



International Copper
Association
Copper Alliance



Power
of Zero

COBRE— EL CAMINO HACIA NET ZERO

Marzo 2023

Glosario

Abreviaturas

AIE: Agencia Internacional de Energía

ASG: ambiental, social, gobernanza

BML: Bolsa de Metales de Londres

CCE: Contrato de Compra de Energía

CCMR: Curva de Costos Marginales de Reducción

CFI: Corporación Financiera Internacional

CIMM: Consejo Internacional de Minería y Metales

ECV: evaluación del ciclo de vida

FV: fotovoltaico

GC: gastos de capital

GEI: gas de efecto invernadero

GIEC: Grupo Internacional de Estudios del Cobre

GO: gastos operativos

HEDA: herramienta de evaluación de la descarbonización de activos

ICA: International Copper Association (Asociación Internacional del Cobre)

NICT: Norma Internacional del Cobre Templado

NU: Naciones Unidas

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

VE: vehículo eléctrico

Terminología

Arquetipos: abreviatura de "procesos de producción arquetípicos", combinaciones de las principales etapas de producción y tecnologías de producción de cobre.

Chatarra nueva: chatarra procedente de residuos en la fabricación de productos semiterminados y productos terminados

Chatarra vieja: chatarra procedente del reciclaje de productos en desuso que contienen cobre

Cobre refinado: cobre con al menos 99,99 por ciento de pureza, que resulta de un proceso de fundición y refinación

Combinación de electricidad: la combinación de fuentes de energía utilizadas para producir electricidad en un país o región en particular

Combustibles alternativos: e-combustibles, biogás, biometano, hidrógeno y amoníaco producidos con energía no fósil, aceite vegetal hidrotratado (AVH), biocarbón

Electricidad descarbonizada: electricidad generada a partir de fuentes de energía libres de fósiles

Emisiones de Alcance 1: emisiones directas de GEI de fuentes propias o controladas

Emisiones de Alcance 2: emisiones indirectas de GEI asociadas a la compra de electricidad, vapor, calor o refrigeración

Emisiones de Alcance 3: todas las emisiones indirectas de GEI no incluidas en el Alcance 2 que se producen en la cadena de valor de una empresa, tanto antes como después

Fuentes primarias de cobre: mineral de cobre de operaciones mineras

Fuentes secundarias de cobre: chatarra de cobre procedente del reciclaje

Industria del cobre: incluye minas de cobre, fundiciones, refinerías, instalaciones de reciclaje y fabricantes de productos semiterminados de cobre y aleaciones de cobre

Ley de cabeza de molino: el contenido de metal del mineral de cobre extraído que ingresa a un molino para su procesamiento

Producción de cobre: la producción de cobre refinado a partir de mineral de cobre extraído de las minas o chatarra de cobre generada a través del reciclaje

Productores de cobre: incluye minas de cobre, fundiciones, refinerías e instalaciones de reciclaje

Productos semiterminados: productos fabricados a partir de cobre refinado, a veces aleado con otros metales, en forma de alambre, varilla, tubo, lámina, placa, banda, piezas de fundición, polvo u otras formas. Los que son transformados posteriormente por industrias transformadoras para fabricar productos terminados que contienen cobre

Tasa de entrada de reciclaje al final de la vida útil: la proporción de la producción de cobre refinado procedente de chatarra vieja

Tasa de entrada de reciclaje: la proporción de la producción de cobre refinado que se origina a partir de material reciclado, tanto chatarra vieja como nueva

Tasa de reciclaje al final de la vida útil: la proporción de productos que contienen cobre que llegan al final de su ciclo de vida y que se recolectan, separan y procesan en chatarra de cobre

Transición energética o energía limpia: la transición de una economía basada en combustibles fósiles a una climáticamente neutra



Contenidos

Introducción	2	Medios Necesarios Para Alcanzar El Objetivo De Descarbonización.....	26
Resumen Ejecutivo	4	La Descarbonización De La Industria Del Cobre China	28
Sección 1—El Rol Del Cobre Y Su Industria	6	Sección 3—Condiciones Marco Para La Meta De Descarbonización De ICA	30
Uso Del Cobre En La Sociedad.....	6	Sección 4—El Camino A Seguir	32
El Cobre En La Transición Energética	7	Medición Del Progreso	32
Uso Del Cobre En Números	8	Descarbonización Y Producción Responsable	33
La Industria Del Cobre.....	9	Actualización Del <i>Camino A Net Zero</i>	33
El Proceso De Producción De Cobre	10	Desarrollar Asociaciones	33
Sección 2—Los Desafíos De La Descarbonización De La Industria Del Cobre	12	Anexo 1: Procesos De Producción Arquetípicos	34
Emisiones De GEI De La Producción De Cobre En La Actualidad	12	Anexo 2: El Cobre En La Transición Energética	35
Línea De Base Para Calcular El Potencial De Reducción	15	Anexo 3: Producción De Cobre	36
Escenario Sin Acción	15	Anexo 4: Producción Y Comercio Del Cobre	38
Definición De La Línea De Base	17	Anexo 5: Reciclaje Del Cobre	39
Reducción De Emisiones De Alcance 1 Y 2	18	Referencias	40
Reducción De Las Emisiones De Alcance 3	23		



Introducción

La International Copper Association (ICA) y sus miembros han desarrollado esta hoja de ruta "*Cobre: El Camino Hacia Net Zero*" (en adelante, el "*Camino*") a través de un enfoque analítico pragmático que aprovecha el conocimiento de las empresas productoras de cobre, así como sets de datos públicos de expertos de la industria como MineSpans. Los miembros de ICA representan aproximadamente el 50 por ciento de la producción mundial de cobre refinado y están en una posición única para recopilar y analizar datos relacionados con las emisiones de carbono. Este documento describe el compromiso de los miembros de ICA para descarbonizar la producción de cobre -una materia prima clave fundamental para la transición energética- y presenta estrategias para acercar lo más posible la huella de carbono a Net Zero hacia el 2050 en la minería, fundición, refinación y reciclaje de cobre.

Desarrollar una hoja de ruta mundial para que la industria del cobre reduzca las emisiones de carbono durante los próximos 30 años plantea un desafío fundamental. Requiere una recopilación de datos rigurosa, un análisis en profundidad y modelos para trazar caminos potenciales para una transición energética limpia en todo el sector. Cualquier pronóstico de la capacidad de la industria para reducir las emisiones de carbono -y las estrategias para lograr los objetivos- debe abordar temas relacionados con la producción, los cambios en la tecnología y las tendencias globales.

ICA primero evaluó las actuales emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial de la industria del cobre con el apoyo de la consultora de sustentabilidad ambiental, Quantis. Los analistas recopilaron datos de emisiones de los miembros de ICA para cada paso importante del proceso de producción utilizando el 2018 como Línea de Base, ya que la pandemia de COVID y los bloqueos siguieron probablemente distorsionaron las cifras de los años posteriores. Incorporaron datos sobre los factores de emisión de la red eléctrica local publicados por la Agencia Internacional de Energía (AIE) y el modelo de existencias y flujos mundiales de cobre elaborado por el Instituto Fraunhofer para evaluar la huella de carbono del 2018 de toda la industria del

cobre. También recopilaron datos sobre las emisiones de GEI de Alcance 3 de bienes y servicios adquiridos, actividades relacionadas con el combustible y la energía, transporte en las fases anteriores y posteriores de la cadena de valor, desechos operativos y tratamiento a los productos vendidos y en desuso, seis categorías que representan la mayor parte de las emisiones de Alcance 3 para los productores de cobre.

Una vez realizada, esta evaluación de la huella de carbono se desarrolló en un perfil de emisiones para 14 tipos de procesos de producción, que incluyen varias etapas y tecnologías ("arquetipos" -ver **Anexo 1**) que cubren la extracción, refinado, fundición y reciclaje del cobre. La etapa de producción "minería", por ejemplo, incluye minería a cielo abierto, minería subterránea con tecnología de cámaras y pilares, minería subterránea con tecnología de hundimiento de bloques y minería subterránea con taponamiento de pozos largos.

El análisis luego evaluó las opciones para reducir las emisiones de GEI de la producción de cobre dentro de cuatro categorías de reducción: combustibles alternativos, electricidad descarbonizada, electrificación de equipos y mejoras de la eficiencia energética. En esta evaluación no se tuvieron en cuenta compensaciones

Este análisis considera las opciones de reducción de emisiones para cada arquetipo, su potencial para reducir las emisiones y su costo total de propiedad (CTP) para establecer la Curva de Costos Marginales de Reducción sin Restricciones (CCMR). Basándose en la CCMR sin Restricciones, el estudio entonces calcula una CCMR Restringida para cada región del mundo que considera la intensidad de emisiones de la red eléctrica, la disponibilidad de cada opción de reducción y su CTP a largo plazo. Este análisis establece un camino para reducir las emisiones de GEI de Alcance 1 y 2 para cada arquetipo en cada región y presenta:

- Las opciones más efectivas de reducción de emisiones
- El cronograma y las secuencias recomendadas para implementar estas opciones, con dos hitos intermedios para el 2030 y 2040 y un tercer objetivo para el 2050
- La inversión financiera requerida para alcanzar estos objetivos

Al combinar las CCMRs Restringidas de todas las regiones del mundo, el análisis desarrolla una visión global que demuestra:

- El potencial de reducción de emisiones de GEI de Alcance 1 y 2 para el 2030, 2040 y 2050
- El portafolio de tecnologías con potencial para lograr esta reducción
- Una primera estimación de las inversiones financieras a nivel global requeridas para implementar tales tecnologías

El análisis estima el potencial de reducción de las emisiones de GEI de Alcance 1 y 2 a través de un análisis ascendente basado en información sobre activos de producción de cobre, proyectos de desarrollo minero informados y pronósticos por países sobre la evolución de los factores de emisión de

la red. En contraste, proporciona un análisis descendente de las emisiones de GEI del Alcance 3 que identifica las opciones de reducción de emisiones para cada una de las categorías del Alcance 3 que examina. La mayoría de estas opciones requerirán alianzas entre productores de cobre, proveedores y clientes de la industria.

Este análisis detallado sirve como base para un camino de descarbonización por parte de la industria mundial del cobre. El Camino describe los compromisos que los miembros de ICA asumirán para trabajar hacia la meta de Net Zero de emisiones de GEI para el 2050 en todo el sector. Sin embargo, el Camino no pretende ser prescriptivo sobre cómo descarbonizar lugares específicos de producción de cobre, ya que los productores individuales saben mejor qué medidas de descarbonización implementar en sus activos. Más bien, analiza las opciones de descarbonización disponibles para proponer una trayectoria general hacia emisiones Net Zero para la industria mundial de producción de cobre. El Camino también determina las estrategias y condiciones requeridas, incluidas las inversiones financieras, equipos, tecnologías y acceso a electricidad descarbonizada. Destaca los esfuerzos de todo el sector necesarios para alcanzar una producción de cobre climáticamente neutra para el 2050 dadas las limitaciones que plantea el actual portafolio de tecnologías de descarbonización.

Esperamos que las trayectorias de reducción de emisiones de GEI de cada miembro de ICA varíen debido a las diferencias significativas que existen entre las regiones geográficas en las que se produce cobre, por ejemplo, en términos del desarrollo proyectado de fuentes de energía renovable asequibles y confiables. Nuestra trayectoria colectiva es, por lo tanto, indicativa para la industria en su conjunto, y cada miembro sigue siendo responsable de establecer sus propios objetivos intermedios de reducción de emisiones de GEI hacia el Net Zero.

Cualquier pronóstico sobre la capacidad de la industria para reducir las emisiones de carbono -y las estrategias para alcanzar los objetivos- **debe abordar temas relacionados con la producción, los cambios tecnológicos y las tendencias mundiales.**



Resumen Ejecutivo

El cobre es esencial para una amplia gama de tecnologías de descarbonización. Cuando se toman en conjunto, estas tecnologías tienen el potencial de representar dos tercios de la reducción global de las emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050. La producción de esta materia prima esencial representa alrededor del 0,2 por ciento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (97 Mt en el 2018). La industria del cobre está trabajando activamente para reducir estas emisiones.

Los miembros de la International Copper Association (ICA), principal defensor de la industria del cobre en todo el mundo, se comprometen con el objetivo de alcanzar emisiones Net Zero de gases de efecto invernadero de Alcance 1 y 2 para el 2050 y se comprometen activamente con sus socios de la cadena de valor para llevar las emisiones de Alcance 3 lo más cerca posible del Net Zero para el 2050. Además, los miembros de ICA han establecido ambiciones intermedias de descarbonización para los años 2030 y 2040, para las emisiones de Alcance 1, 2 y 3, que se describen en este documento, Cobre – *El Camino hacia Net Zero*.

Este compromiso colectivo es el resultado de un análisis global profundo y sólido realizado por ICA y sus miembros y basado en un conjunto integral de hechos e hipótesis sólidas.

Cobre – El Camino hacia Net Zero define un enfoque pragmático para descarbonizar la producción de cobre al describir qué opciones de descarbonización pueden activarse en función de cuándo, con qué impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero y a qué costo. Esta ruta de descarbonización debe lograrse en el contexto de una duplicación de la demanda de cobre – de 25 millones de toneladas en 2020 a 50 millones de toneladas en 2050 – impulsada por tecnologías fundamentales de descarbonización como turbinas eólicas, paneles fotovoltaicos, bombas de calor, vehículos eléctricos y equipos de eficiencia energética.

Este *Camino hacia Net Zero* demuestra el compromiso de los miembros de ICA para actuar sobre el cambio climático. Los productores de cobre ya están tomando acciones para reducir su huella de carbono a través de iniciativas como la electrificación de equipos, la descarbonización de la electricidad, el uso de combustibles alternativos y medidas de eficiencia energética. Los miembros de ICA se comprometen a implementar estas y otras medidas de descarbonización de manera responsable y sostenible, destacando la creciente aceptación de The Copper Mark®, el principal marco mundial de garantía de terceros para la producción de cobre.

Los miembros de ICA están trabajando en un mecanismo para garantizar informes transparentes y regulares de su progreso

en la descarbonización de la producción de cobre, a través de una metodología coherente y alineada para medir la huella de carbono. Además, *El Camino hacia Net Zero* se actualizará periódicamente para integrar los cambios en la tecnología y las variables externas, por ejemplo, la descarbonización de la red eléctrica.

El éxito en la descarbonización depende no sólo de los esfuerzos de los productores de cobre, sino también del cumplimiento de las condiciones marco fundamentales en las que ICA trabajará de manera proactiva con los principales stakeholders.

- Las tecnologías de descarbonización como el hidrógeno verde y los vehículos mineros eléctricos con baterías, deben estar disponibles a escala.
- La electricidad descarbonizada debe suministrarse en cantidades suficientes y a precios asequibles.
- Deben mejorarse las tasas de recolección de productos en desuso que contienen cobre para aumentar la contribución de reciclaje a la descarbonización.
- EL financiamiento flexible y asequible debe estar disponible para los aumentos de capacidad y la innovación, mientras que se necesita un grupo de personal calificado para impulsar la transición.
- Deben existir marcos regulatorios efectivos y eficientes para permitir una tarificación transparente del carbono, plazos razonables para los permisos, acceso a fondos públicos para la innovación en la descarbonización, esquemas estables de licencias y royalty, y regulaciones consistentes en lo que se refiere a productos y químicos.

Los miembros de ICA esperan comprometerse activamente con proveedores, clientes, comunidades y legisladores para lograr la descarbonización de la producción de cobre para el 2050 y proporcionar una materia prima clave, en cantidades cada vez mayores, para permitir la descarbonización de muchos sectores de la economía.



Cobre—El Camino hacia Net Zero define un **enfoque pragmático** para descarbonizar la producción de cobre.

El Rol Del Cobre Y Su Industria

¿Por qué la sociedad necesita cobre, hoy y en el futuro, y cómo se produce? Esta sección proporciona una breve descripción del rol del cobre y su industria en nuestra sociedad.

Uso Del Cobre En La Sociedad

El cobre se ha usado durante al menos 10.000 años y continúa sirviendo a las necesidades de la sociedad. Tiene propiedades físicas y químicas únicas, que incluyen conductividad eléctrica, conductividad térmica, resistencia a la corrosión, maquinabilidad y moldeabilidad [1, p.12 – 20]. Estas propiedades de alto rendimiento hacen del cobre un material esencial en una amplia variedad de aplicaciones necesarias para la calidad de vida y el crecimiento económico sostenible.

En el 2020, alrededor del 70 por ciento de las ventas de cobre se destinó a aplicaciones eléctricas [2]. Como el mejor conductor eléctrico metálico después de los metales preciosos, el cobre establece el estándar de conductividad eléctrica (Norma Internacional del Cobre Templado–NICT) [3]. Se puede encontrar a lo largo de todo el sistema eléctrico –desde la generación de energía, a través de las redes de transmisión y distribución, al consumo final de electricidad. El cobre es reconocido como un material clave para crear un suministro de energía eficiente, confiable y seguro para las comunidades alrededor del mundo.

