lithium Ion Batteries. <https://doi.org/10.1002/sml.202102894>

[38] sykes, J., schodde, R., & Davis, s. (2019) . A Global Overview of the Geology and Economics of Lithium production. <https://minexconsulting.com/wp-content/uploads/2019/12/Lithium-presentation-July-2019.pdf>

[39] Tan, H., zhang, X., He, X., Guo, y., Deng, X., su, y., yang, J. & wang, y. (2018) . utilization of Lithium slag by wet-grinding process to Improve the Early strength of sulphoaluminate cement paste. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.027>

[40] uNEp. (2022) . Emissions Gap Report 2022. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022>

[41] vera, M. L., Torres, w. R., Galli, c. l., chagnes, A., & Flexer, v. (2023) . Environmental Impact of Direct Lithium Extraction from Brines. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00387-5>

[42] volkswagen. (2021) . way to zero: volkswagen presents Roadmap for climate-neutral Mobility. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/way-to-zero-volkswagen-presents-roadmap-for-climate-neutral-mobility-7081>

[43] Xu, s., song, J., Bi, Q., chen, Q., zhang, w. M., Qian, z., zhang, L., Xu, s., Tang, N., & He, T. (2021) . Extraction of Lithium from chinese salt-lake Brines by Membranes: Design and practice. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2021.119441>

[44] zhang, H., yang, y., Ren, D., wang, L., & He, X. (2021) . Graphite as Anode Materials: Fundamental Mechanism, Recent progress and Advances. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2020.12.027>

[45] 边志富. (2013) . 天然碱的加工及利用途径探讨. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=cJFD&dbname=cJFDHs2&ilname=NMsH201321028&uniplatform=NzKpT&v=gtwT851JM0alvaQ-ypym-m4DAocmtyz9zDG7D3vMuJsiilJr0vvy8xs-usvrtf-yA>

[46] m4DAocmtyz9zDG7D3vMuJsiilJr0vvy8xs-usvrtf-yA

[47] m4DAocmtyz9zDG7D3vMuJsiilJr0vvy8xs-usvrtf-yA

[48] m4DAocmtyz9zDG7D3vMuJsiilJr0vvy8xs-usvrtf-yA

[49] m4DAocmtyz9zDG7D3vMuJsiilJr0vvy8xs-usvrtf-yA

[50] m4DAocmtyz9zDG7D3vMuJsiilJr0vvy8xs-usvrtf-yA

[51] m4DAocmtyz9zDG7D3vMuJsiilJr0vvy8xs-usvrtf-yA

[52] m4DAocmtyz9zDG7D3vMuJsiilJr0vvy8xs-usvrtf-yA

[46] 蔡博峰,李璇,张贤等.(2021). 中国二氧化碳捕集利用与封存(ccus) 年度报告(2021). <http://www.caep.org.cn/sy/dqhj/gh/202107/w020210726513427451694.pdf>

[47] 程强 & 张军.(2018). 烧碱蒸发工艺现状与节能改造的建议思考. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=cJFD&dbname=cJFDLAST2018&ilene=zJTy201808101&uniplatform=NzKpT&v=vA7L-uTl5T-l4foh7zweLvRBsrG148rB9N7pMTwN2RtNTT8u-NJ5NL9lDgDy-93yJ>

[48] 德勤.(2022). 中国锂电行业发展德勤观察 3.0. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/strategy/deloitte-cn-lithium-pov-cn-20221114.pdf>

Libro blanco sobre el sector sostenible de litio con objetivos de cero emisiones netas

[49] 董文林.(2007). 联碱生产实现零排放的可行性探索. <https://doi.org/10.16554/j.cnki.issn1005-8370.2007.01.001>

[50] 杜国山,唐建文, & 姜鹏飞.(2020). 锂辉石制备碳酸锂工艺节能分析. <https://doi.org/10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2020.03.001>

[51] 何飞,高利坤,饶兵,沈海榕,彭科波,高广言, & 张明.(2022). 从锂云母中提锂及综合利用的研究进展. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1251.TD.20220920.0832.002.html>

[52] 胡翔.(2021). 世界首条用 c02 制备混凝土砖生产线在华新水泥成功运行. <http://ce.hnu.edu.cn/info/1146/9063.htm>

[53] 华泰证券.(2022). 电池回收:行业逐步规范,长期利好. <https://www.vzkoo.com/document/20220428cdf-56d89156a35fa11f96559.html>

[54] 清华大学建筑节能研究中心.(2022). 中国光储直柔建筑战略发展路径研究. <https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-lccp-20220701/1-%E5%85%89%E5%82%A8%E7%9B%B4%E6%9F%94%E7%BB%B-c%E5%90%88%E6%8A%A5%E5%91%8A.pdf>

[55] 任若轩,游双娇,朱新宇,岳小文, & 姜振超.(2021). 天然气掺氢输送技术发展现状及前景. [https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=3uoqlhG8c44YLTl0AiTRKibYlv5vjs7iy-Rpms2pqwbFRRutoulmHYajwsrBiFh8Px-](https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=3uoqlhG8c44YLTl0AiTRKibYlv5vjs7iy-Rpms2pqwbFRRutoulmHYajwsrBiFh8Px-zm2bBFAResQdfNccto8n1r4vLMwnmA&uniplatform=NZKPT)

[zm2bBFAResQdfNccto8n1r4vLMwnmA&uniplatform=NZKPT](https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=3uoqlhG8c44YLTl0AiTRKibYlv5vjs7iy-Rpms2pqwbFRRutoulmHYajwsrBiFh8Px-zm2bBFAResQdfNccto8n1r4vLMwnmA&uniplatform=NZKPT)

[56] 头豹.(2019). 2019 年中国磷酸铁锂正极材料行业概览. <http://qccdata.qichacha.com/ReportData/PDF/dabf9ac8c07c437732f17d8917809e2b.pdf>

[57] 武浩, & 张鹏.(2022). 动力电池结构创新百家争鸣. <http://pg.jrj.com.cn/acc/Res/cN-RES/INDuS/2022/8/17/a4b857a2-9d36-45d5-916a-db7a71375302.pdf>

[58] 徐瑞,惠博,龚大兴,赖杨, & 田恩源.(2021). 从猫土型锂矿中高效浸出锂的研究. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=cJFD&dbname=cJFDLAST2021&ilene=METE202109006&uniplatform=NZ-KPT&v=REl0-ovkzvn00ejwPRLQcfHwzagAGvY1F3bR9irHL-cn1nrJuvvr-k2-yeRzfw>

[59] 杨勇,张义华,蔡律律,魏孟军, & 李定波.(2021). 富氧燃烧的工业应用进展分析. <https://doi.org/10.16643/j.cnki.14-1360/td.2021.07.075>

[60] 张成强,张锦柱, & 冯春浑.(2003). 选矿企业降低能耗的措施及其理论依据. [https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=3uoqlhG8c44YLTl0AiTRKibYlv5vjs7iy-Rpms2pqwbFRRutoulmHYajwsrBiFh8Px-](https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=3uoqlhG8c44YLTl0AiTRKibYlv5vjs7iy-Rpms2pqwbFRRutoulmHYajwsrBiFh8Px-zm2bBFAResQdfNccto8n1r4vLMwnmA&uniplatform=NZKPT)

Llamamiento a la acción

[61] 张可为, & 赵玉萍.(2019). 氨碱法生产工艺和优化. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=cJFD&dbname=cJFDLAST2019&ilene=NMSH201904021&uniplatform=NZKPT&v=4ic6AYAvATZYAm-lToU-87ja0TH14lQfx36cxlV9cNt6uqxRv62llL80-5bFaq4xx>

[62] 张秀峰,谭秀民,刘维燥,王威, & 张利珍.(2020). 矿石提锂技术现状与研究进展. <https://doi.org/10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2020.05.003>

[63] 张仲明,何胜平, & 魏虎杰.(2019). 高海拔地区水泥窑富氧燃烧技术研究与实践. <https://doi.org/10.13739/j.cnki.cn11-1899/tq.2019.07.011>

[64] 中信证券.(2022). 锂电池回收:加速构建产业链循环一体化. <https://www.hangyan.co/reports/2800082071437968549>

[65] 周光耀.(2006). 联合制碱法技术进展. <https://doi.org/10.16554/j.cnki.issn1005-8370.2006.01.001>