CONSTRUCCIÓN E INDUSTRIA

- Instalaciones eléctricas
- Electrodomésticos
- Calefacción solar
- Calefacción
- Agua y gas
- Motores
- Aire acondicionado

SISTEMA ELÉCTRICO

- Generación renovable
- Sistemas de Transmisión y Distribución
- Cable submarino y subterráneo
- Almacenamiento de la red

TRANSPORTE

- Ferrocarril (catenaria)
- Arnés automotriz
- Baterías automotrices
- Motores eléctricos para autos

MISCELÁNEOS

- Telecomunicaciones
- Aparatos electrónicos
- Ganadería y Agricultura
- Acuicultura
- Aplicaciones marinas
- Arquitectura
- Diseño de interiores

Figura 1— Descripción General De Los Usos Del Cobre

El cobre posee **propiedades físicas y químicas únicas**, como la conductividad eléctrica, conductividad térmica, resistencia a la corrosión, maquinabilidad y moldeabilidad.

EL COBRE EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La conductividad eléctrica superior que posee el cobre lo convierte en un material esencial para la transición energética hacia la neutralidad del carbono. La transición se basa en gran medida en la generación de energías renovables (por ejemplo, eólica, solar fotovoltaica) y la electrificación del uso final de la energía (por ejemplo, bombas de calor, vehículos eléctricos), los cuales todos utilizan cantidades sustanciales de cobre (ver **Anexo 2**).

El cobre permite un sistema eléctrico más eficiente desde el punto de vista energético, lo que genera un ahorro en las emisiones de carbono a un costo negativo a corto plazo y reduce la necesidad de capacidad de generación de energía renovable a largo plazo.

En resumen, el uso del cobre en una amplia gama de soluciones tecnológicas tiene el potencial colectivo de reducir en todo el mundo las emisiones de GEI en dos tercios.

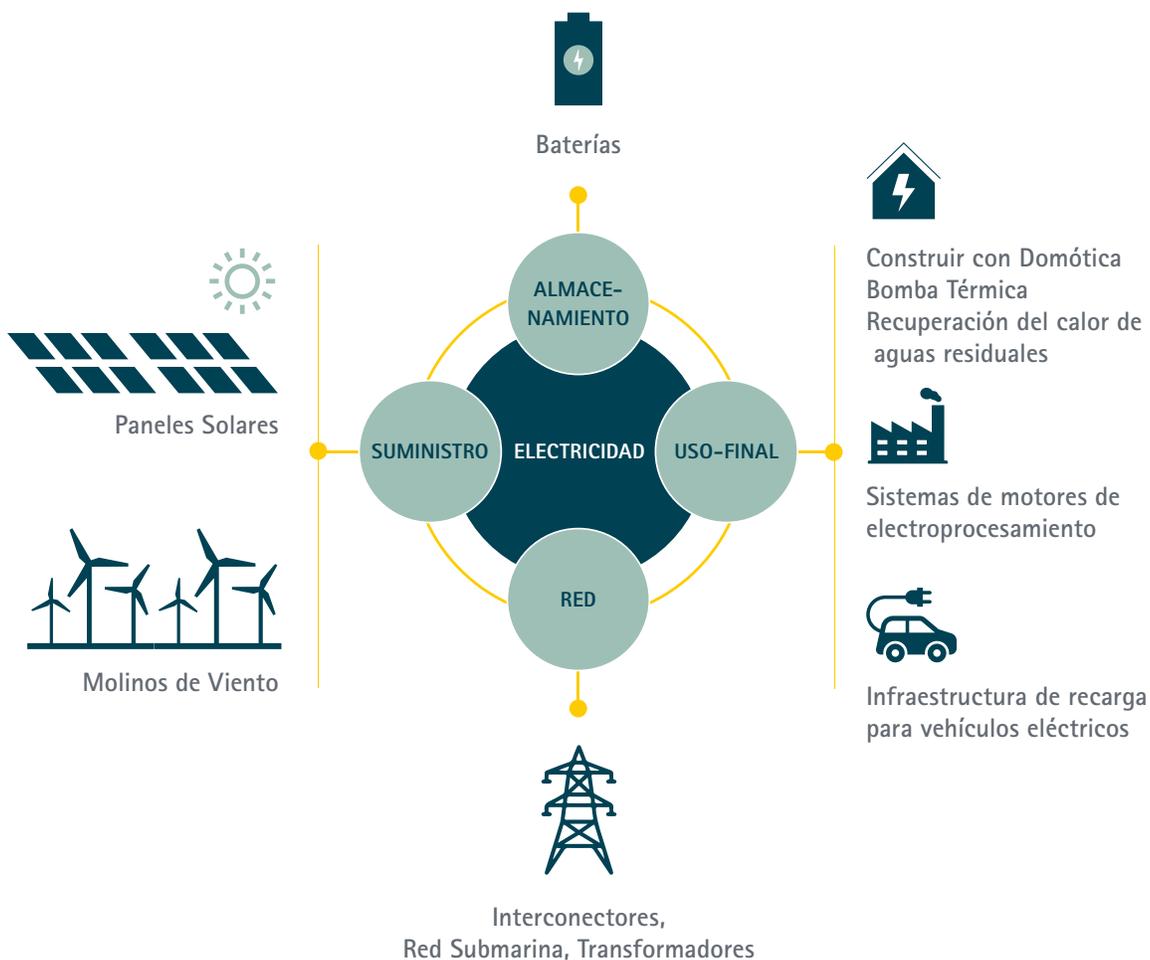


Figura 2— El Cobre En La Transición Energética

Uso De Cobre Refinado A Nivel Mundial 1900 – 2020

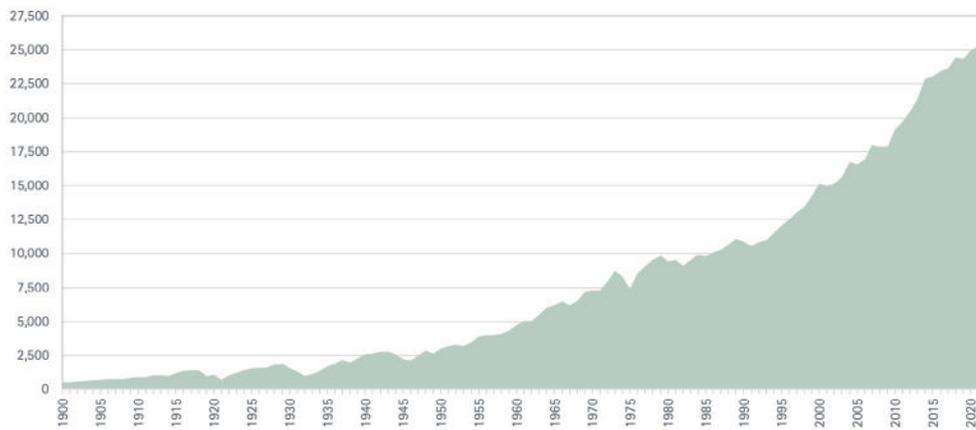


Figura 3— Uso De Cobre Refinado A Nivel Mundial 1900 – 2020, Por Miles De Toneladas Métricas De Cobre (Fuente: GIEC)

Uso De Cobre Refinado Per Cápita A Nivel Mundial 1950 – 2020

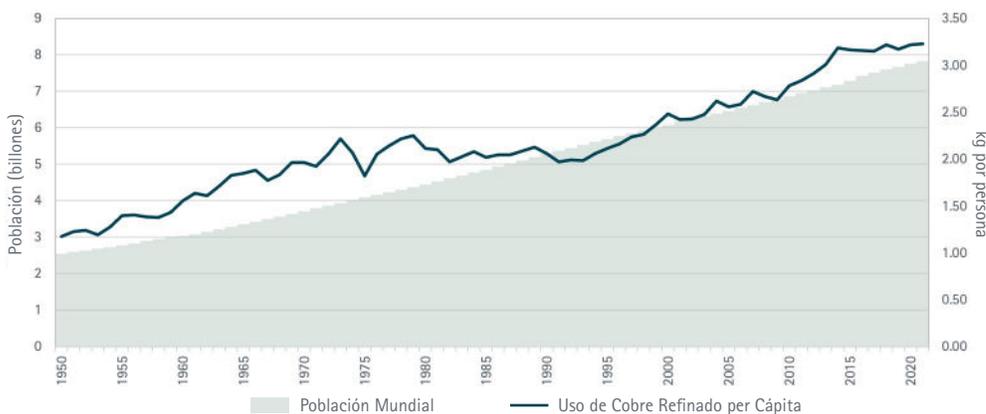


Figura 4— Uso De Cobre Refinado Per Cápita A Nivel Mundial 1950 – 2020 Cantidad De Cobre Utilizado Por La Industria Dividida Por La Población Total Excluyendo El Cobre Utilizado En Productos Terminados Por Persona)(Fuentes: GIEC Y Oficina Del Censo De Ee.uu.)

USO DEL COBRE EN NÚMEROS

El uso global de cobre refinado ha ido aumentando constantemente cada año de 0,5 millones de toneladas métricas en 1900 a aproximadamente 2 millones de toneladas métricas después de la Segunda Guerra Mundial y a 25 millones de toneladas en 2020. Esto corresponde a una tasa de crecimiento anual compuesto de 3,4 por ciento durante este período de 120 años.

Este aumento se debe en parte al crecimiento de la población mundial, así como al crecimiento del uso de cobre per cápita. En 1950, el uso promedio anual de cobre refinado per cápita era de 1,15 kg. Para 2020, este número se acercó a los 3,25 kg.

El crecimiento de la demanda de cobre difiere mucho entre regiones. Durante los últimos 25 años, el crecimiento puede atribuirse principalmente al mercado asiático, donde la demanda se ha multiplicado por ocho en las últimas cuatro décadas, impulsada en gran medida por la expansión industrial en China (fuente: Libro de datos sobre el cobre del GIEC).

Como resultado de la transición energética, el crecimiento de la población y el desarrollo económico, se espera que la demanda anual de cobre refinado se duplique para 2050 en comparación con 2020, como se muestra en la **Figura 6**. Si se toman medidas para restringir el aumento global de la temperatura a 1,5°C, la demanda por cobre refinado para el 2050 podría ser incluso mayor llegando cerca de 57 millones de toneladas.

Recientemente otros análisis [16, página 90] estiman que la demanda de cobre se duplicará para el 2050 o incluso antes. Este pronóstico supone un fuerte impulso regulatorio hasta 2030 y un despliegue agresivo de energías renovables y electrificación en un muy corto plazo. El *Camino* desarrolla un modelo de demanda ascendente y prospectivo que tiene en cuenta las limitaciones de tiempo relacionadas con la implementación de tecnologías de descarbonización.

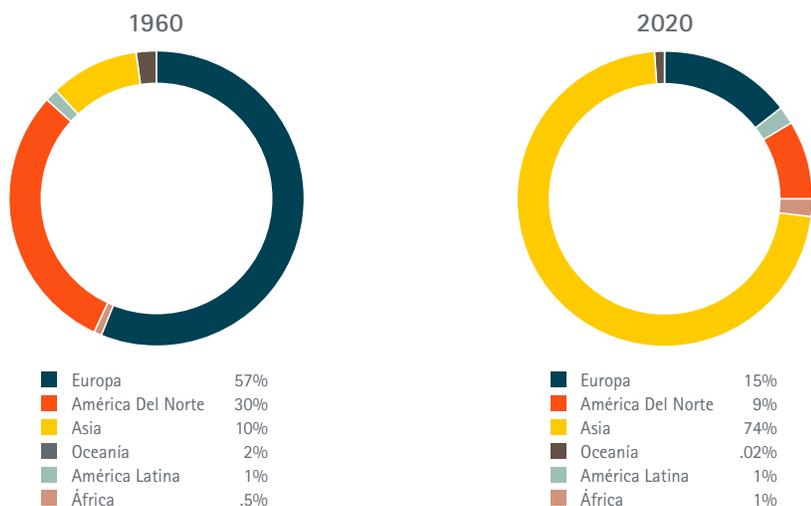


Figura 5— Uso De Cobre Refinado Por Región, 1960 Versus 2020 (Fuente: GIEC)

El Aumento Esperado En La Demanda Anual De Cobre Refinado Entre 2020 Y 2050 Mt

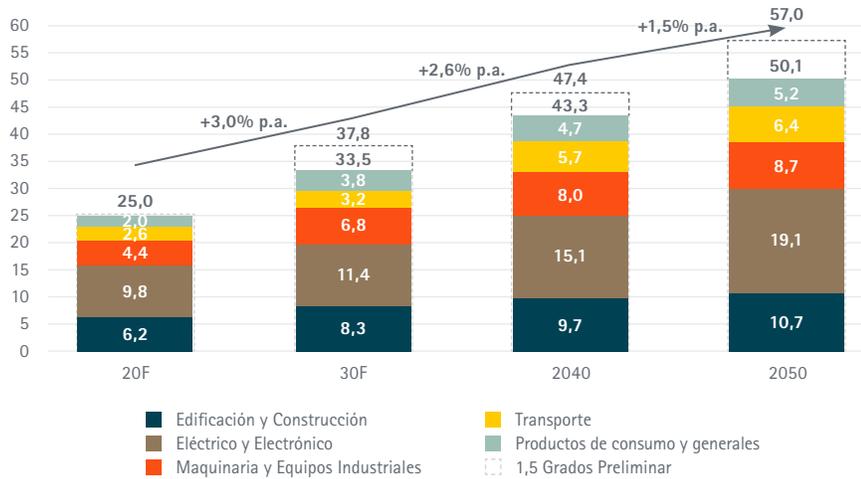


Figura 6— El Aumento Esperado En La Demanda Anual De Cobre Refinado Entre 2020 Y 2050 (Fuente: Modelo De Demanda De Cobre MineSpans Q3 2021)

La Industria Del Cobre

El cobre se obtiene a partir de dos fuentes: el mineral de cobre -también llamado fuente primaria de cobre- y la chatarra que contiene cobre -también llamada fuente secundaria de cobre. Ambas fuentes suelen ser combinadas por los productores de cobre y generan la misma calidad de metal de cobre, ya que el cobre se puede reciclar infinitamente sin perder sus propiedades.

La industria del cobre incluye minas de cobre, fundiciones, refinerías, instalaciones de reciclaje y fabricantes de productos semiacabados de cobre y aleaciones de cobre, como tubos, alambón y barras. El cobre es un importante contribuyente a las economías internas de países desarrollados, recientemente desarrollados y en desarrollo. La minería, el procesamiento, el reciclaje y la transformación del metal en múltiples productos crea puestos de trabajo y genera riqueza. Casi un millón de personas trabajan directamente para la industria mundial del cobre, desde la minería hasta la fabricación [4]. Al menos un millón más de personas están empleadas indirectamente.

La extracción, tratamiento, reciclado y la transformación del metal en una infinidad de productos **crean empleo y generan riqueza.**

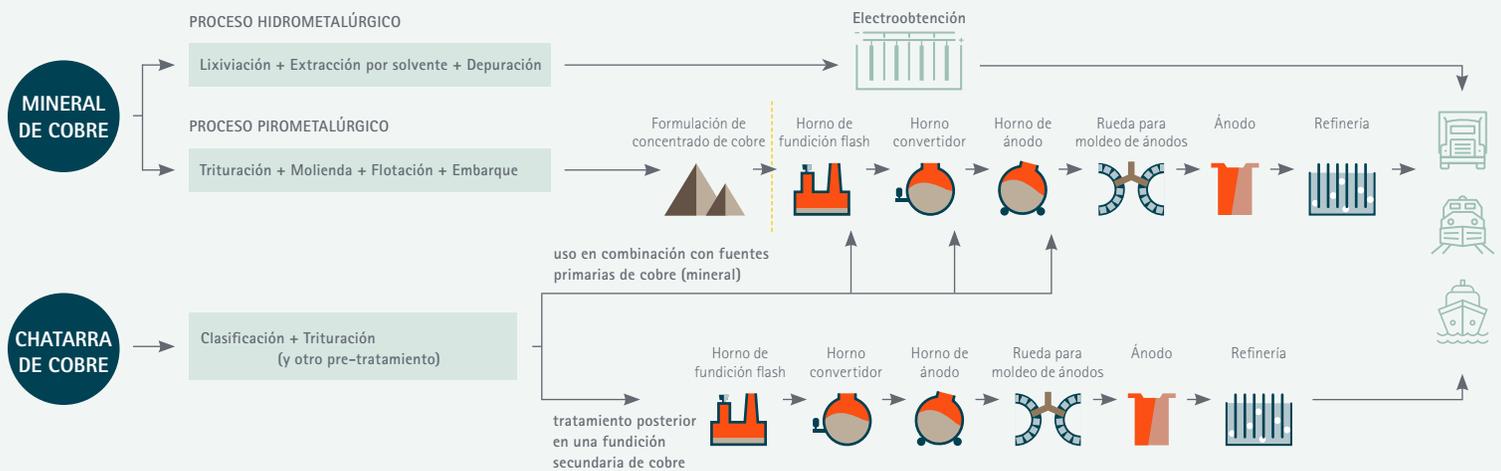


Figura 7— Los Tres Procesos Principales De Producción De Cobre Refinado

EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE COBRE

La producción desde fuentes primarias comienza con la extracción de minerales que contienen cobre en minas a cielo abierto o subterráneas. Los minerales suelen contener entre 0,25 y 1 por ciento de cobre puro. Posteriormente, existen dos rutas de producción diferentes (pirometalurgia e hidrometalurgia), dependiendo de las características de la materia prima -minerales de sulfuro u óxido.