Acciones de Tianqi Lithium

2022 Informe sobre divulgaciones financieras relacionadas con el clima de Tianqi Lithium



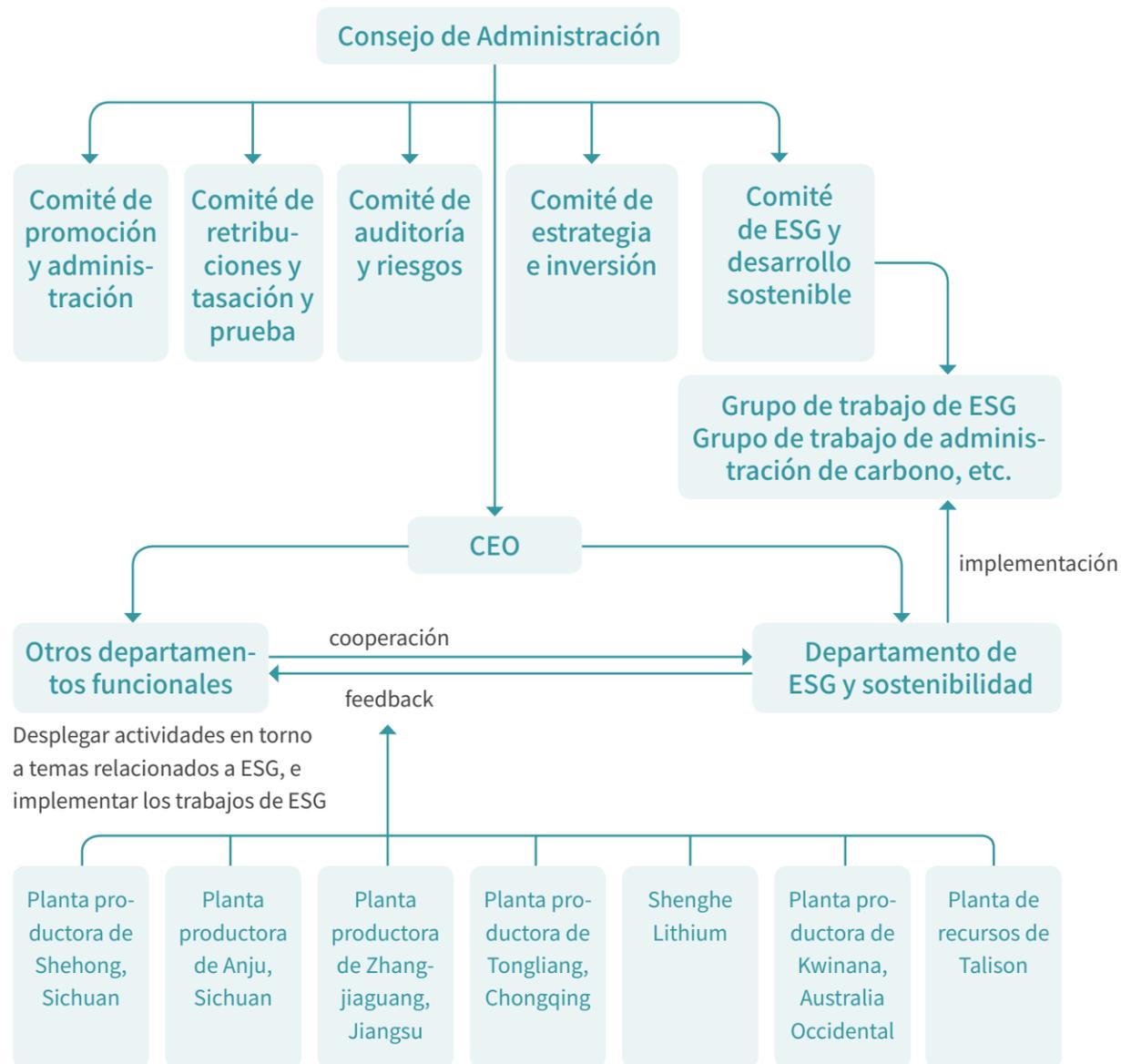
Gobernanza >>

Tianqi Lithium ha establecido una sólida estructura de gobernanza climática para impulsar el diseño y la ejecución de la estrategia de bajas emisiones de carbono de la empresa. El tratamiento de las cuestiones relacionadas con el cambio climático en la empresa incumbe al Comité ESG y de Sostenibilidad, que cuenta con un grupo designado responsable de la gobernanza de este tipo de cuestiones. A través del Comité, el Consejo de Administración se encarga de la supervisión de dicha coyuntura climática.

Las principales responsabilidades del Comité ESG y de Sostenibilidad incluyen formular y revisar la visión, los objetivos y las estrategias de la empresa en relación con el cambio climático, y asesorar al Consejo sobre las medidas necesarias para mejorar el desempeño de la empresa frente al cambio climático. Igualmente, el Comité asume la misión de examinar las principales tendencias, así como los riesgos y oportunidades relacionados con el cambio climático a fin de garantizar que se minimice el impacto negativo de los riesgos climáticos en la empresa y para apoyar a la empresa en el aprovechamiento de las oportunidades de negocio relacionadas con el clima.

Estructura de administración de ESG y sostenibilidad

- Encargarse de las responsabilidades finales de administrar ESG y la divulgación de información
- Responsable de revisar y supervisar políticas, estrategias, objetivos y medidas de implementación habituales relacionados al ESG de Tianqi Lithium
- Revisar y autorizar el descubrimiento de información de ESG
- Responsable de la elaboración de planes, objetivos y estrategias de ESG y el desarrollo sostenible
- Revisar la implementación de planes, objetivos y estrategias de ESG y el desarrollo sostenible
- Revisar el reporte de ESG, y hacer estudios y recomendaciones sobre los eventos que afectan el desarrollo de la empresa



Gestión de estrategia y riesgos >>

La gestión del riesgo climático de Tianqi Lithium es responsabilidad de nuestro Comité de ESG y Sostenibilidad y está integrada en el sistema general de gestión de riesgos de la empresa. Seguimos incorporando los resultados de la gestión de riesgos climáticos en la planificación estratégica de la empresa para ayudarnos a aumentar la resistencia climática en diferentes escenarios potenciales a nivel mundial. En resumen, el proceso de identificación de riesgos climáticos incluye:

- Evaluación vertical del riesgo: consideración de las influencias estratégicas y operativas de riesgo de cada tipo del clima, con base en las recomendaciones del TCFD, las publicaciones sobre el clima y las divulgaciones de otras empresas.
- Análisis de escenarios de abajo hacia arriba: evaluación de la resistencia estratégica de la empresa en diferentes escenarios climáticos que son utilizados habitualmente a escala internacional.
- Evaluación de la importancia: colaboración con las partes interesadas para evaluar sus preocupaciones y valorar el posible impacto empresarial.