La producción desde fuentes secundarias se alimenta de chatarra de cobre que se origina a partir de residuos de fabricación de productos semiterminados o terminados ("chatarra nueva"), o de productos en desuso que contienen cobre ("chatarra vieja"). Después del tratamiento inicial, que generalmente incluye clasificación y trituración, la chatarra de cobre ingresa al proceso pirometalúrgico de producción en diferentes etapas.

Las tres rutas de producción para el cobre refinado se muestran en la **Figura 7** y más detalles sobre los procesos de producción de cobre se pueden encontrar en el **Anexo 3**. Vale la pena subrayar el carácter de "portador de metal" del cobre: su producción genera una gama de subproductos metálicos importantes -incluido el oro, plata, cobalto, molibdeno, metales del grupo del platino, selenio, telurio -así como subproductos más complejos como el ácido sulfúrico y el silicato de hierro.

La reciclabilidad infinita del cobre es una gran ventaja. Alrededor del 80 por ciento del cobre se usa sin alear [5], lo que facilita el proceso de reciclaje. Incluso para el cobre aleado o el cobre que contiene otros materiales, el reciclaje sin degradar su calidad sigue siendo posible y eficiente. Esto significa que los elementos no deseados se pueden eliminar para recuperar el cobre en su estado puro, listo para ser reutilizado en cualquier tipo de aplicación. Debido a su alto grado de reciclabilidad, el cobre que se usa en diversas aplicaciones no se pierde, sino que puede considerarse una fuente adicional de cobre para usos posteriores, a menudo denominada la "mina urbana" de la sociedad.

El dieciséis por ciento de la demanda de cobre se puede satisfacer mediante el reciclaje de chatarra de cobre proveniente de productos en desuso (promedio de 10 años en 2018, ver **Figura 8**). Esta cifra es limitada, porque la demanda de cobre ha aumentado sustancialmente a lo largo de los años, esto se traduce en un menor volumen de productos en desuso que contienen cobre en comparación con la cantidad de nuevos productos que contienen cobre que ingresan al mercado. Otro 16 por ciento de la demanda de cobre puede satisfacerse mediante el reciclaje de chatarra de fabricación. Sumando ambas cifras se obtiene una *tasa de entrada de reciclaje* total del 32 por ciento [5, p. 59].

Existen dos vías de producción diferentes, en función de las características de la materia prima - **minerales sulfurosos u óxidos**



Aunque la tasa de reciclaje al final de la vida útil debe crecer para satisfacer la creciente demanda y conservar los recursos existentes, el cobre reciclado por sí solo no satisfará la creciente demanda. La primera reutilización del cobre extraído puede ser décadas después -una vida útil promedio prolongada es beneficiosa para reducir el impacto ambiental de la producción, pero tiene un efecto negativo en la disponibilidad de cobre de fuentes secundarias. El Grupo del Banco Mundial calculó que incluso una tasa de reciclaje del 100 por ciento al final de su vida útil solo reduciría la demanda de cobre de fuentes primarias en un 26 por ciento para el 2050 [6]. Además, ningún proceso es 100 por ciento eficiente y siempre existirán pérdidas en la recolección, separación y reprocesamiento de la chatarra de cobre. Por esta razón, se seguirá necesitando cobre producido a partir de minerales, junto con chatarra de cobre reciclado, para satisfacer las crecientes necesidades.

En el **Anexo 4** se muestra información más detallada sobre la producción de cobre y sobre los flujos del comercio internacional de concentrado de cobre y cobre refinado.



Figura 8– Flujo Global De La Industria Del Cobre

Los Desafíos De La Descarbonización De La Industria Del Cobre

Los miembros de ICA reconocen su responsabilidad en la gestión global al adoptar objetivos de sostenibilidad.

A modo de ilustración, en 2020 con el apoyo de ICA se lanzó The Copper Mark®, un marco de garantía independiente. The Copper Mark está diseñada para brindar a todos los stakeholders la confianza de que las plantas de producción de cobre certificadas operan de acuerdo con prácticas industriales responsables y aceptadas internacionalmente. En este contexto más amplio de producción sostenible, los miembros de ICA han tomado la iniciativa de evaluar cómo se puede descarbonizar la producción de cobre.

Esta sección analiza cómo la industria del cobre puede descarbonizar sus procesos productivos. En primer lugar, describe las emisiones actuales de GEI y modela la evolución de las emisiones a lo largo del tiempo en función de un escenario "sin acciones de descarbonización" ("sin acción"). Luego, la sección presenta vías para la reducción de emisiones de Alcance 1 y Alcance 2 y explora estrategias para reducir las emisiones de Alcance 3. Aborda los gastos de capital y las asociaciones que serán fundamentales para la reducción de emisiones. La sección también revisa las opciones para la descarbonización de la industria del cobre en China, un actor importante en el sector a nivel internacional.

Emisiones De GEI De La Producción De Cobre En La Actualidad

La industria mundial del cobre emitió un estimado de 112 millones de toneladas de CO₂e (Alcances 1, 2 y 3 incluido) en 2018. La producción de cobre refinado generó 97 millones de toneladas, alrededor del 85 por ciento de las emisiones totales. Los 15 millones de toneladas restantes fueron producidos por la fabricación de productos semiterminados como alambre, tubos, láminas, piezas fundidas y polvos.

Las emisiones de GEI de la producción de cobre refinado representan el 2 por ciento de las emisiones totales del sector de metales y minería y el 0,2 por ciento del total de las emisiones antropogénicas globales.

El cobre genera una fracción de las emisiones de GEI a nivel mundial y contribuye en gran medida a su reducción. Como se explicó en la sección anterior, el cobre es una materia prima clave para una serie de tecnologías que, en conjunto, permiten reducir alrededor de dos tercios de las emisiones globales de GEI.

Emisiones Totales De GEI De Origen Humano, 2018

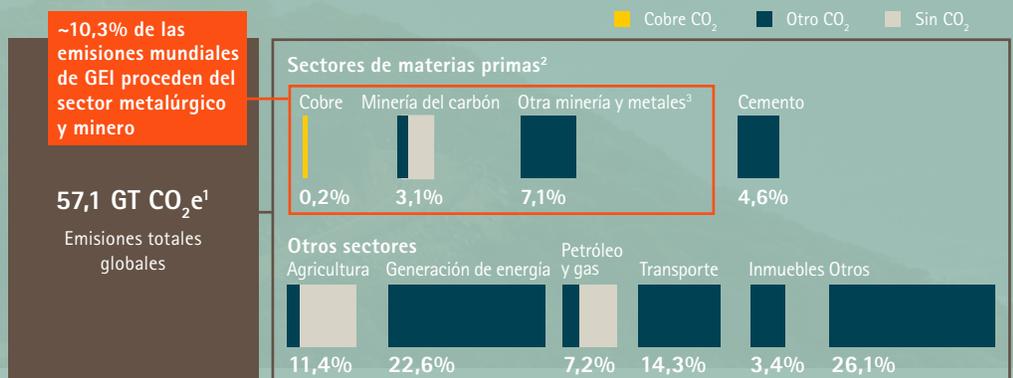


Figura 9— Porcentaje De Emisiones De GEI De La Industria Del Cobre (Fuente: Perspectiva Energética Mundial De McKinsey, MineSpans)

1 Emisiones Alcance 1: CO₂: 41,25%, CH₄: 30,39%, HFCs: 2,21% y N₂O: 2,53% PCG: 100

2 Metales, minería

3 Acero, aluminio y otros metales

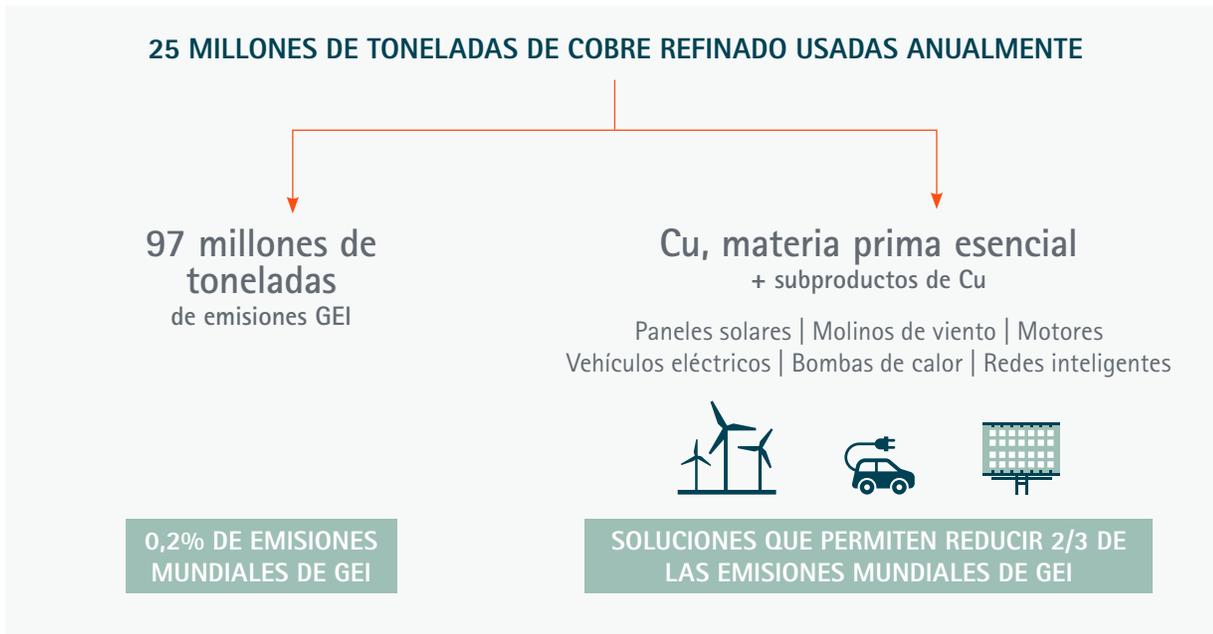


Figura 10— Análisis Costo-Beneficio De Las Emisiones De GEI Del Cobre

La porción más grande —46 por ciento— de los 97 millones de toneladas de GEI emitidas por los productores de cobre fueron emisiones de Alcance 2, emisiones indirectas asociadas con la compra de electricidad, vapor, calor y refrigeración. Las emisiones de Alcance 3—otras emisiones indirectas aparte de las de Alcance 2—representan el 31 por ciento de las emisiones de GEI generadas por la producción de cobre. Las emisiones de Alcance 1 —emisiones directas de fuentes propias o controladas— representan el 23 % de las emisiones de GEI de la industria. Este informe analiza las emisiones de Alcance 3 de los datos de seis categorías identificadas como materiales para la producción de cobre: bienes y servicios adquiridos, actividades relacionadas con

combustibles y energía, transporte antes y después, residuos generados en las operaciones y tratamiento de los productos en desuso vendidos. Excluye un análisis de "uso de productos vendidos" debido a la falta hoy en día de datos confiables.

Los Alcances 1, 2 y 3 se han definido en el nivel total de producción de cobre, es decir la gama de procesos desde la extracción, fundición, refinación hasta el reciclaje descritos en la Sección 1, **Figura 7**. Dado que algunos productores de cobre se centran en la minería y la producción de concentrados —y otros sólo en fundición y refinación— la clasificación de estas empresas de sus emisiones de GEI como Alcances 1, 2 y 3 diferirá de la definición utilizada aquí.



De estos 97 millones de toneladas de emisiones de GEI, el 70 por ciento fue generado por yacimientos mineros, el 23 por ciento provino de las etapas de fundición y refinación y el 7 por ciento restante ocurrió en el transporte antes y después, y en el tratamiento de los productos en desuso vendidos.

Emisiones Mundiales de CO₂e del Cobre De Alcance 1, 2 y 3, 2018, Millones de toneladas

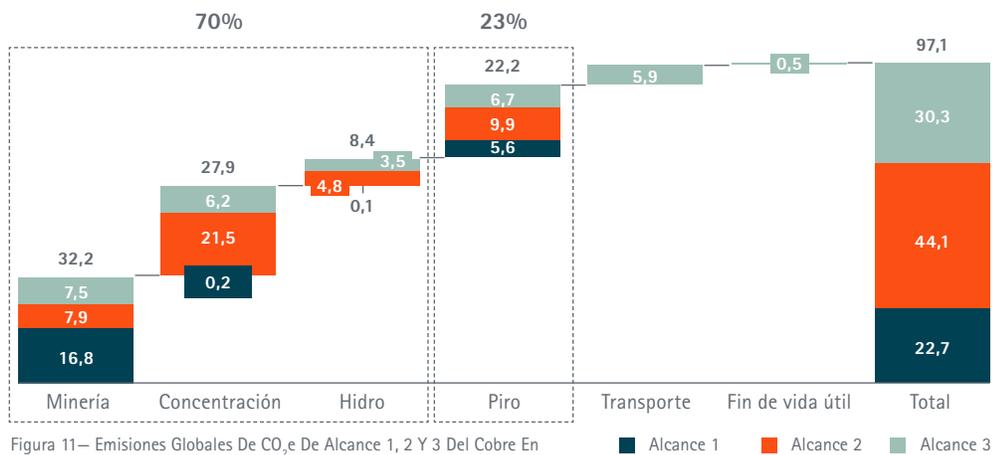


Figura 11 – Emisiones Globales De CO₂e De Alcance 1, 2 Y 3 Del Cobre En 2018 (Fuente: Quantis)

En 2018, la intensidad promedio de emisiones de GEI de la producción de cobre refinado fue de 4,4 toneladas de CO₂e por tonelada de cobre. En 1990, este indicador era de 5,4 toneladas de CO₂e por tonelada de cobre y la intensidad de las emisiones disminuyó un 13,4 por ciento durante los siguientes 28 años. Esta reducción se debió a un aumento en la producción de cobre de fuentes secundarias, cambios en la combinación de electricidad y medidas en curso por parte de las mineras de cobre para mejorar la eficiencia energética y de emisiones de la producción.

Intensidad Media de las Emisiones de GEI del Cobre Refinado t CO₂e/t Cu

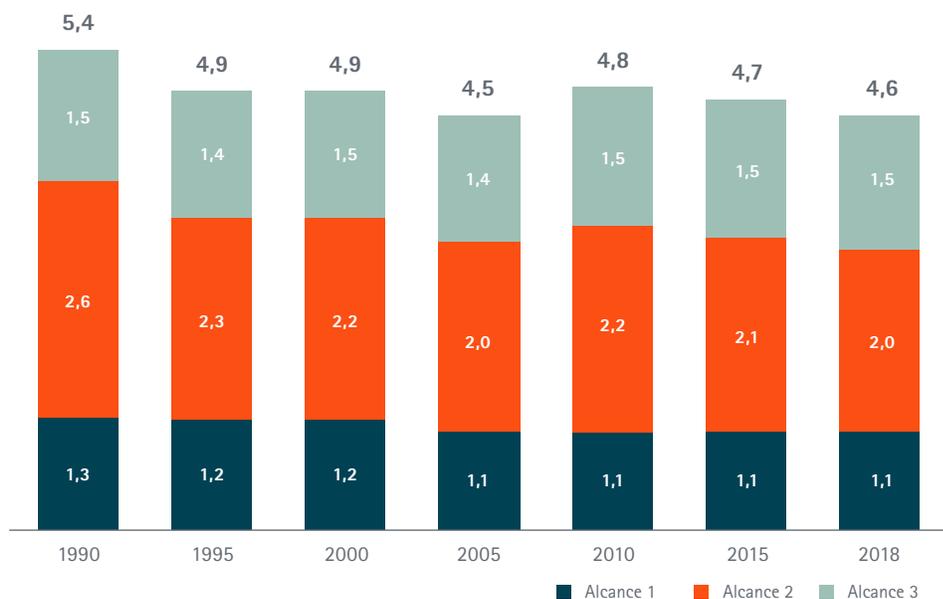


Figura 12 – Emisiones de GEI – Rendimiento Histórico

La producción de cobre permite la extracción de otros metales que son fundamentales para la sociedad, la fabricación de subproductos (ácido sulfúrico, silicatos de hierro,...) y la recuperación de calor de las fundiciones para su uso en otras aplicaciones como la calefacción urbana. Las emisiones asociadas a los subproductos y los co-generados ascendieron a 19,3 millones de toneladas de CO₂e en 2018 y se asumen como emisiones evitadas en otros lugares, ya que esos productos que representan una parte importante de esos mercados son proporcionados incidentalmente por la industria del cobre.

Línea De Base Para Calcular El Potencial De Reducción

ESCENARIO SIN ACCIÓN

Se prevé que la producción de cobre refinado se duplique entre 2020 y 2050, lo que conducirá a una producción anual de 50 millones de toneladas, con 10 millones del total de toneladas provenientes de la chatarra de cobre. Durante este período, dos factores principales afectarán la intensidad de CO₂e de la producción de cobre: 1) la disminución de la ley de cabeza de molino del mineral de cobre seguirá aumentando las emisiones, y 2) el cambio hacia fuentes libres de combustibles fósiles por parte de las redes eléctricas nacionales bajará la intensidad de CO₂e en el sector.