Sistema administrador de riesgos de Tianqi Lithium



A continuación se muestran los resultados de nuestra evaluación de riesgos y oportunidades climáticas de 2022:

Riesgo					
Tipo	Categoría	Descripción del riesgo	Posibilidad	Posible impacto financiero	Contramedidas
Riesgos en la transformación	Mercado poco claro	Debido al precio de las materias primas y de la vulnerabilidad de los fabricantes de automóviles, existe incertidumbre sobre el tipo de futuro del mercado de los distintos tipos de células de energía. Las baterías ternarias de litio con alto contenido en níquel se basan principalmente en el hidróxido de litio, mientras que las de litio-ferrofosfato y las ternarias con bajo contenido en níquel se basan principalmente en el carbonato de litio. Los cambios en el mercado de las baterías de energía afectarán a la demanda de distintos tipos de productos de litio. Si los planes de expansión de la capacidad de Tianqi Lithium no se alinean con el crecimiento de la demanda podría generar una reducción de los ingresos debido a la menor demanda de sus productos.	Medio	Alto	Seguimiento y previsión continuos de la demanda del mercado · Disposición de las bases de producción de distintos productos · Uso de líneas de producción flexibles

Tipo	Categoría	Descripción del riesgo	Posibilidad	Posible impacto financiero	Contramedidas
Riesgos en la transformación	Cambios en el comportamiento de los consumidores	Cada vez más fabricantes de automóviles se están enfocando en las emisiones de gases de efecto invernadero en toda la cadena de valor y proponen objetivos de cero emisiones netas. Teniendo en cuenta que las baterías de litio son una de las fuentes más importantes de emisiones de GEI durante la fabricación de los vehículos eléctricos, la demanda de reducción de emisiones por parte de los fabricantes de automóviles puede llevar a los fabricantes de células de energía y materiales de cátodos de litio a incluir las emisiones de GEI en sus requisitos de adquisición en el futuro. La incapacidad de cumplir estos requisitos puede llevar a los clientes a cambiar a productos de otros proveedores con mejores prestaciones medioambientales.	Alto	Alto	· Medición de la huella de carbono de los principales productos y comunicación de los resultados a los clientes. · Fijación de objetivos de intensidad de los productos de carbono y los correspondientes planes de aplicación

Tipo	Categoría	Descripción del riesgo	Posibilidad	Posible impacto financiero	Contramedidas
Riesgos en la transformación	Aumento del coste de las materias primas	El espodumena es una materia prima importante para la producción de productos de litio. Desde finales de 2020, la fuerte demanda mundial de litio ha dado lugar a un exceso de oferta de espodumena y a que los precios de los productos de litio hayan seguido subiendo. El concentrado de litio es la principal fuente de litio de Tianqi Lithium y el aumento del precio de la espodumena y sus materiales auxiliares, debido a la presión de la oferta, provocará un aumento de los costes de adquisición.	Alto	Alto	Inversión en recursos minerales
	Mecanismos de fijación de precios del carbono	Desde 2013, se han puesto en marcha siete mercados regionales de carbono en China, y en 2021 se lanzó oficialmente el mercado nacional de carbono, que actualmente solo incluye el ámbito de generación de electricidad. La base de producción de Tianqi Lithium en Tongliang, Chongqing, es la instalación con más probabilidad de ser registrada en el mercado de carbono. Según las últimas normativas de la Oficina Municipal de Ecología y Medio Ambiente de Chongqing, las empresas industriales con emisiones anuales de gases de efecto invernadero equivalentes a 13.000 toneladas o más de dióxido de carbono en cualquier año entre 2018 y 2020 deberán considerarse como principales unidades de emisión en el 2021 para la gestión de cuotas.	Medio	Medio	<ul style="list-style-type: none"> Presupuesto específico para la eficiencia energética, lanzamiento de proyectos de eficiencia energética de manera extensiva en diferentes bases de producción y establecimiento del vínculo entre el progreso de los proyectos y el rendimiento de las bases.

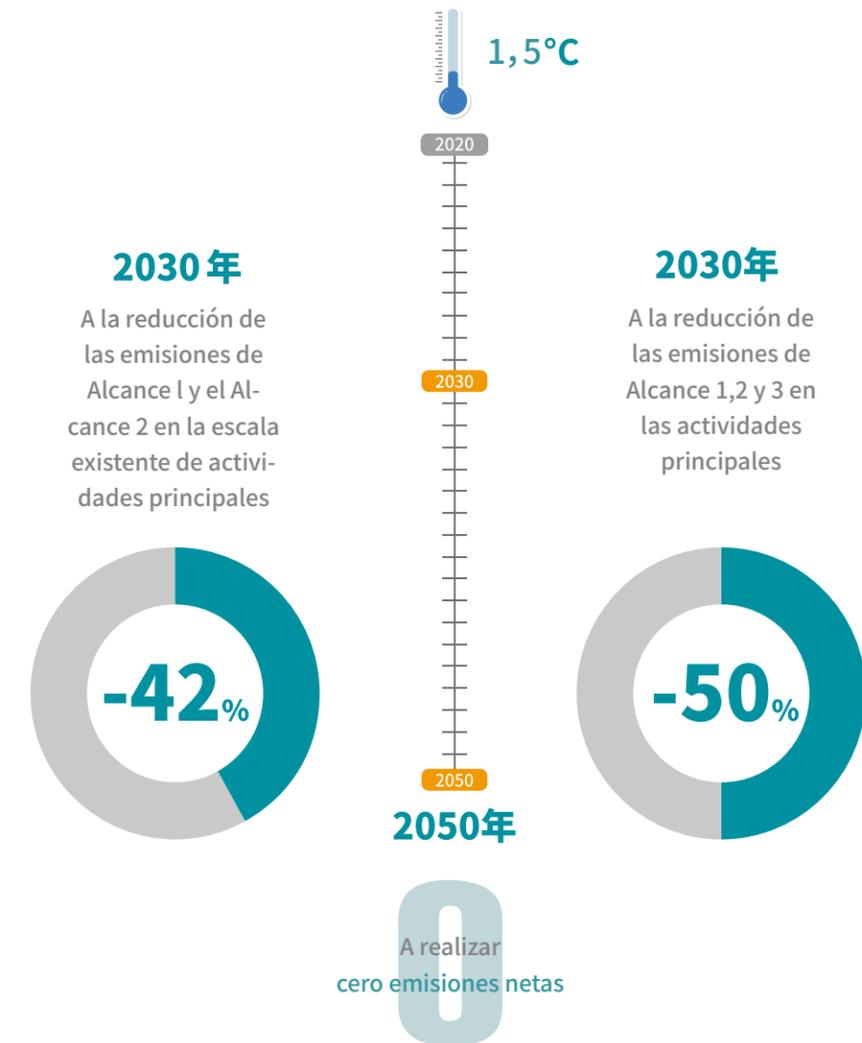
Tipo	Categoría	Descripción del riesgo	Posibilidad	Posible impacto financiero	Contramedidas
Riesgos en la transformación	Transformación hacia tecnologías de bajas emisiones	Las emisiones térmicas son la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de productos de litio y constituyen el centro de los esfuerzos de reducción de emisiones a medio y largo plazo para las empresas de productos de litio. Actualmente, el gas natural es la energía más utilizada en la producción de litio. La transición hacia cero emisiones netas requerirá inevitablemente un cambio de fuentes de calor más respetuosas con el medio ambiente, como la electricidad y el hidrógeno. Sin embargo, para muchas empresas químicas, entre ellas Tianqi Lithium, equipos como los hornos rotatorios suelen ser un componente esencial de la planta y pueden funcionar durante décadas. Además, la mejora posterior de los hornos es, en muchos casos, inviable o cara. Lo que significa que la construcción ciega de nuevas plantas, sin tener en cuenta las necesidades futuras de reducción de emisiones, puede generar un grave bloqueo de los activos de carbono, lo que a su vez puede afectar el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones o forzar la retirada anticipada de los activos.	Medio	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Utilización del precio sombra para la incorporación del coste de las emisiones de gases de efecto invernadero a algunas mediciones del rendimiento de la inversión

Tipo	Categoría	Descripción del riesgo	Posibilidad	Posible impacto financiero	Contramedidas
Riesgos en la transformación	Mayor preocupación o reacciones negativas de las partes interesadas	A medida que aumenta el interés de los inversores por las cuestiones relacionadas con el cambio climático, la falta de acción o la divulgación inadecuada de información sobre estas cuestiones puede provocar la retirada de inversiones por parte de las instituciones de inversión.	Medio	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> Divulgación periódica de resultados de sostenibilidad de la empresa a través de reportes de sostenibilidad y otros medios de comunicación.
Riesgos físicos	Mayor gravedad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos	El cambio climático puede dar lugar a la subida del nivel del mar, cambios en las precipitaciones y en el nivel de agua dulce, aumento de los fenómenos meteorológicos extremos y escasez de recursos. Una sequía prolongada puede provocar escasez de agua en las operaciones de Tianqi Lithium. Los fenómenos meteorológicos extremos (viento) y la subida del nivel del mar afectan al transporte marítimo de Tianqi Lithium.	Medio	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de programas de respuesta de emergencia ante fenómenos meteorológicos extremos

Oportunidades					
Tipo	Categoría	Descripción de oportunidades	Posibilidad	Nivel de la influencia	Contramedidas
Eficacia de los recursos	Eficacia de energías	Los procesos de refinado de litio consumen mucha energía, con un consumo energético importante en electricidad para varios tipos de equipos accionados eléctricamente y de gas natural para los procesos de calcinación y tratamiento químico. Los proyectos de eficiencia energética, el elemento más disponible en la reducción de emisiones, no solo reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también suponen un importante ahorro de costes energéticos para la empresa.	Alta	Media	<ul style="list-style-type: none"> Presupuesto específico para la eficiencia energética, lanzamiento de proyectos de eficiencia energética de manera extensiva en diferentes bases de producción y establecimiento del vínculo entre el progreso de los proyectos y el rendimiento de las bases.
	Reciclado	El proceso de producción de litio genera una gran cantidad de escoria de litio, que consiste principalmente en compuestos inorgánicos que contienen litio, disolventes orgánicos, electrolitos y otras impurezas. Dado que la escoria de litio cuenta con numerosos recursos valiosos de litio, cuyo reciclaje integral puede ahorrar recursos de forma eficaz y reducir la contaminación medioambiental, además de aportar beneficios económicos.	Alta	Media	<ul style="list-style-type: none"> Investigación sobre el reciclaje integral de la escoria de litio