La ley de cabeza de molino del mineral de cobre ha disminuido constantemente a un promedio de 0,58 por ciento en 2020. Se espera una disminución adicional hasta el 2030, seguida de una estabilización de alrededor de 0,53 por ciento en el período hasta el 2050. Tal disminución daría lugar a un emisiones adicionales de 10 a 20 millones de toneladas de CO₂e por parte de la industria del cobre para 2050.

INMERSIÓN PROFUNDA: LEY DE CABEZA DE MOLINO DEL MINERAL DE COBRE

La ley de cabeza de molino es el contenido de metal del mineral de cobre extraído que ingresa al molino para su procesamiento. Cuanto más baja es la ley, más energía se requiere para producir una tonelada de cobre puro, de ahí el objetivo general de las empresas mineras de alcanzar la ley más alta posible del mineral. La ley promedio de cabeza de molino de las operaciones mineras existentes disminuyó un 9 por ciento entre 2012 y 2020, hasta un 0,58 por ciento, y se espera que disminuya otro 10 por ciento hacia el 2030. Esta reducción se verá mitigada, en parte, por el aumento de la ley de cabeza de molino de nuevos proyectos mineros, ya que los mineros comenzarán a excavar donde el rendimiento esperado es el más alto. Los nuevos proyectos mineros con fecha de inicio en 2021 tienen una ley de cabeza de molino esperada de aproximadamente 0,9 por ciento. La incorporación de nuevos proyectos a las operaciones mineras existentes llevará a la ley promedio de cabeza de molino del mineral de cobre a 0,55 por ciento en 2030, una disminución del 4 por ciento en comparación con 2020. No se espera una disminución adicional sustancial de la ley de cabeza de molino entre el 2030 y 2050, ya que la ley estimada de las reservas de cobre probablemente se estabilizará en alrededor de 0,50 a 0,55 por ciento.

Ley De Cabeza De Molino De Mina De Cobre Primario Mundial, 2012-30, Porcentaje en peso del mineral extraído



Figura 13— Evolución De La Ley De Cabeza De Molino De Las Minas De Cobre (Minas Operativas, Nuevos Proyectos Y Ley De Reserva) (Fuente: MineSpans).

Se espera que la producción de cobre refinado se duplique entre el 2020 y 2050, hasta alcanzar una producción anual de 50 millones de toneladas, de las cuales 10 millones procederán de la chatarra de cobre.

Las inversiones adicionales en la red y las tecnologías avanzadas de almacenamiento en baterías **reducirán significativamente la intensidad de carbono** de la combinación eléctrica.

Al mismo tiempo, se espera que la intensidad de carbono de las redes eléctricas de todo el mundo disminuya de 200 a 600 kg CO₂/MWh en la actualidad a menos de 100 kg CO₂/MWh para 2050, tras un aumento en el uso de fuentes de energía libres de combustibles fósiles (ver **Figura 14** a continuación). Los países con muchas centrales eléctricas planificadas de energías renovables, como España y Chile, verán la caída más rápida y más fuerte. Las inversiones adicionales en la red y las tecnologías avanzadas de almacenamiento en baterías reducirán significativamente la intensidad de carbono de la combinación eléctrica. Para el 2050, se pronostica que estos cambios reducirán las emisiones anuales de carbono de la producción de cobre entre 50 y 80 millones de toneladas de emisiones de CO₂e, una reducción sustancial.

Pronóstico De La Intensidad De CO₂ De Las Redes Energéticas Nacionales, kg CO₂/MWh



Figura 14— Evolución Prevista De La Intensidad De Emisiones De CO₂ De Las Redes Eléctricas (Fuente: MineSpans).

La **Figura 15** ilustra el impacto de estas variables en las emisiones desde 2018 a 2050.

Emisiones Globales De Cobre De Alcance 1, 2 Y 3, 2018-50—Escenario Sin Acción

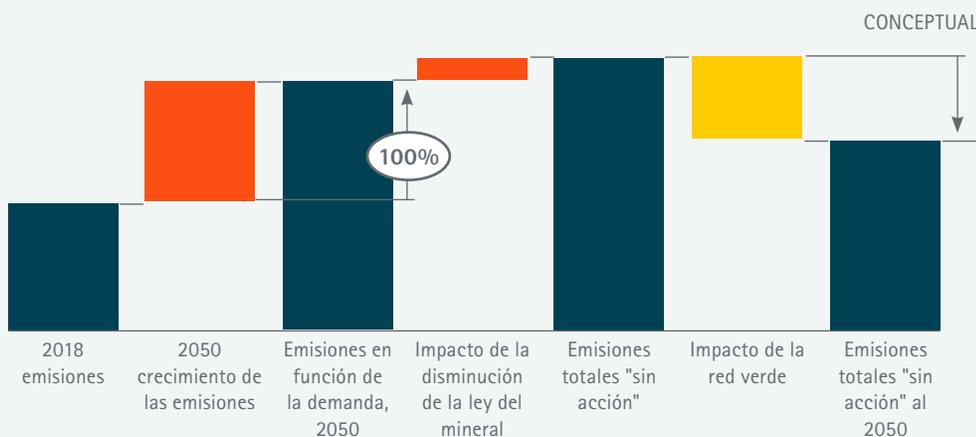


Figura 15— Modelado De Emisiones: 2018-2050



DEFINICIÓN DE LA LÍNEA DE BASE

Se realizó una estimación ascendente de las emisiones de la Línea de Base, combinando activos de producción de cobre, proyectos de desarrollo minero informados y pronósticos por países sobre la evolución de los factores de emisiones de la red. Esta estimación arroja una cifra de 102 millones de toneladas de emisiones de CO₂e anuales para 2050, para la producción de cobre refinado en un escenario sin acción. Del 2018 al 2050, se espera que el volumen de emisiones generado por la producción de cobre siga una curva acampanada, como se muestra en la **Figura 16**:

- Las emisiones totales aumentarán hasta el 2030 debido a que la producción aumenta más rápido que la descarbonización de la red eléctrica
- A partir del 2030, la mejora del factor de emisión de la red compensará con creces el aumento de las emisiones derivado del crecimiento de la producción
- Sin embargo, las emisiones totales para 2050 serán más altas que en 2018 en un escenario sin acción.

Emisiones De GEI—Línea De Base, Mio t CO₂e

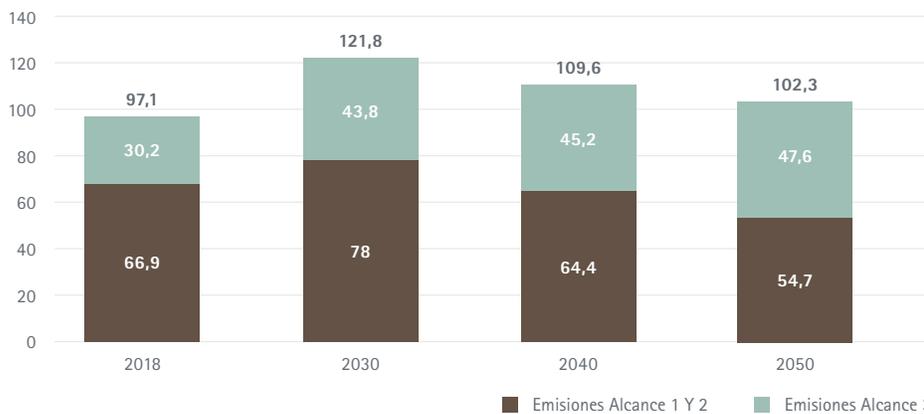


Figura 16— Línea De Base: Emisiones Mundiales De GEI De La Producción De Cobre En Un Escenario Sin Acción (Fuente: MineSpans)

Reducción De Emisiones De Alcance 1 Y 2

El análisis indica que un porcentaje significativo de las emisiones de Alcance 1 y 2 de la producción mundial de cobre se puede reducir mediante el uso de cuatro tipos de tecnologías en desarrollo y listas para el mercado:

Combustibles alternativos. Esto incluye el paso del diesel a combustibles de transición como el biodiesel para camiones, excavadoras y perforadoras, así como el cambio al hidrógeno verde para los camiones de carga. En los hornos de fundición, el hidrógeno verde podría reemplazar al gas natural; otros sistemas de gas natural podrían cambiar a biogás; el biocarbón podría reemplazar al coque. El siguiente diagrama destaca los esfuerzos de *Anglo-American* en esta materia.

UNA SOLUCIÓN INTEGRADA DE DESCARBONIZACIÓN DE MINAS

Generamos electricidad renovable que es:



Electrificación de equipos. Los ejemplos incluyen la introducción de camiones totalmente eléctricos con batería o pantógrafo para reemplazar los camiones diesel para carga y hornos eléctricos para reemplazar los hornos de gas natural. Por supuesto, dicho equipo debe ser alimentado por electricidad descarbonizada.

Camión de transporte minero con pantógrafo de Boliden, miembro de la ICA.

Electricidad descarbonizada. Esto incluye el cambio de electricidad comprada estándar a electricidad libre de carbono a través de Acuerdos de Compra de Energía (ACE), así como la instalación de parques de energía solar y eólica en las faenas de producción de cobre. Tales medidas permitirían a los productores de cobre reducir la intensidad de CO₂e de la electricidad utilizada más rápido que si la compraran a la red sin un Acuerdo de Compra Específico.

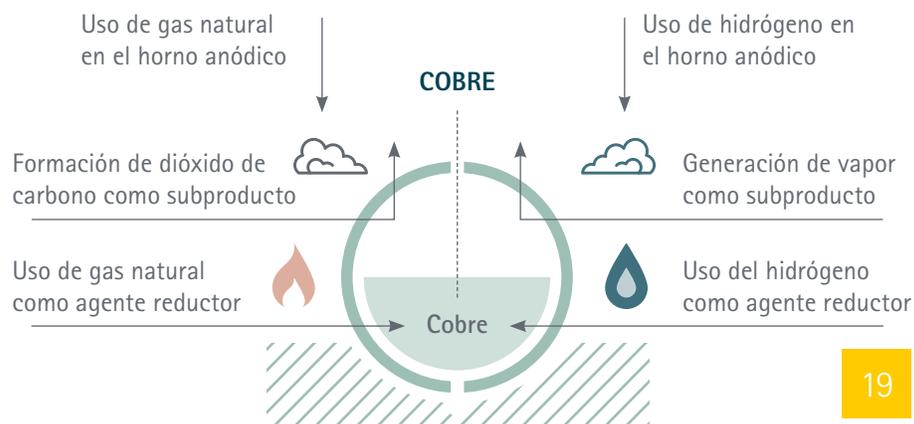
Los miembros de ICA están implementando soluciones de energías renovables en los yacimientos mineros.

- **Codelco** utiliza 200MW de energía renovable para alimentar su mina Chuquicamata a través de un acuerdo de compra de energía desde el 2021.
- **KGHM** cuenta con la única planta solar en Polonia basada en tecnología industrial 4.0, conectada directamente a su fundición de Legnica y proporcionando 3 GWh de electricidad al año desde el 2020.
- **BHP** ha abastecido a sus minas Escondida y Spence en Chile con energía 100 por ciento renovable desde 2021, ahorrando 3 millones de toneladas de CO₂e al año.
- La planta solar de **Mitsubishi Materials** Irigami en la prefectura de Miyagi en Japón, inaugurada el 2015, proporciona 6930kW de electricidad.
- En 2019, la mina de cobre Kennecott Utah de **Rio Tinto** retiró su planta de energía a carbón y comenzó a alimentar su operación a través de certificados de energía renovable comprados a Rocky Mountain Power, reduciendo su huella de carbono anual hasta en un 65 por ciento.
- El **Grupo México** ha invertido \$260 millones en Fenicias, un parque eólico ubicado en Nuevo León, México. Este parque eólico de 168MW proporcionará 600 GWh por año de electricidad verde a las operaciones mineras y metalúrgicas cercanas de la compañía. Una vez en operación en 2023, Fenicias reducirá aproximadamente 250k tCO₂e de las emisiones del Grupo México al año, lo que representa el 16 por ciento de sus emisiones de Alcance 2 del 2021 o el 6 por ciento de las emisiones de Alcance 1 y 2 de la división minera.
- La mina de cobre Zaldívar en **Antofagasta** (2020) fue la primera mina de cobre en Chile que funcionó con un 100 por ciento de energía renovable, ahorrando 350.000 toneladas de CO₂ al año.



Eficiencia energética. Los ejemplos incluyen la mejora de la eficiencia de la molienda utilizando medios de molienda con alto contenido de cromo y la instalación de sistemas de trituración y transporte en la propia mina para evitar el transporte por camión, cuando corresponda. Por ejemplo, **Freeport-McMoRan**, miembro de ICA, ha reducido el consumo de energía en un 20 por ciento con innovadores rodillos de molienda de alta presión.

Para el 2030, se estima reducir entre un 30 y un 40 por ciento de las emisiones en comparación con la Línea de Base, principalmente mediante el cambio a electricidad verde, a través de la producción en faena o ACE. Los combustibles alternativos (como el biodiesel o el hidrógeno verde) y la electrificación de equipos juegan un papel limitado en este primer período, debido a las limitaciones en la disponibilidad de estos combustibles y tecnologías. **Aurubis**, miembro de ICA, está probando el uso de hidrógeno como agente reductor en el horno de ánodo. El siguiente diagrama describe el proceso.



Para el 2040, la producción a escala de camiones eléctricos con batería o con celdas de combustible, junto con una mayor disponibilidad de hidrógeno verde, permitirá una reducción de las emisiones entre un 70 y un 80 por ciento en comparación con la Línea de Base. La contribución de los combustibles alternativos y la electrificación de equipos se expandirá aún más en el período desde 2040 a 2050, mientras que el potencial de reducción a través de electricidad limpia disminuirá debido a la mayor descarbonización de la red eléctrica.



Foto por cortesía de Teck Resources.

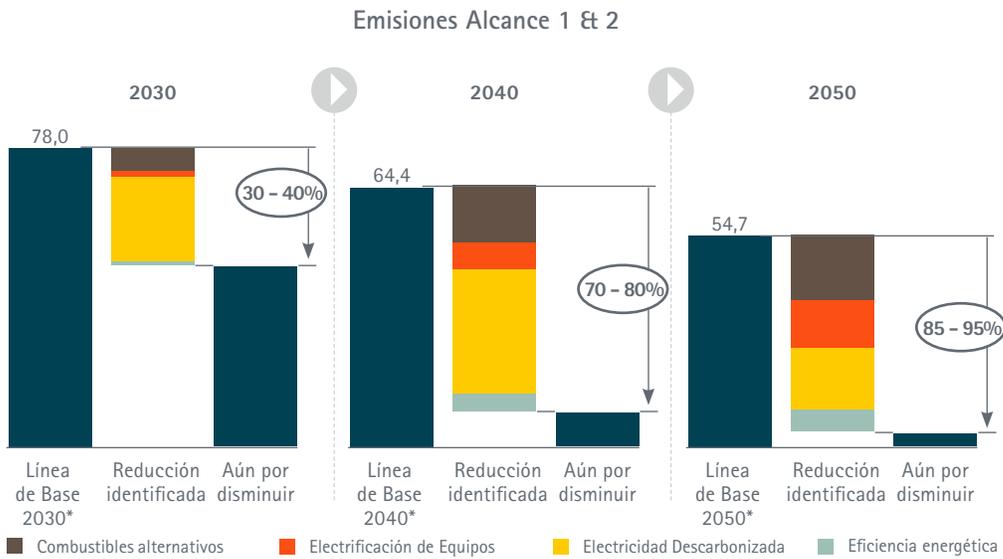
Teck se está asociando con pares mineros, fabricantes de equipos móviles, proveedores de transporte y otros para avanzar y acelerar el desarrollo de vehículos con bajas emisiones de carbono, como un camión grúa eléctrico diseñado para operaciones subterráneas. El Programa de Vehículos de Energía Verde de **Vale** opera aproximadamente 50 Vehículos de Energía Verde (VEV) en minas subterráneas, de los cuales más de 40 son Vehículos Eléctricos a Batería (VEB). Vale ha estado empleando la electromovilidad en sus minas desde los años noventa. Sus iniciativas forman parte de los esfuerzos de toda la empresa por reducir las emisiones de Alcance 1 y 2 en un 33 por ciento para el 2030.

Para el 2050, las emisiones se pueden reducir entre un 85 y un 95 por ciento en comparación con la Línea de Base, por medio de una mayor electrificación y un aumento en la disponibilidad de hidrógeno verde. Durante el período 2020 al 2050, se puede lograr una mayor reducción de las emisiones de Alcance 1 y 2 a través de mejoras de la eficiencia que normalmente representan entre el 7 y el 12 por ciento del potencial total de reducción.



Foto por cortesía de Vale.

Para el 2050, las emisiones se pueden reducir entre un 85 y un 95 por ciento en comparación con la Línea de Base, por medio de una mayor electrificación y un aumento en la disponibilidad de hidrógeno verde.



* Escenario 'Sin Acción'

Figura 17— Potencial De Reducción De Emisiones De Alcance 1 Y 2 Para 2030, 2040 Y 2050 En Un Escenario Sin Acción (Fuente: Herramienta De Descarbonización De Activos De MineLens; Análisis Del Equipo)

Basándose en este análisis, los miembros de ICA se comprometen con la meta de llevar la producción de cobre a Net Zero en las emisiones de GEI de Alcance 1 y 2 para el 2050.