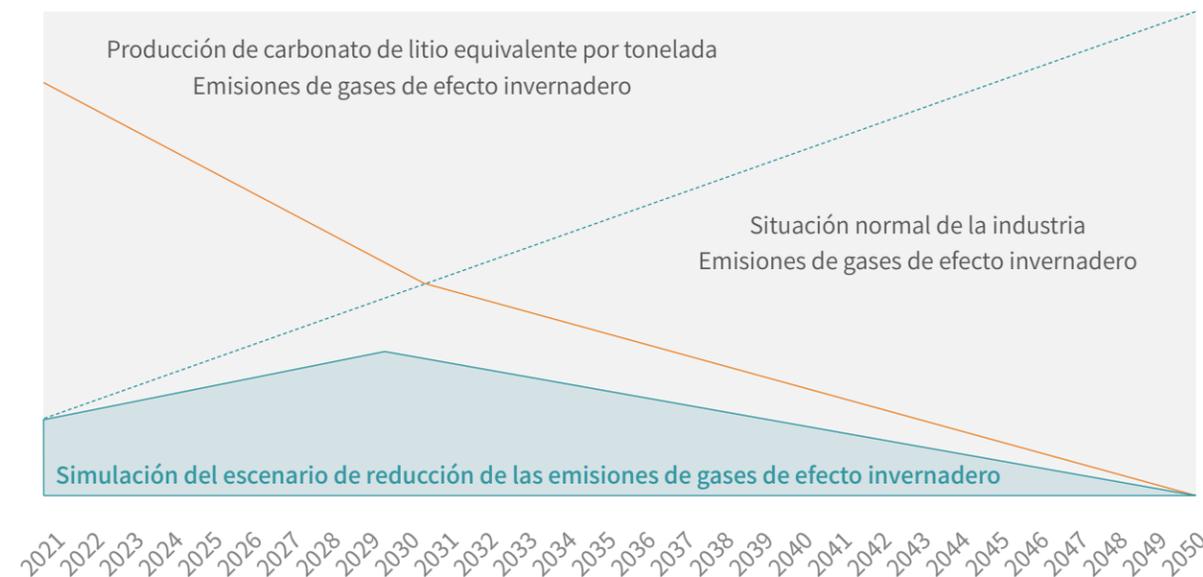
Tipo	Categoría	Descripción de oportunidades	Posibilidad	Nivel de la influencia	Contramedidas
Productos y servicios	Desarrollo y/o expansión de productos y servicios de bajas emisiones	La transformación ecológica del transporte es clave para alcanzar el objetivo mundial de cero emisiones netas, y los vehículos de nueva energía son una vía importante para descarbonizar el sector del transporte. Muchos países han promulgado directivas sobre vehículos de emisiones cero, como la Unión Europea y Canadá, que han anunciado que prohibirán la venta de vehículos nuevos que emitan dióxido de carbono para 2035. El litio es un material catódico clave para las baterías de energía, por eso, los procesadores de productos de litio experimentarán un rápido crecimiento de la demanda de sus productos.	Alta	Alta	<ul style="list-style-type: none"> · Ampliación de la capacidad de las instalaciones de producción existentes · Nuevas plantas de producción en China y Australia
Mercado	Acceso a nuevos mercados	Los vehículos de nueva energía pronto serán retirados del servicio a gran escala. Cuando la batería de litio alcance su vida útil, podrá reciclarse de dos formas: el reciclaje de baterías y la reutilización de materiales, ambas con un enorme potencial de mercado. Las empresas de procesamiento de productos de litio pueden participar en el mercado del reciclaje de baterías de litio, purificar y refinar los materiales catódicos de las baterías terminales que han sido recicladas.	Alta	Media	<ul style="list-style-type: none"> · Creación de una empresa con una tercera parte para centrarse en la investigación y el desarrollo de tecnología de reciclado de recursos y en el reciclado y uso escalonado de baterías de energía fuera de servicio

Indicadores y objetivos >>



Tianqi Lithium se compromete a ser transparente en sus resultados climáticos. En los últimos años, hemos cooperado con agencias de confianza para conocer nuestras emisiones de gases de efecto invernadero y las importantes oportunidades de reducirlas. Como líder mundial en nuevos materiales energéticos a base de litio, creemos que tenemos la capacidad y la influencia necesarias para contribuir a este proceso, así como la responsabilidad y la obligación de practicar las acciones climáticas bajo la visión global de cero emisiones netas en 2050. Por ello, nos comprometemos a trabajar para reducir nuestro impacto climático:

Tianqi Lithium continuará reduciendo las emisiones de Alcance 1 y 2 en su actividad principal, con una disminución de más del 42% para 2030 en comparación con el año de base; mientras tanto, dará prioridad a la aplicación de tecnologías de baja emisión de carbono en su nueva actividad principal, y promoverá activamente el establecimiento de objetivos de reducción de emisiones equivalentes o superiores por parte de sus principales proveedores, menos compras de materias primas y servicios para la actividad principal, reducción de emisiones en el transporte y otros procesos, con el fin de lograr una disminución del 50% en las emisiones de Alcance 1, 2 y 3 en su actividad principal para 2030 en comparación con el año base, y realizar cero emisiones netas** para 2050.



Para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas de 2050, Tianqi Lithium llevará a cabo las siguientes acciones por fases:

Desde ahora hasta 2030

Tianqi Lithium se centrará en la estrategia de adquisición y consumo de energía verde para mejorar la eficiencia energética y la cuota de energía renovable. Entre las acciones específicas se incluyen: invertir en energía fotovoltaica distribuida en las fábricas, dar prioridad a la adquisición de electricidad renovable y productos químicos ecológicos, etc.

Desde 2030 hasta 2050

Tianqi Lithium se centrará en la estrategia de desarrollo e investigación y sustitución de activos para desarrollar el sistema de almacenamiento de vapor térmico de energía verde, el sistema de gas natural con carbono neutral y el sistema eficiente de reciclaje de dióxido de carbono. Entre las acciones específicas se incluyen: mejorar el nivel de electricidad y la cuota de combustibles sostenibles, usar las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, etc.

*Año base: 2021

* Actividad principal: Exportación de recursos de litio de roca dura, procesamiento y venta de concentrados de litio y producción y venta de productos químicos de litio.

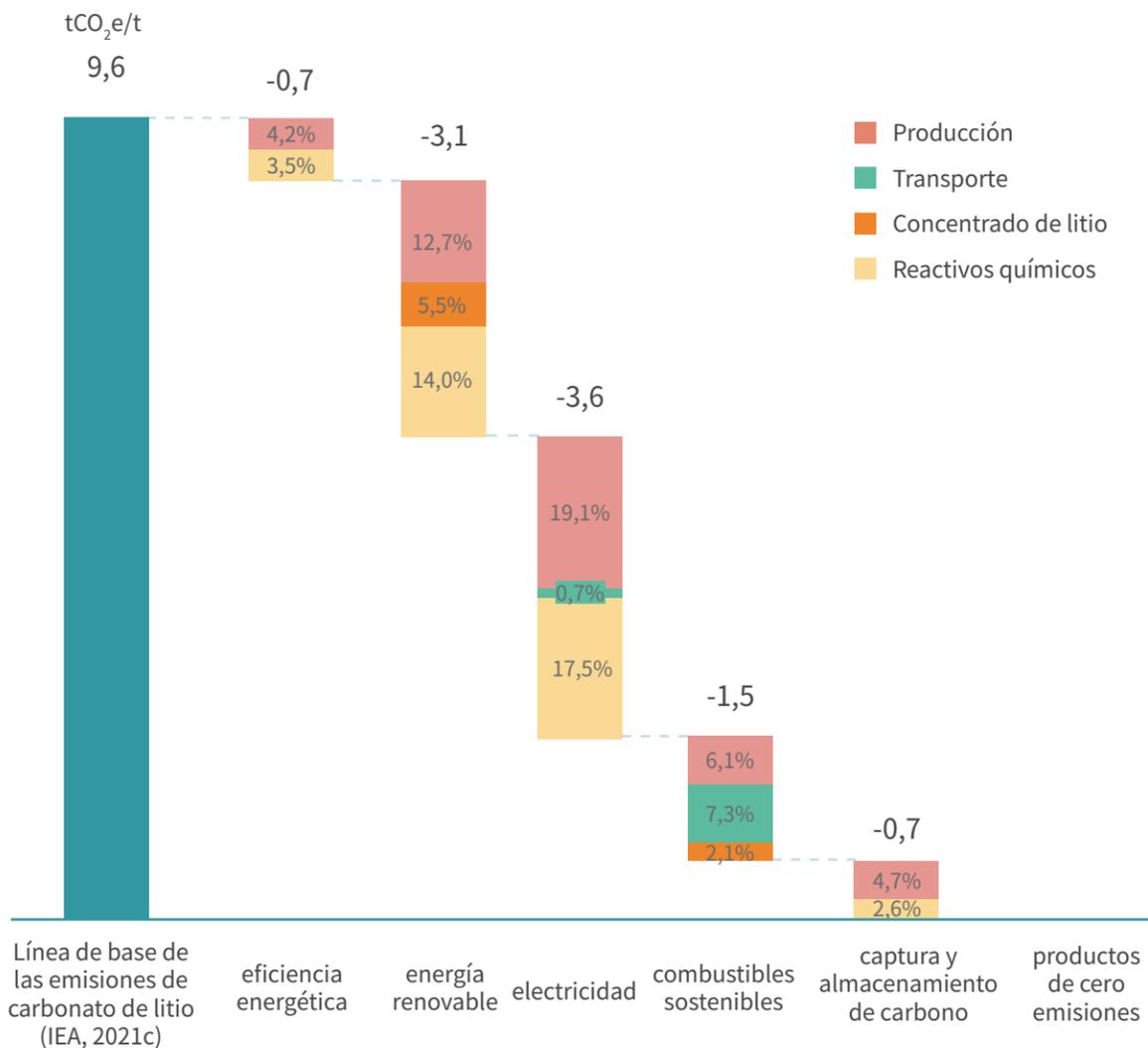
*Escala de negocio existente: El alcance de las operaciones de la empresa que han logrado la producción en el año base.

*Escala de nuevos negocios: El alcance de las operaciones de la empresa que logran la producción después del año base.

*Emisiones: Los resultados de la contabilidad de GEI (en cifras absolutas) de la empresa de conformidad con el Protocolo de GEI, ISO 14064, etc.

*Nivel de emisión: Las emisiones (valor de intensidad) por unidad de producción (indicador económico o físico, por ejemplo, toneladas de LCE: carbonato de litio equivalente por unidad de producto) de la operación.