Se priorizarán los esfuerzos de investigación y desarrollo para desbloquear tecnologías de descarbonización adicionales que deberían permitirnos alcanzar una reducción total de las emisiones de Alcance 1 y 2.

1. Este objetivo para el 2050 es una meta *colectiva* que refleja las medidas de descarbonización que están llevando a cabo las empresas miembros de ICA. El alcance de las actividades, las condiciones operativas y la velocidad de descarbonización de las redes eléctricas disponibles varían tanto entre los productores de cobre como entre las regiones. Estos factores tendrán un impacto en la reducción intermedia de emisiones que cada empresa miembro puede lograr para 2030 y 2040. Por lo tanto, la trayectoria de reducción de emisiones en la **Figura 17** no debe usarse como punto de referencia para evaluar el desempeño provisional de cada empresa hacia la meta de Net Zero de emisiones para 2050.
2. Este objetivo se basa en las tecnologías de descarbonización actuales y el análisis de su disponibilidad a escala, costo y potencial de reducción. Este modelo de trayectoria hacia emisiones Net Zero es, por lo tanto, indicativo y está sujeto a cambios, ya que estas variables pueden fluctuar con el tiempo.

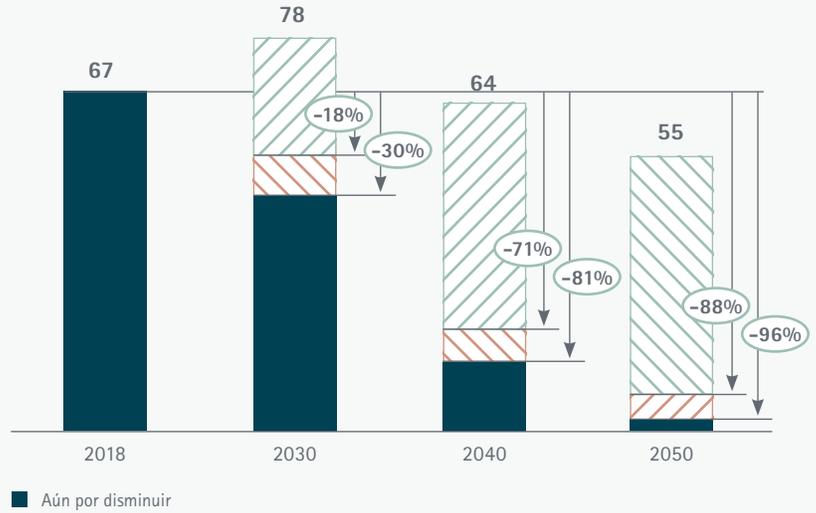
NOTA AL MARGEN: COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE ALCANCE 1 Y 2 CON EL AÑO DE REFERENCIA 2018

Si bien el análisis realizado optó por medir el potencial de reducción en los años 2030, 2040 y 2050 en porcentaje de las emisiones de GEI que se habrían generado sin iniciativas de descarbonización (Línea de Base "escenario sin acción"), también es una práctica común medir este potencial como porcentaje de las emisiones generadas durante un año de referencia, el año 2018 para este análisis.

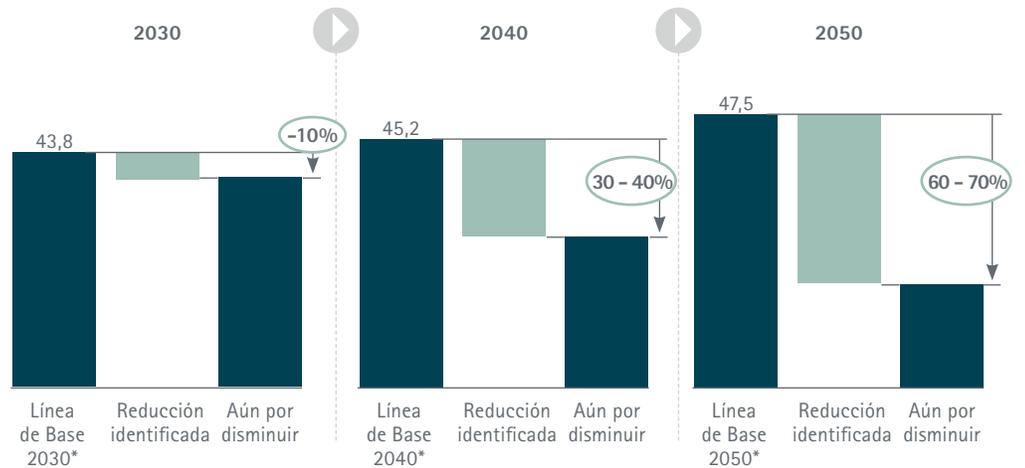
Para completar la información, presentamos esta comparación alternativa, aunque damos preferencia a un porcentaje de reducción de una Línea de Base de "escenario sin acción" (Línea de Base que evoluciona en el tiempo), ya que toma en cuenta la evolución de los volúmenes de producción y de la intensidad de CO₂ de las redes eléctricas.

En este gráfico, el volumen total de (por ejemplo) emisiones aún por reducir en 2030, calculado como un 30 a 40 por ciento más bajo que las emisiones en un escenario sin acción (78 millones de toneladas; ver Figuras 16 y 17), oscila entre 46,8 (-40 por ciento) a 54,6 (-30 por ciento) millones de toneladas. Este rango es de 18 a 30 por ciento más bajo que los 67 millones de toneladas emitidas en 2018.

Potencial De Reducción De Emisiones De Alcance 1 Y 2
en % de las emisiones de 2018, Mio t CO₂e



Emisiones Alcance 3



* Escenario 'Sin Acción'

Figura 18— Potencial De Reducción De Emisiones De Alcance 3 Para 2030, 2040 Y 2050 En Un Escenario Sin Acción (Fuente: Herramienta De Descarbonización De Activos De MineLens; Análisis Del Equipo)



La combinación de estas palancas podría permitir al sector del cobre reducir las emisiones de Alcance 3 en torno a un 10 por ciento para **el 2030, entre un 30 y un 40 por ciento para el 2040 y entre un 60 y un 70 por ciento para el 2050.**

Reducción De Las Emisiones De Alcance 3

Abordar la reducción de las emisiones de Alcance 3 presenta desafíos adicionales en comparación con los Alcances 1 y 2. Primero, la interdependencia entre los agentes en la cadena de valor requiere un enfoque asociativo para maximizar las reducciones potenciales, que no están bajo el control de los productores de cobre. El alcance de estas asociaciones puede ser amplio si los proveedores de nivel 2 y nivel 3 colaboran para reducir las emisiones. En segundo lugar, la disponibilidad de datos actualizados y de calidad sobre los factores de emisión de varios proveedores, proveedores de servicios o clientes, aún es limitada. Esta restricción hace que la medición de las emisiones de Alcance 3 y la identificación de soluciones de reducción sean aún más desafiantes.

A pesar de estas dificultades, se realizó una evaluación inicial del potencial de reducción de las emisiones de Alcance 3 en función de los bienes y servicios comprados, las actividades relacionadas con el combustible y la energía, el transporte antes y después en la cadena de valor, los desechos operativos y el tratamiento de productos en desuso vendidos, categorías que producen la mayor parte de las emisiones de Alcance 3 dentro del sector del cobre. Se identificó las principales palancas de descarbonización relacionadas con la electrificación

descarbonizada, el soporte cercano, las tecnologías o combustibles alternativos de producción, las mejoras de eficiencia. Además, una mayor circularidad puede reducir las emisiones en el tratamiento de productos en desuso o en los residuos generados en las operaciones.

La combinación de estas palancas podría permitir que el sector del cobre reduzca las emisiones de Alcance 3 en alrededor de un 10 por ciento para el 2030, entre un 30 y un 40 por ciento para el 2040 y, entre un 60 y un 70 por ciento para el 2050.

Las asociaciones activas en toda la cadena de valor del cobre tienen el potencial para mejorar la capacidad de la industria con el fin de reducir las emisiones de Alcance 3. Sin embargo, establecer y administrar tales colaboraciones requerirá recursos sustanciales, así como acuerdos para garantizar que se alcancen las metas. Las relaciones contractuales con proveedores y clientes deben abordar los problemas relacionados con el cumplimiento.



Los miembros de ICA participarán activamente en la cadena de valor de la industria del cobre con la ambición de **reducir emisiones de Alcance 3 hacia Net Zero para el 2050.**

Esta ambición debe entenderse como la incorporación de las siguientes consideraciones:

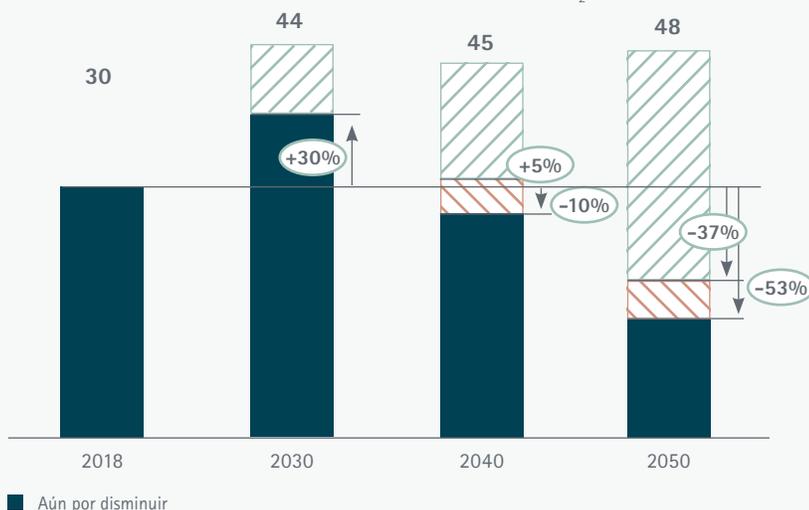
1. En cuanto a los Alcances 1 y 2, esta es una ambición colectiva que no debería interpretarse como un punto de referencia para evaluar el desempeño de cada empresa miembro de ICA en la reducción de sus emisiones de Alcance 3.
2. Esta ambición se ha definido según nuestro conocimiento actual, que está limitada por los desafíos para abordar las emisiones de Alcance 3 mencionados anteriormente. A medida que los miembros de ICA desarrollen mejores técnicas para medir las emisiones y asociaciones para reducirlas, revisarán y probablemente modificarán esta ambición. Por lo tanto, el camino de la industria puede cambiar con el tiempo y dependerá del establecimiento de asociaciones para desarrollar la capacidad. Los miembros de ICA trabajarán con sus socios para identificar más soluciones de descarbonización, para cerrar la brecha a Net Zero para el 2050.

NOTA AL MARGEN: COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE REDUCCIÓN DEL ALCANCE 3 CON EL AÑO DE REFERENCIA 2018

En cuanto a los Alcances 1 y 2, y para completar la información, presentamos la comparación alternativa del potencial de reducción de emisiones del Alcance 3 como porcentaje de dichas emisiones generadas en el 2018.

En este gráfico, el volumen total de (por ejemplo) las emisiones que aún deben reducirse en el 2030, calculadas como un 10 por ciento más bajas que las emisiones en un escenario sin acción (44 millones de toneladas-ver Figuras 16 y 18), ascienden a 39,6 millones de toneladas. Este número es un 30 por ciento más alto que los 30 millones de toneladas emitidas en el 2018.

Potencial De Reducción De Emisiones De Alcance 3 en % de las emisiones de 2018, Mio t CO₂e



Combinando las trayectorias para los Alcances 1 y 2 y para el Alcance 3, y utilizando métricas “por tonelada”, la intensidad de CO₂e del cátodo de cobre tiene el potencial de caer de 4,6 toneladas de CO₂e por tonelada de cobre hoy a menos de 0,4 toneladas para el 2050, como se muestra en **Figura 19** a continuación.

Aquí nuevamente, los valores intermedios mostrados para 2030 y 2040 son indicativos, ya que dependen significativamente de hipótesis específicas (como la velocidad de descarbonización de las redes eléctricas locales) para que se cumplan.

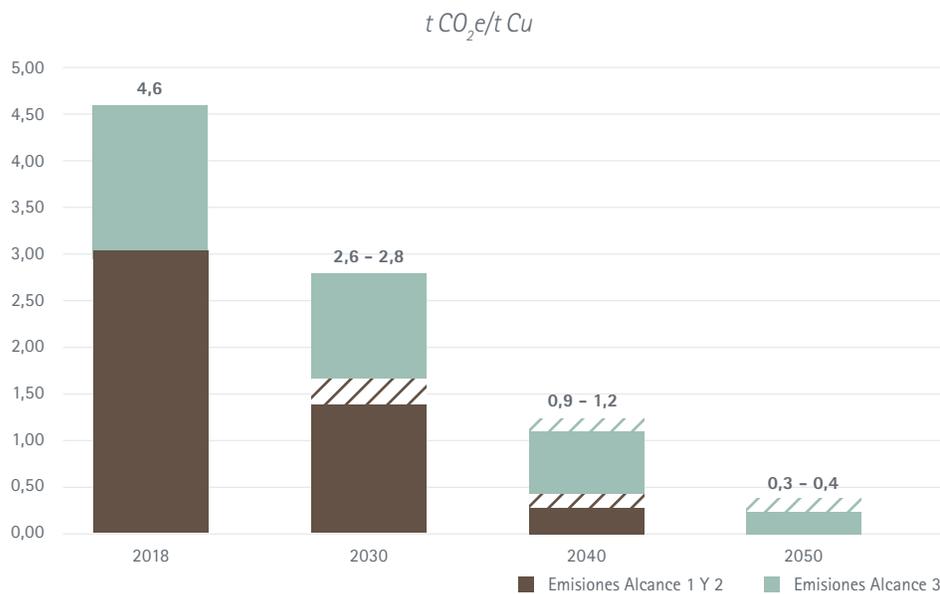


Figura 19— Evolución Prevista De La Intensidad De Carbono Del Cátodo De Cobre (Fuente: Herramienta De Descarbonización De Activos De MineSpans; Análisis Del Equipo)

Los miembros de ICA trabajarán para lograr este objetivo a través de un compromiso integral con la sostenibilidad. Al buscar soluciones de descarbonización, se comprometen no sólo a mitigar los impactos negativos en otras categorías ambientales—como el agua, la tierra o el aire—y las comunidades locales, sino que también a maximizar los impactos positivos de la reducción de emisiones al mejorar condiciones como la calidad del aire y el acceso a la infraestructura energética. Por ejemplo, **Glencore**, miembro de ICA, está comprometida con el desarrollo socioeconómico de los países en los que opera. En la RDC, colaboraron con el gobierno local para apoyar en la rehabilitación de dos turbinas en la represa INGA, lo que permitió la generación de 460 MW de electricidad con 50 MW destinados directamente a la población de Kolwezi.

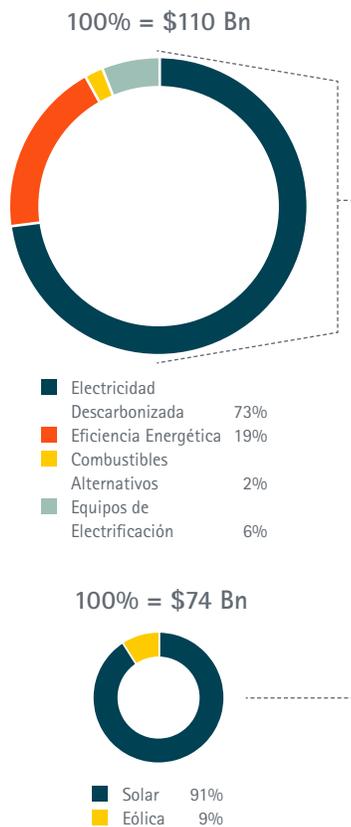
Los miembros de ICA respaldan The Copper Mark®, un marco de garantía voluntario establecido para promover la producción responsable de cobre y la presentación de informes transparentes, lo que contribuye significativamente a la sostenibilidad. Los miembros de ICA también reconocen y se adhieren a los principios fundamentales relacionados con la transición a la neutralidad de carbono para todos los stakeholders. Este será el enfoque de los próximos proyectos, como se indica en la **Sección 4** (El Camino A Seguir).

Los miembros de ICA reconocen que se requerirán medidas adicionales para llevar la producción de cobre a Net Zero para el 2050.

Se comprometen a continuar con la investigación y el desarrollo para reducir aún más las emisiones de Alcance 1 y 2, y a establecer amplias alianzas con los stakeholders relevantes para reducir las emisiones del Alcance 3. Esto para alinear completamente los esfuerzos de descarbonización de los miembros de la ICA con el Acuerdo de París.

Este objetivo de descarbonizar la producción depende de un conjunto de condiciones marco claves, que incluyen, por ejemplo, el acceso a tecnologías de reducción a escala, infraestructura de energía renovable y un entorno regulatorio estable y eficiente. Estas condiciones marco se abordan en detalle en la siguiente sección.

Los miembros de ICA también reconocen y se adhieren a **los principios básicos relacionados con la transición hacia la neutralidad** de carbono para todos los stakeholders.



Medios Necesarios Para Alcanzar El Objetivo De Descarbonización

Reducir las emisiones de Alcance 1 y 2 para que la producción mundial de cobre llegue a Net Zero hacia el 2050 requerirá recursos financieros sustanciales. Los miembros de ICA estiman actualmente que será necesaria una inversión total por parte de los productores de cobre de al menos \$110.000 millones, a un costo de moneda constante para alcanzar este objetivo durante el período 2023 a 2050. El desglose por categoría y fases de producción se muestra en la **Figura 20**.

La inversión mínima de \$110.000 millones se suma a la cobertura de los gastos de capital recurrentes para mantener las operaciones ("Gastos de mantenimiento"). Esta estimación tampoco incluye los costos de capital necesarios para desarrollar a escala las tecnologías que permitirán a los productores de cobre descarbonizar (por ejemplo, hidrógeno verde, camiones eléctricos a batería) o instalar la infraestructura de apoyo para implementar estas tecnologías (por ejemplo, distribución de energía descarbonizada de la red).

Varios factores pueden hacer que esta estimación aumente:

- La investigación y el desarrollo adicionales serán fundamentales para acercar el potencial de reducción de emisiones al 100 por ciento
- Es posible que se identifiquen e implementen nuevas soluciones de descarbonización
- La reducción del Alcance 3 podría desencadenar algunas inversiones conjuntas con proveedores o clientes
- Los costos de los materiales básicos podrían seguir aumentando por encima del índice de precios industriales

Esto muestra que la descarbonización requerirá inversiones significativas más allá del gasto de capital necesario para expandir la capacidad de producción orientada a satisfacer la creciente demanda de cobre, estimada en \$460.000 millones entre 2020 y 2050 (ver **Figura 21**). Sin embargo, los miembros de ICA creen que estos gastos de capital para la descarbonización se pueden gestionar con una tasa de rentabilidad aceptable siempre que se cumplan las condiciones marco.

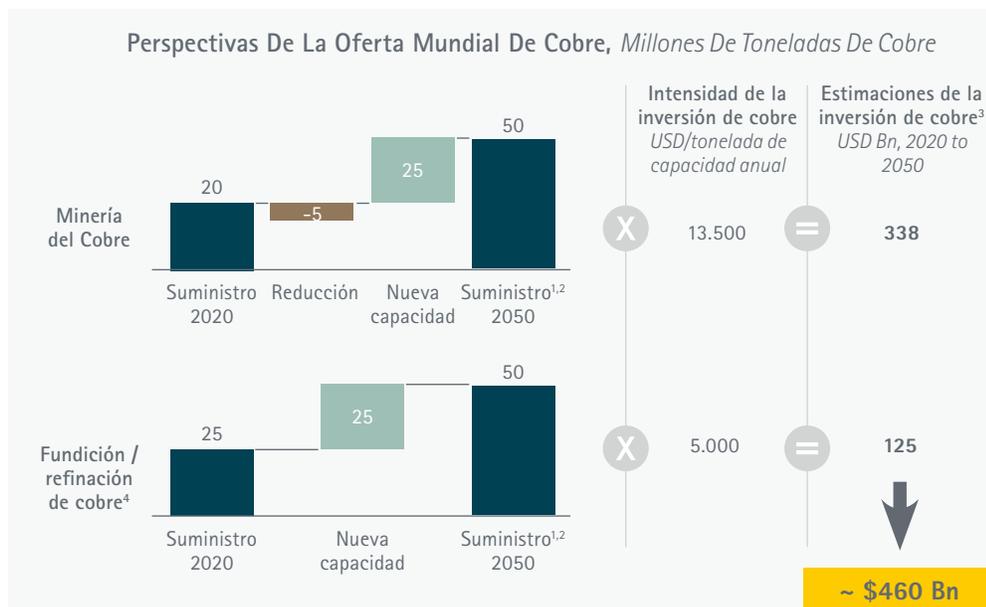


Figura 21— Gasto De Capital Estimado Requerido Para Ampliar La Producción De Cobre Orientada A Satisfacer La Creciente Demanda (Fuente: Modelo De Demanda De Cobre De MineSpans Q3 2021)

- 1 En función del caso base por demanda de cobre refinado para uso final, 2020 - 2050, Mt
- 2 Supone que la oferta es igual a la demanda, incluye 10 millones de toneladas de oferta que se estima provienen de la chatarra en el 2050.
- 3 No incluye GC específicos para las instalaciones de chatarra secundaria, ni GC de mantenimiento.
- 4 Capacidad de fundición y refinación para procesar volúmenes de concentrado y chatarra

Figura 20— Gastos De Capital Estimados Para Reducir Las Emisiones De Alcance 1 Y 2 Para 2050 (Fuente: MineSpans; MineLens; Análisis Del Equipo)

La Descarbonización De La Industria Del Cobre China

Aunque ICA no tiene productores chinos entre sus miembros, cualquier análisis global debe considerar escenarios potenciales para la descarbonización de la producción de cobre en China desde 2018 hasta 2050. Si bien sólo el 6 por ciento del mineral de cobre se extrae en China, casi el 50 por ciento de la producción mundial de cobre refinado tiene lugar en las plantas de fundición y refinación chinas (ver datos detallados para el año 2018 en **Anexo 4, Figuras A y B**).

En 2018, los productores de cobre chinos emitieron alrededor de 21 millones de toneladas de GEI, el 22 por ciento de las emisiones globales de la industria. Bajo un escenario sin acción, el volumen de estas emisiones seguiría una trayectoria como se ilustra en la **Figura 22**, durante el período de 2018 a 2050.

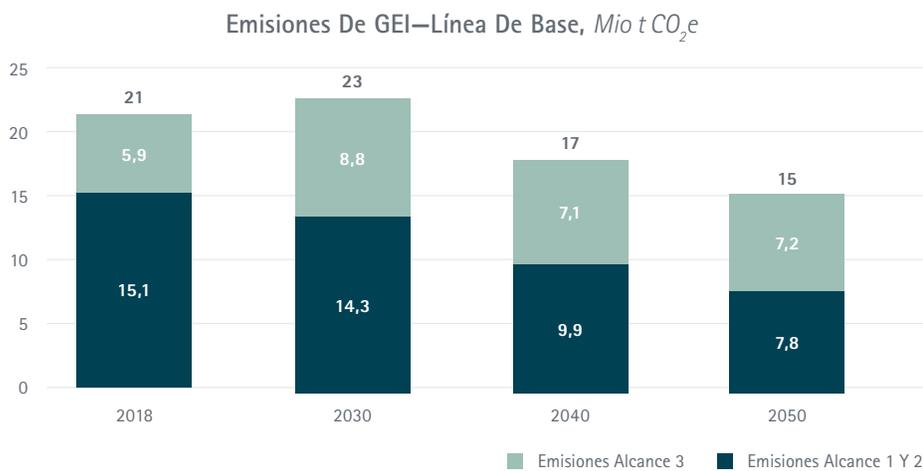


Figura 22— Línea De Base: Emisiones De GEI De La Producción De Cobre China En Un Escenario Sin Acción (Fuente: MineSpans Y MineLens)

En comparación con la Línea de Base global, en un escenario sin acción, el volumen de emisiones de GEI en China en 2050 será menor que en 2018 a pesar del aumento en la producción esperado por la creciente demanda de cobre. Esta reducción se derivará del uso extensivo de la fundición y refinación en la producción de cobre en China que conlleva un menor nivel de emisiones (ver **Figura 11**) y de los planes para descarbonizar la red energética china, como se muestra en la **Figura 23**.

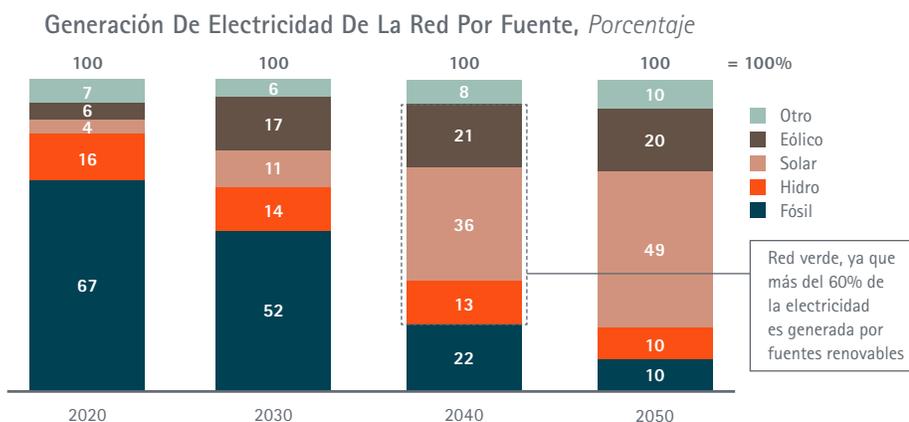


Figura 23— Evolución Del Mix Energético De China (Fuente: MineSpans)

Esta sección describe el resultado del análisis global realizado para establecer *el Camino hacia Net Zero* en la industria del cobre china. **No representa los puntos de vista de los productores de cobre o autoridades chinas.** ICA y los miembros de ICA reconocen que las consideraciones desarrolladas en esta sección pueden diferir de estos puntos de vista.



*Las emisiones de Alcance 3 para la producción china se miden para las categorías de bienes y servicios comprados, actividades relacionadas con el combustible y la energía, transporte antes y después, residuos generados en las operaciones y tratamiento de los productos en desuso vendidos a **nivel de producción total** y no incluye las emisiones de concentrados de cobre importados. Por tanto, los 21 millones de toneladas de GEL mencionados anteriormente representan la adición neta a las emisiones globales generadas por todas las actividades de producción de cobre que se originan en China.*

El potencial de reducción de las emisiones de Alcance 1 y 2 sigue una trayectoria similar al modelo de cambios globales presentado en la **Figura 17**, aunque con un comienzo más lento, ya que se reducirá un 20 a 30 por ciento para el 2030, pero con una aceleración del 85 al 95 por ciento para el 2040, tasas que continuarán hasta 2050.

El potencial de reducción de emisiones durante la primera década es ligeramente menor que a nivel mundial, 20 al 30 por ciento en comparación con el 30 al 40 por ciento. Esta discrepancia se debe en gran medida a la descarbonización más lenta de la red eléctrica, la disponibilidad limitada de combustibles alternativos como el aceite vegetal hidrotratado (AVH) para camiones mineros y el alto costo de cambiar de gas natural, gasolina o coque a biogás en las operaciones de fundición. Cierta electrificación de los equipos mineros y mejoras en la eficiencia, como el cambio a medios de molienda con alto contenido de cromo para molinos de bolas en la producción de concentrados, ayudan a reducir las emisiones de Alcance 1. Sin embargo, el impacto de estos cambios en el volumen total de emisiones se verá limitado por la baja participación de la minería en la cadena de valor de la producción de cobre en China.

El aumento de las inversiones en energía solar desde 2030 al 2040 y una mayor descarbonización de la red eléctrica conducirán a una reducción significativa de las emisiones de Alcance 2. La disponibilidad mejorada de camiones eléctricos con baterías en las minas de cobre reducirá aún más las emisiones de Alcance 1, aunque el cambio al hidrógeno como combustible alternativo se verá limitado por las restricciones de disponibilidad y los altos costos.

Durante el período desde 2040 al 2050, las continuas inversiones en camiones mineros eléctricos con baterías o con celdas de combustible, y una mayor disponibilidad a escala, seguirán reduciendo las emisiones de Alcance 1. Las granjas solares in situ y la descarbonización adicional de la red reducirán las emisiones de Alcance 2. Sin embargo, el hidrógeno como combustible alternativo para el proceso de fundición seguirá siendo una opción de reducción de alto costo.

Se espera que el potencial de reducción de las emisiones de Alcance 3 para los bienes y servicios adquiridos, las actividades relacionadas con el combustible y la energía, el transporte antes y después en la cadena de valor, los desechos operativos y el tratamiento de los productos en desuso vendidos sigan la trayectoria de la producción mundial de cobre, alcanzando un potencial de reducción del 70 por ciento para el 2050.

La combinación de ambos análisis genera una trayectoria de reducción para China que proyecta un 75 a 85 por ciento de reducción de las emisiones totales de GEL para 2050, una disminución comparable a la de la industria mundial del cobre. Sin embargo, la primera década verá una reducción más gradual de 15 a 25 por ciento a medida que la red eléctrica china se descarbonice de una mayor intensidad de carbono (ver **Figura 14**). Se espera que la aceleración en la segunda década logre una reducción del 60 al 70 por ciento de las emisiones de GEL.

El aumento de las inversiones en energía solar desde el 2030 al 2040 y una mayor descarbonización de la red eléctrica conducirán a una **reducción significativa** de las emisiones de Alcance 2.

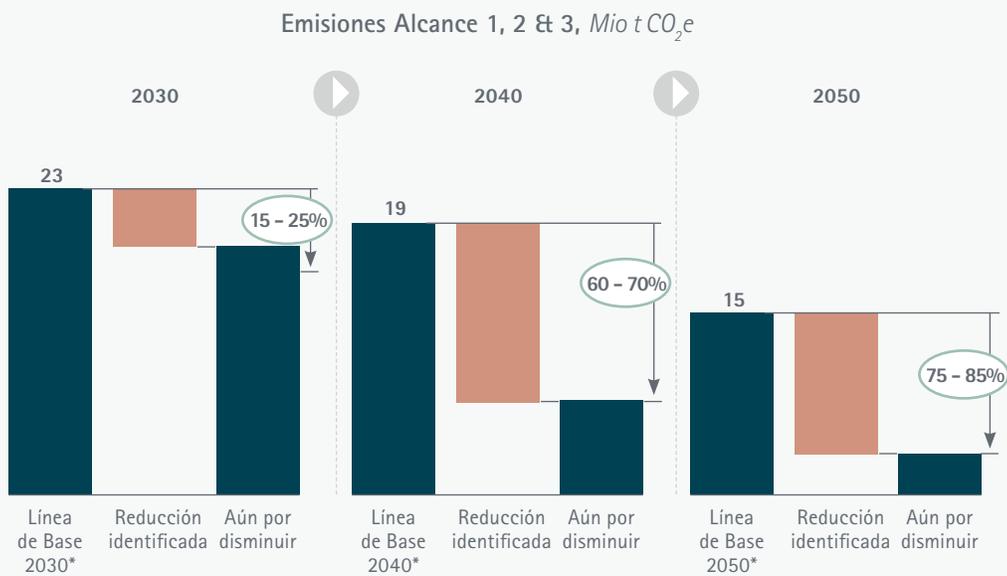


Figura 24– Potencial De Reducción De Las Emisiones De Alcance 1, 2 Y 3 Para La Producción De Cobre En China, En Comparación Con Un Escenario Sin Acción (Fuente: MineSpans)

Hasta el 2050, los productores de cobre chinos necesitarán invertir entre \$13 y 14 mil millones para alcanzar este nivel de descarbonización de sus procesos, lo que representaría entre el 12 y el 13 por ciento del gasto de capital de la descarbonización global. Dos tercios de estas inversiones se producirán en operaciones de fundición y refinación.

Este análisis de descarbonización de la producción de cobre en China evalúa el tiempo, el alcance y los compromisos necesarios para reducir las emisiones de GEI entre 2018 y 2050, el horizonte de tiempo utilizado en el análisis de la industria mundial del cobre. China se ha comprometido a alcanzar la neutralidad climática para el 2060.

Este análisis ayuda a los miembros de ICA que entregan concentrados a las fundiciones chinas a evaluar la evolución potencial de sus emisiones de Alcance 3 del procesamiento de los productos vendidos. No proporciona recomendaciones sobre los planes actuales o futuros de los productores chinos para descarbonizar sus procesos de producción.

Condiciones Marco Para La Meta De Descarbonización De ICA

Se requerirán condiciones favorables claves para que los miembros de ICA descarbonicen su producción de cobre.

Acceso A Tecnología Y Energía

1. Los fabricantes deben disponer de tecnologías de descarbonización a una escala suficiente. Los camiones eléctricos a batería, los sistemas de almacenamiento in situ para energía libre de combustibles fósiles y las turbinas eólicas son algunos ejemplos de tecnologías que deben producirse a escala para seguir el ritmo de la creciente capacidad de producción y satisfacer la creciente demanda impulsada por la transición hacia la energía limpia. Por ejemplo, para el 2050, las minas de cobre a cielo abierto requerirán 16.000 camiones de carga de cero emisiones, el doble de la cantidad que se utiliza actualmente.

2. La producción de cobre, un proceso que consume mucha electricidad, requiere acceso a electricidad limpia que sea rentable, esté disponible a escala y se suministre a través de infraestructuras adecuadas. Las plantas de producción de cobre consumieron 128.150 GWh de electricidad en 2018, una cifra que se espera crezca a 261.000 GWh en 2050. Una parte de este crecimiento, 19.000 GWh por año, será provocado por una mayor electrificación de las operaciones para reducir las emisiones de GEI.

Debido a que las emisiones de Alcance 2 representan el 46 por ciento de las emisiones de la industria del cobre en la actualidad, la velocidad a la que se descarbonizan las redes eléctricas es fundamental y debe acelerarse siempre que sea posible.