**Cero emisiones netas: Siguiendo la definición y los requisitos de cero emisiones netas de ISO Net zero guidelines (IWA 42:2022), las emisiones restantes en el año objetivo deben cumplir la reducción de emisiones necesaria para alcanzar el objetivo de 1,5 °C.



Aunque nos hemos comprometido a alcanzar las cero emisiones netas en 2050 y a cumplir nuestros objetivos a medio plazo, somos conscientes de que existe cierto grado de incertidumbre externa que puede afectar a nuestro programa y planes. Estas incertidumbres incluyen el desarrollo de tecnologías clave, las políticas y requisitos regionales y el proceso de descarbonización en otros sectores. Seremos transparentes sobre el progreso hacia estos objetivos y nos mantendremos al día sobre cualquier cambio debido a posibles incertidumbres.



Agradecimientos y lista de consejos editoriales

Libro blanco sobre el sector sostenible de litio con objetivos de cero emisiones netas (abreviatura: Libro blanco) investigó la historia del desarrollo de litio, analizó las principales oportunidades y desafíos que enfrentaba el sector, y planteó estrategias desde la perspectiva de toda la cadena para orientar en la transformación de cero emisiones netas y en el desarrollo sostenible. Al mismo tiempo, el Libro blanco emite una llamada a la acción y es una iniciativa para los miembros relevantes del sector con la finalidad de alcanzar conjuntamente el objetivo de cero emisiones netas del sector del litio para 2050.

Autores y equipos >>

(En orden alfabético)

Editoriales principales:

SynTao Co.

Tianqi Lithium Co.

Editoriales participantes:

CECEP Environmental Consulting Group Co.

Integrated Knowledge For Our Environment Co.

Centro de Innovación Carbono Cero y Sostenibilidad

Instituto de Desarrollo Sostenible de Shenzhen

Equipo de redacción:

Cao Yuan asociado de SynTao, asesor principal de la Iniciativa Carbono Cero

Li Yuxin consejera adjunta de SynTao

Zhang Huaxuan consejero adjunto de SynTao

Departamento de ESG y Sostenibilidad de Tianqi Lithium

Gracias a los siguientes expertos por sus valiosos comentarios y sugerencias sobre el Libro blanco >>

(En orden alfabético)

Chai Qimin

director, Departamento de Investigación de Planificación Estratégica, Centro Nacional de Investigación Estratégica y Cooperación Internacional sobre el Cambio Climático

Chen Liqun

académico de la Academia China de Ingeniería, investigador del Instituto de Física, Academia China de Ciencias

Dai Yande

experto en Asignaciones Especiales del Consejo de Estado, director del Comité de Economía Energética de la Sociedad China de Investigación Energética

Lei Xianzhang

académico de la Academia Nacional Alemana de Ingeniería, director científico en Carbono Neutral de la Universidad del Petróleo del Suroeste

Zhao Tianshou

académico de la Academia China de Ciencias, director del Instituto de Investigación sobre Energía en Carbono Neutral de la Universidad Meridional de Ciencia y Tecnología.

Chen Chaoyang

vicepresidente de EHS, Ampere Technology Limited

Cheng Huiming

académico de la Academia China de Ciencias, académico de la Academia de Ciencias para el Mundo en Vías de Desarrollo

Deng Li

jefe de Operaciones y Desarrollo de Mercado, Instituto de Investigación de Nuevas Energías de Tianfu

Kang Feiyu

presidente de la Escuela de Posgrado de Shenzhen, Universidad de Tsinghua

Li Xi

ingeniero jefe, Centro de Servicios de Tecnología Verde de Baja Emisión de Carbono, Asociación de Conservación de Energía de Sichuan

Li Baohua

vicedecano del Instituto de Investigación de Materiales, Escuela de Posgrado Internacional de Shenzhen, Universidad Tsinghua

Li Yuan

vicepresidente, Centro de Canje de Emisiones de Guangzhou

Lin Xiao

director general de BOTREE, jefe de la delegación china de OIN/TC333 de la Organización Internacional de Normalización

Liu Chanlong

secretario general de la Asociación Industrial China de Fuentes de Energía

Sun Jingwen

exdirector adjunto del Instituto de Minmetals

Wang Hongtao

profesor asociado, Escuela de Arquitectura y Medio Ambiente, Universidad de Sichuan

Wang Yingying

jefe de operaciones en China de BOTREE

Wu Changhua

presidente en Gran China de The Climate Group, director de China, Oficina de Rivkin

Wu Mengqiang

profesor de la Escuela de Materiales y Energía de la Universidad de Ciencia y Tecnología Electrónicas

Wu Yanhua

secretaria general, Sección de la Industria del Litio de la Asociación Industrial de Metales No Ferrosos de China

Yao Shixin

jefe de Seguridad y Medio Ambiente de CALB

Zhang Yalong

director ejecutivo, Instituto de Desarrollo Sostenible de Shenzhen

Zhang Zhexu

vicepresidente, Instituto de Energía Tsingsun de Shenzhen

Zhao Jiasheng

Ex-presidente, Sección de la Industria del Litio de la Asociación Industrial de Metales No Ferrosos de China

Zhao Rui

profesor de la Universidad Jiaotong del Sudoeste, tutor de candidatos a doctorado

Zeng Yuhan

consultor principal, Integrated Knowledge For Our Environment