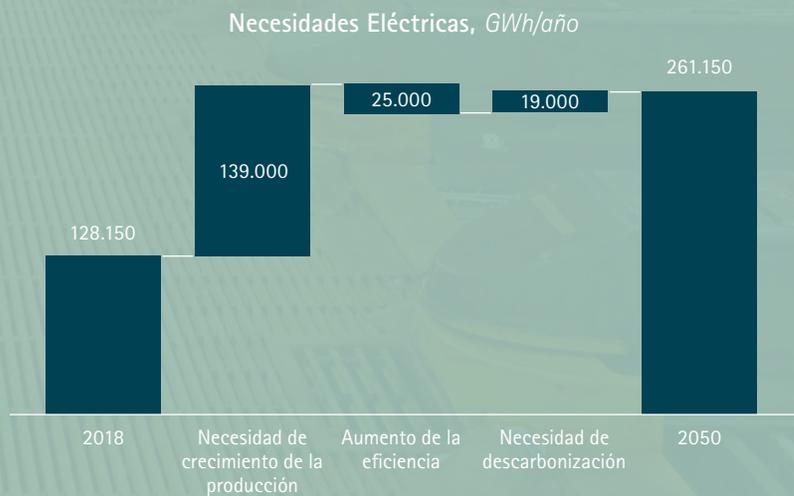


Figura 25— Necesidades Eléctricas Estimadas De Los Productores De Cobre Al 2050 (Fuente: Estimaciones MineLens)

Condiciones De Funcionamiento De La Industria Del Cobre

Las tasas de recolección de los productos en desuso que contienen cobre deben aumentar. La producción de cobre refinado a partir de fuentes secundarias requiere menos energía que la que se necesita a partir de fuentes primarias. No requiere la extracción y concentración de mineral de cobre, procesos que representan alrededor del 60 por ciento de las emisiones totales de GEI de la producción de cobre refinado. Además, la producción a partir de chatarra de alta ley —en lugar del mineral de cobre— reduce del 70 al 85 por ciento de las emisiones de la fundición y la refinación. Esta relación es más baja (10 a 50 por ciento) cuando se usa chatarra de baja ley.

Por consiguiente, aumentar la tasa de entrada de chatarra reciclada en el proceso de producción reduce su intensidad de emisiones de carbono, al tiempo que satisface la creciente demanda de cobre. Para lograrlo, se necesitan diseños de productos que faciliten el reciclado e incentivos para la recolección de productos en desuso, junto con técnicas de separación mejoradas para el tratamiento de flujos de chatarra multimetálica.

Este análisis del potencial de descarbonización supone que la tasa de entrada de reciclaje procedente de la chatarra vieja de cobre aumentará del 16 por ciento —el promedio de 10 años registrado en 2018— a un máximo del 23 por ciento alrededor del 2040 (ver **Anexo 5**). Un aumento adicional en este indicador requerirá de incentivos de mercado y regulatorios más efectivos, una tarea conjunta para los legisladores, los productores de cobre y los recolectores de productos en desuso.

Los productores de cobre deberían disponer de fondos de inversión flexibles. Entre 2020 y 2050, la industria del cobre necesitará invertir alrededor de \$460.000 millones para satisfacer la creciente demanda y \$110.000 millones adicionales —al menos— para alcanzar los objetivos de descarbonización, un promedio de \$20.000 millones anuales. Dada la contribución importante del cobre a la transición energética y los ambiciosos planes de los miembros de ICA para descarbonizar la producción, los productores de cobre deberían tener acceso a fondos de inversión que integren criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) para apoyar la investigación y el desarrollo innovadores y estos gastos de capital sustanciales.

Las plantas de producción de cobre necesitan personal altamente calificado. Abordar el desafío de la descarbonización requiere habilidades que son nuevas para el sector, como por ejemplo minería de datos, medición y monitoreo de la huella de carbono, almacenamiento de

energía, infraestructura de electrificación. Los programas de capacitación y educación pueden desarrollar la capacidad del personal. Los productores de cobre deberán contratar nuevos empleados con nuevas habilidades, y el apoyo de las instituciones educativas locales será indispensable. El crecimiento de la producción de cobre también creará nuevas oportunidades de empleo que podrían compensar en parte las reducciones de personal en las minas que extraen combustibles fósiles como el carbón de combustión.

Marco Regulatorio Eficaz Y Eficiente

El sector del cobre requiere un marco regulatorio que facilite y sustente la descarbonización al tiempo que garantice que la industria pueda satisfacer la creciente demanda de producción.

1. **La tarificación transparente del carbono** debe convertirse en una práctica común —preferiblemente coordinado a nivel mundial— para fomentar la inversión en apoyo de la descarbonización y crear unas condiciones equitativas en la integración de las externalidades en el cálculo del costo de los productos.
2. El acceso a fondos públicos debe priorizar el apoyo al desarrollo de **soluciones innovadoras de descarbonización**.
3. **Agilizar el proceso de concesión de permisos** para nuevos activos mineros y ampliaciones es fundamental para que la industria del cobre pueda satisfacer la creciente demanda.
4. Debe fomentarse la **facilitación** de la instalación acelerada de capacidad de generación eléctrica in situ, una palanca clave para la reducción de emisiones.
5. Es necesario **un entorno regulatorio estable**, dados los gastos de capital considerables para la ampliación de la capacidad y la descarbonización de los procesos. En este contexto, se requerirán **royalties justos y estables, así como licencias mineras a largo plazo**. Los legisladores también deberían considerar la introducción de mecanismos de protección frente a perturbaciones externas, como la volatilidad extrema de los precios de la energía.
6. **Normativas coherentes sobre productos y sustancias químicas** deben permitir una contribución optimizada y responsable del cobre y sus subproductos, como los silicatos de hierro, a la transición hacia la neutralidad del carbono.

El Camino A Seguir

Este *Camino* aporta una previsión adicional en un viaje desafiante pero fundamental hacia la neutralidad del carbono en el que los productores de cobre ya se han embarcado. Sin embargo, este camino de futuro presenta interrogantes sin respuesta: ¿cómo evolucionarán las tecnologías para la descarbonización de los procesos y el almacenamiento de energía generada por fuentes renovables e intermitentes? ¿Qué tan rápido se acelerará la reducción de las emisiones de GEI en el transporte marítimo? ¿Podrán los fabricantes de equipos satisfacer la creciente demanda de camiones libres de combustibles fósiles en la industria minera? Esta sección ofrece medidas iniciales que los miembros de ICA emprenderán para lograr la reducción de las emisiones de GEI.

Medición Del Progreso

La medición en el camino hacia la descarbonización es fundamental. Como primer paso, los miembros de ICA han desarrollado una guía integral para calcular la huella de carbono de la producción de cobre, incorporando estándares de la industria como el Protocolo sobre GEI y el trabajo inicial sobre contabilidad e informes de emisiones de Alcance 3 del Consejo Internacional de Minería y Metales (CIMM). Los miembros de ICA estudiarán formas de mejorar la disponibilidad de datos en la categoría material del Alcance 3 "uso de productos vendidos". Además, explorarán estrategias para alinear sus métodos de medición de la huella de carbono con aquellos desarrollados por otras organizaciones. Los productores de cobre y sus stakeholders en todo el mundo deben compartir un entendimiento claro sobre cómo medir las emisiones de GEI.

El segundo paso para medir el progreso será el establecimiento de un mecanismo de monitoreo regular y transparente para fines del 2024 que permita informar de forma coherente sobre los avances de los miembros de ICA como grupo hacia el cumplimiento de sus objetivos colectivos de descarbonización. Este mecanismo garantizará la autenticidad y verificabilidad de los datos.

Los productores de cobre y sus stakeholders en todo el mundo deben compartir un **entendimiento claro** sobre cómo medir las emisiones de GEI.



Descarbonización Y Producción Responsable

Los miembros de ICA se asegurarán de que las intervenciones para reducir las emisiones de GEI se adhieran a las prácticas de producción responsable, por ejemplo, a través del compromiso con The Copper Mark®.

Dado que se espera que la producción anual de cobre aumente para permitir la transición a la energía limpia, los miembros de ICA se comprometen a apoyar y mejorar las comunidades y los entornos que rodean sus activos. Continuarán promoviendo estándares éticos en toda la industria. Los miembros de ICA fomentarán el diálogo con los legisladores y los representantes de la sociedad civil para comprender mejor sus metas y preocupaciones. Estos debates abordarán temas relacionados con la distribución equitativa de las inversiones en capital y recursos humanos necesarios en la transición a emisiones de GEI Net Zero.

Actualización Del Camino A Net Zero

Esta *Camino* proporciona un modelo de trayectoria de reducción basado en datos que están sujetos a cambios con el tiempo. Los miembros de ICA anticipan que en el futuro se dispondrá de mejores mediciones de las emisiones de GEI —y datos sobre otras variables relacionadas con la descarbonización— lo que permitirá realizar análisis más exhaustivos.

Los miembros de ICA se comprometen a revisar y actualizar el *Camino* cada cinco años, o con mayor frecuencia según sea necesario, para rastrear y analizar los cambios relevantes en la industria mundial.

Desarrollar Asociaciones

Las asociaciones serán clave para abordar el desafío de la descarbonización. Tales colaboraciones requieren de objetivos y reglas comunes, estrategias de creación conjunta y una comprensión de los modelos de negocio y las limitaciones de los socios, incluidos proveedores, clientes e instituciones financieras.

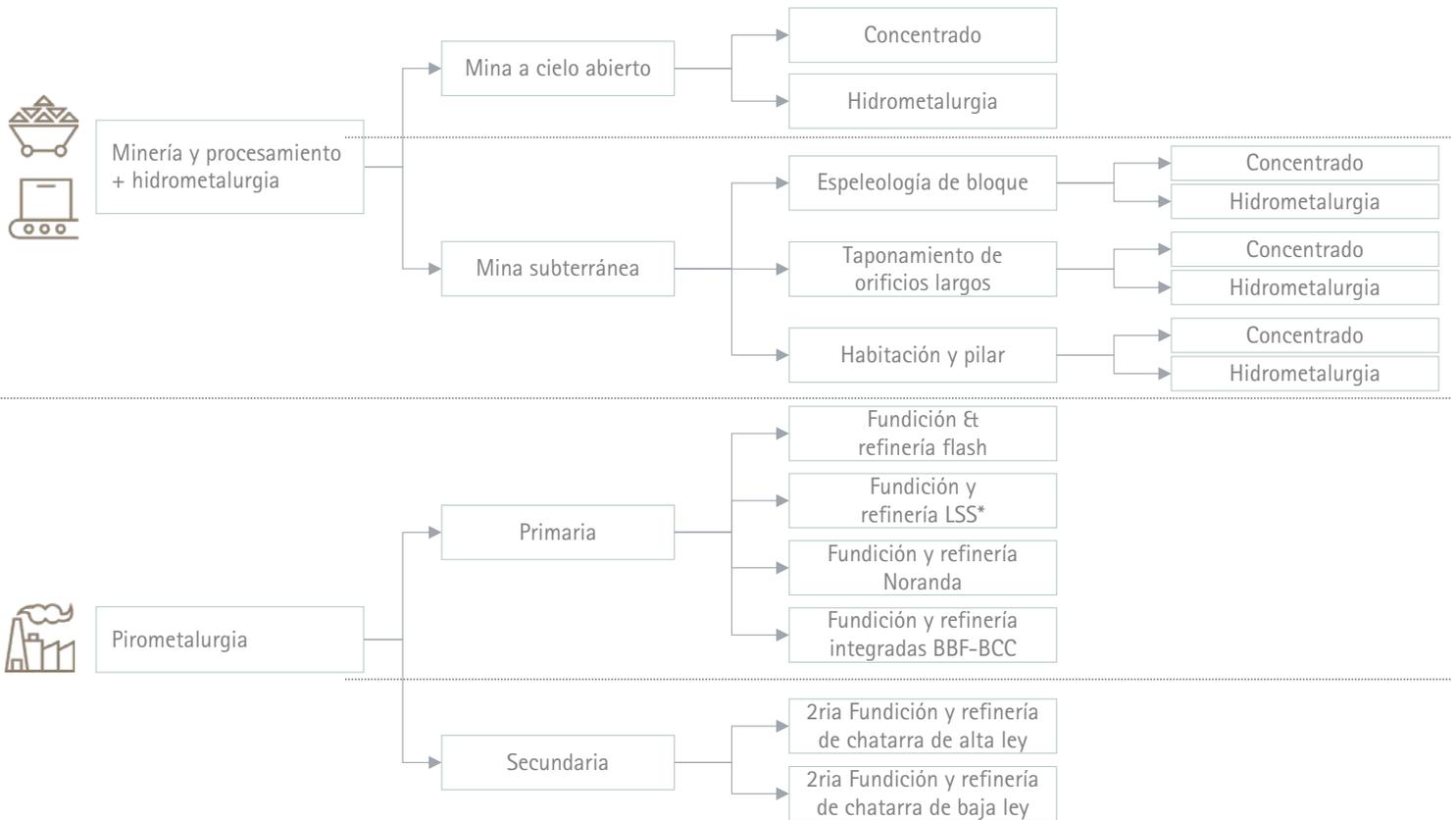
Estas asociaciones no deben limitarse a los stakeholders del sector empresarial. Los miembros de ICA invitan a los legisladores, instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil a buscar alianzas innovadoras para trabajar en la reducción de las emisiones de GEI a Net Zero para el 2050. Una comunicación y colaboración sólidas serán fundamentales para permitir que estas asociaciones tengan impacto y sean sostenibles.

Los gobiernos, la sociedad civil y la industria han situado el cambio climático en lo más alto de sus agendas. Los miembros de ICA reconocen plenamente la amplitud, profundidad y urgencia de este desafío y hoy en día están actuando para descarbonizar la producción de cobre. Este *Camino* confirma el compromiso de los miembros de ICA de desempeñar un rol activo y responsable para continuar suministrando una materia prima clave para la transición a la neutralidad de carbono, y al mismo tiempo acercando su huella de carbono lo más posible a Net Zero para el 2050. Los miembros de ICA se comprometen colectivamente a disminuir las emisiones de Alcance 1 y 2 de sus actividades de producción de cobre a Net Zero para el 2050 y se comprometen con todos los stakeholders relevantes con la ambición de

reducir las emisiones de Alcance 3 a Net Zero para el 2050. Estas ambiciones sitúan al cobre en una posición de liderazgo en el sector de los metales no ferrosos, en cuanto a la mitigación del cambio climático.

Junto a los esfuerzos individuales y colectivos para reducir las emisiones de GEI, los miembros de ICA trabajarán para establecer una amplia coalición entre productores de cobre, otras industrias, legisladores y representantes de la sociedad civil para hacer realidad los objetivos del Acuerdo de París en relación a la producción y el uso del cobre en el 2050. La International Copper Association y sus miembros tomarán la iniciativa de convocar y apoyar cualquier asociación orientada a la acción diseñada para lograr esta meta fundamental.

ANEXO 1: Procesos De Producción Arquetípicos



*LSS = lanza sumergida superior

Figura A— Arquetipos Que Abarcan Los Principales Métodos De Extracción, Procesamiento, Fundición Y Refinación De La Producción De Cobre (Fuente: MineSpans)

Hemos creado arquetipos que abarcan los principales **métodos de extracción, procesamiento, fundición y refinación.**



ANEXO 2: El Cobre En La Transición Energética

El cobre es necesario en diversas aplicaciones que desempeñan un rol esencial en la transición hacia un sistema energético neutro en carbono:

1. En la **generación de energías renovables**, el cobre está presente en los conductores eléctricos de los generadores eólicos, módulos fotovoltaicos (FV), transformadores, inversores, cables y conectores. Las plantas FV y las turbinas eólicas terrestres utilizan alrededor de tres toneladas de cobre por megavatio y una turbina eólica marina requiere aproximadamente cinco toneladas. Además, siendo la producción de la energía solar y eólica variable y dependiente de las condiciones meteorológicas, crea la necesidad de instalar tres veces más megavatios para la misma cantidad de energía producida. En resumen, los sistemas de generación de energía del futuro utilizarán más cobre por megavatio y tendrán más megavatios instalados.[6]
2. El cobre es un material clave en **las redes de transmisión y distribución**. La variabilidad y el tipo distribuido de las fuentes de energías renovables requieren un refuerzo de la red eléctrica para garantizar que la energía eléctrica pueda llegar a todos los usuarios finales en todo momento [6]. Un transformador de alta potencia de 1100 MVA normalmente necesita 60 toneladas de cobre [7], un transformador de distribución de 400 kVA contiene normalmente 480 kg de cobre [8]. El cobre también se utiliza para barras colectoras en subestaciones de la red eléctrica y para cables eléctricos subterráneos y submarinos.
3. La variabilidad de las fuentes de energía renovable también requiere grandes cantidades de **capacidad de almacenamiento eléctrico** para equilibrar la red. Las baterías de litio suelen contener alrededor de 0,5 kg de cobre por kWh [9].
4. La rápida descarbonización de la electricidad procedente de fuentes de energías renovables hace que la **electrificación** sea un camino rápido y eficaz para descarbonizar el consumo final de la energía. Las economías de la OCDE están electrificando el transporte de pasajeros y construyendo sistemas de calefacción y refrigeración a una velocidad constante. Un **vehículo eléctrico** (VE) utiliza de 62,5 a 75 kg de cobre, en comparación con los 25 a 30 kg de cobre de un vehículo con motor a combustión [10]. Los **bombas de calor** suelen utilizar de 14 a 21 kg de cobre por unidad [11].
5. **Los cables, motores y transformadores de alta eficiencia** suelen utilizar entre un 20 y un 50 por ciento más de cobre que los convencionales [13], ya que las pérdidas de energía se reducen al aumentar la sección transversal de los conductores eléctricos.

La rápida descarbonización de la electricidad procedente de fuentes de energías renovables hace de la electrificación **un camino pronto y eficaz para descarbonizar el uso final de la energía.**

ANEXO 3: Producción De Cobre

La producción de fuentes primarias comienza con la extracción de minerales de cobre de minas a cielo abierto o subterráneas. Los minerales suelen contener entre 0,25 y 1 por ciento de cobre puro. Posteriormente, existen dos rutas de producción diferentes, dependiendo de las características de la materia prima: minerales sulfurosos u óxidos.

En el caso más común, se aplica un *proceso pirometalúrgico*. El mineral de sulfuro se tritura y se muele antes de someterse a un proceso de flotación para obtener lo que se denomina concentrado de cobre, que contiene entre un 20 y un 40 por ciento de cobre. Luego, el concentrado de cobre se envía a las plantas de fundición y refinación, que generalmente se encuentran más cerca de los mercados finales. Allí, el material se somete a un proceso de fundición que da como resultado una mata de cobre que contiene entre un 50 y un 70 por ciento de cobre. Si es necesario, este proceso es precedido por un paso de tostado para eliminar el carbono presente en el mineral. Durante un proceso de conversión, la mata se transforma a su vez en cobre blister con una pureza del 98,5 al 99,5 por ciento. En el siguiente paso, el cobre blister se refina al fuego o se refunde y se vierte en ánodos para un proceso de electrólisis. Los ánodos se sumergen en una solución electrolítica y se someten a una fuerte corriente eléctrica. Bajo estas circunstancias, los átomos de cobre se disuelven del ánodo para formar iones de cobre. Estos migran hacia los cátodos donde se depositan como átomos de cobre puro. Esto da como resultado cátodos de cobre refinado con más del 99,99 por ciento de pureza.

Cuando se parte de minerales de óxido o minerales de sulfuros de baja ley, la producción de cobre toma otra ruta. Un *proceso hidrometalúrgico* que consiste en lixiviación, extracción por solventes, depuración y un tipo particular de electroobtención (el proceso SX-EW) que purifica el mineral, lo que da como resultado cátodos de cobre refinado con un nivel de pureza del 99,99 por ciento. En 2020, aproximadamente el 16 por ciento del cobre refinado fue producido de esta manera (estimación de GIEC [12, p. 10]).

La producción de cobre genera una gama de subproductos metálicos importantes, incluidos oro, plata, cobalto, molibdeno, metales del grupo del platino, selenio, telurio, así como subproductos más complejos, tales como ácido sulfúrico y silicato de hierro, que en su mayoría se separan durante el proceso de fundición y refinado. Algunos subproductos, como el selenio y el telurio, tienen activos de extracción y procesamiento limitados o no dedicados y se obtienen en gran medida a través de la producción de otros metales. [13] Esta característica del cobre de "portador de metal" representa una contribución significativa a la eficiencia de los recursos.

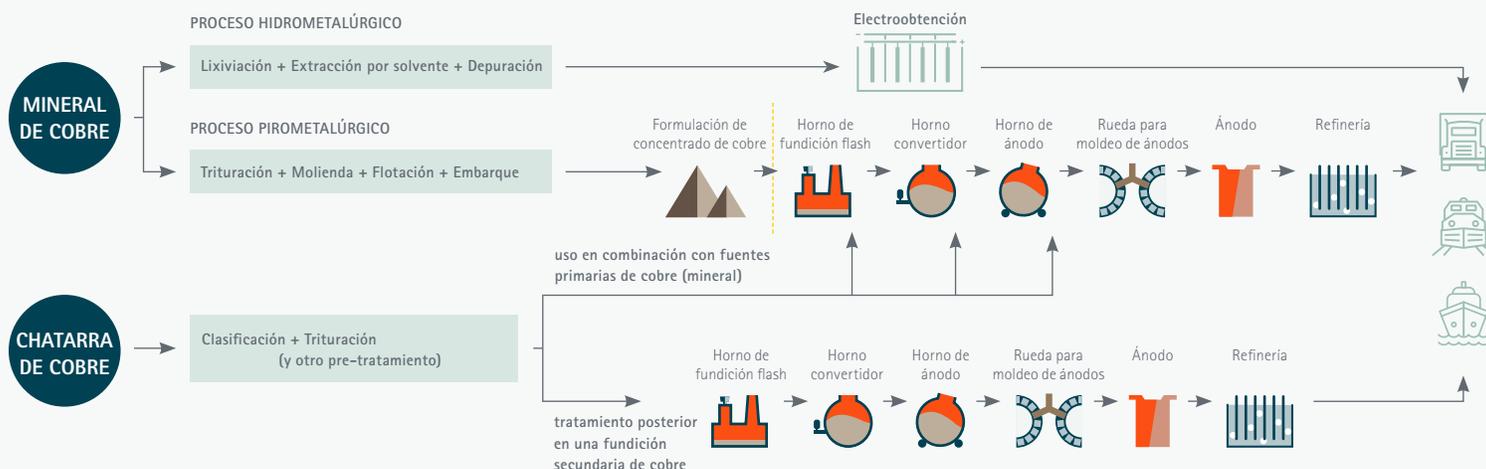


Figura A— Los Tres Procesos Principales De Producción De Cobre Refinado

La chatarra de cobre se origina a partir de residuos de fabricación de productos semiterminados o terminados ("chatarra nueva"), o de productos que contienen cobre y que están en desuso ("chatarra vieja"). Después del tratamiento inicial, que generalmente incluye clasificación y trituración, la chatarra de cobre ingresa al proceso de producción pirometalúrgico en diferentes etapas. La chatarra de cobre de baja y media ley se mezcla con concentrado al comienzo del proceso de fundición o se trata en un horno de fundición "secundario" específico. La chatarra de cobre de alta ley se puede mezclar con cobre blister para su posterior transformación en ánodos por medio de electrólisis, como se ha descrito anteriormente. La chatarra nueva y vieja de mayor pureza puede incluso alcanzar la misma calidad que los cátodos de cobre refinado y fundirse directamente para generar productos semiterminados, sin necesidad de ningún proceso de refinado previo. La producción de cobre a partir de fuentes secundarias requiere menos energía que aquella necesaria a partir de fuentes primarias. El ahorro de energía y de emisiones de CO₂e es mayor cuanto mayor es la pureza de la chatarra de cobre y pueden alcanzar hasta el 85 por ciento [14]. La cantidad exacta de ahorro de energía y de gases de efecto invernadero depende del producto, la composición y la ruta de reciclaje [15].

El cobre refinado se envía a los fabricantes que lo fundirán para fabricar productos de cobre semiterminados y aleaciones de cobre en forma de alambre, varilla, tubo, hoja, placa, tira, piezas de fundición, polvo u otras formas. Las industrias transforman estos productos para crear productos finales como cables, conectores, motores eléctricos, transformadores y paneles fotovoltaicos.

La producción de cobre genera una serie de **subproductos metálicos importantes**, así como subproductos más complejos: esta característica de "portador metálico" del cobre representa una **contribución significativa a la eficiencia de los recursos**.



Ubicación De Las Minas De Cobre



América Latina	47,4%
África Subsahariana	15,1%
América del Norte	8,3%
Comunidad de Estados Independientes	8,1%
Otros países asiáticos	6,5%
China	5,6%
Oceania	3,1%
Europa Oriental	2,2%
Oriente Medio y Norte de África	2,1%
Europa Occidental	1,1%
India	0,5%
Noreste de Asia	0,0%

Figura A— Producción Minera De Cobre Por Región En 2018 (Fuente: MineSpans).

Ubicación De Las Fundiciones Y Refinerías De Cobre



América Latina	10,8%
África Subsahariana	3,4%
América del Norte	3,7%
Comunidad de Estados Independientes	5,7%
Otros países asiáticos	3,4%
China	48,5%
Oceania	1,0%
Europa Oriental	4,9%
Oriente Medio y Norte de África	3,1%
Europa Occidental	5,4%
India	1,8%
Noreste de Asia	8,2%

Figura B— Producción De Cobre Refinado Por Región En 2018 (Fuente: MineSpans).

ANEXO 4 – Producción Y Comercio Del Cobre

En el 2018, la producción mundial de cobre alcanzó los 20,8 millones de toneladas [5, p. 59], con Chile y Perú como los mayores productores. América Latina representó el 47,4 por ciento de la producción de cobre en 2018 (ver Figura A).

La producción de cobre en 2018 fue de 29,5 millones de toneladas, incluidos 8,7 millones de toneladas provenientes de fuentes secundarias de cobre [5, p. 59]. China lidera este mercado, produciendo el 48,5 por ciento del cobre mundial en 2018 (ver Figura B).

La mayor parte del comercio de cobre se origina en América del Sur. El concentrado de cobre viaja de América del Sur a Asia y el cobre refinado se mueve de América del Sur a Asia, Europa y América del Norte (see Figura C).



Figura C— Flujos Comerciales Internacionales Del Concentrado De Cobre (naranja) Y Cobre Refinado (azul) (Fuente: GIEC).



La producción de cobre en 2018 fue de **29,5 millones de toneladas**, incluidos 8,7 millones de toneladas procedentes de fuentes secundarias de cobre.

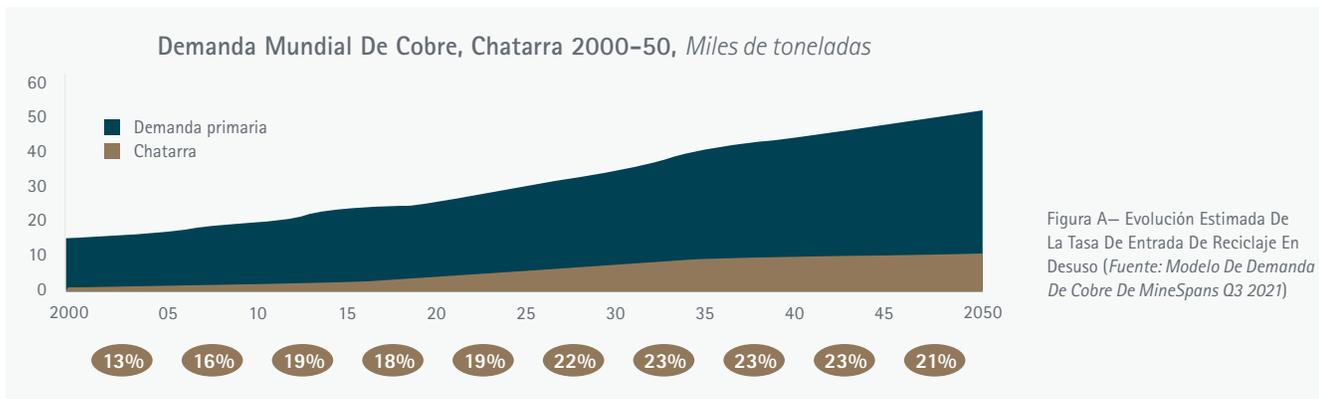
ANEXO 5: Reciclaje Del Cobre

Durante el período entre 2000 y 2020, las tasas de insumos de reciclado en desuso promediaron alrededor del 15 por ciento. Estimar las tasas de reciclaje futuras es complicado debido a la incertidumbre sobre variables clave:

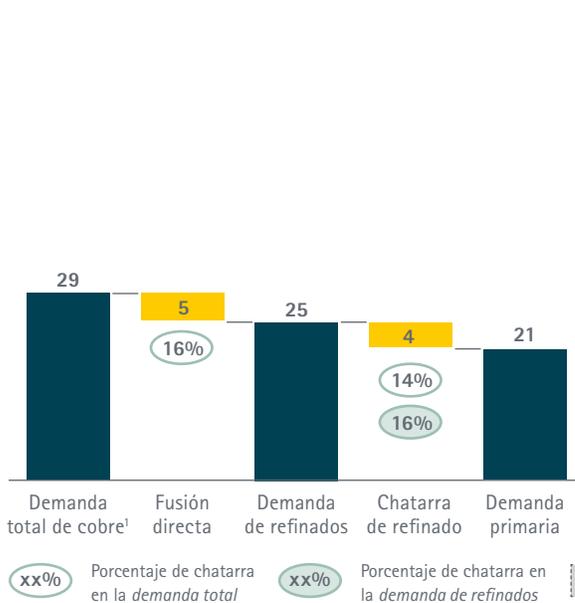
- El suministro de chatarra depende en gran medida del precio del cobre.
- La evolución hacia una vida útil más corta del producto, si no se ve contrarrestada por la preocupación por la sostenibilidad, aumentará el suministro de chatarra.
- Los diseños de los productos variarán y la creciente complejidad de éstos hará que la recolección y el reciclaje sean más complejos.
- Los incentivos impactan positivamente en las tasas de recolección de productos en desuso.

MineSpans espera que la tasa de entrada de reciclaje de productos en desuso aumente hasta un máximo de 23 por ciento durante los próximos 30 años (ver **Figura A**).

En el mejor de los casos, en 2050 se podría alcanzar una tasa de reciclaje en desuso del 25 por ciento, lo que reduciría la demanda anual de cobre procedente de fuentes primarias en 3 millones de toneladas adicionales (ver **Figura B**).



Demanda de Cobre, 2018 Millones de toneladas



Demanda de Cobre, 2050 Millones de toneladas

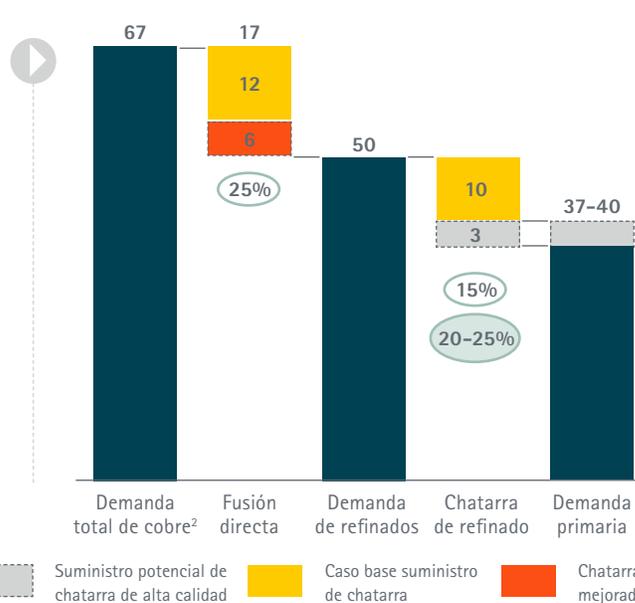


Figura B— Reducción De La Demanda De Cobre Procedente De Fuentes Primarias En El Mejor De Los Casos Con Una Tasa De Entrada Del 25 Por Ciento De Reciclaje En Desuso (Fuente: MineSpans, Conjunto De Datos De Uso De ICA/IWCC, GIEC).

1 Basado en el conjunto de datos finales de ICA

2 Coincide con la demanda de cobre de Eurometaux para 2050

Referencias

- 1 European Copper Institute, Electrical conductors, 2019
- 2 ICA Knowledge Base, How much copper is used for conductivity applications?
- 3 ICA Knowledge Base, How does copper set the standard for electrical conductivity?
- 4 Copper tutorial, How many people work in the copper industry?
- 5 ICA Knowledge Base, How much copper is used in its pure form?
- 6 World Bank Group, Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition, 2020
- 7 Stefan Fassbinder, ECI Application Note, Transformers in Power Distribution Networks, 2012
- 8 Bruno De Wachter, ECI Whitepaper, Maximizing distribution transformer resource efficiency, 2021
- 9 Briefing note, Why the energy transition needs more copper?, 2021
- 10 ICA Knowledge Base, Copper's contribution towards reducing greenhouse gas emissions, 2022
- 11 ICA Knowledge Base, Copper content of heat pumps, 2021
- 12 International Copper Study Group (ICSG), *The World Copper Factbook 2021*
- 13 ICA Knowledge Base, What are by-products of copper production?
- 14 Eurometaux, Metals for Clean Energy / Pathways to solving Europe's raw materials challenge, 2022
- 15 International Copper Association Copper tutorial, How much energy and greenhouse gas emissions are saved when recycling copper?
- 16 HIS Markit – S&P Global, *The Future of Copper: Will the looming supply gap short-circuit the energy transition?*, 2022

Los miembros de ICA representan aproximadamente el 50 por ciento de la producción mundial de **cobre** refinado y ocupan una posición privilegiada para recopilar y analizar datos relacionados con las emisiones de carbono.



International Copper Association
Copper Alliance



Power of Zero



MARCH 2023, REV. 0



Escanee el código QR para visitar el sitio web copperpathwaytozero.org

1660 International Dr., Suite 600
McLean, VA 22102
copperalliance.org

 @thinkcopper