



Cobalto

Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2035

Final 11 de diciembre de 2018

CRU Consulting



Contrato #: C-378359-003-2018

Este informe se entrega en forma privada y confidencial al cliente. No deberá ser divulgado, parcial o en su totalidad, directa o indirectamente, o en cualquier otro formato a cualquier otra empresa, organización o individuo sin el permiso por escrito de CRU Internacional Limited.

Se otorga permiso para la divulgación de este informe a las subsidiarias con propiedad mayoritaria y a sus organizaciones principales. Sin embargo, cuando el informe sea entregado a un cliente en su capacidad de gerente de una empresa o asociación conjunta, no se podrá divulgar a los otros participantes sin el permiso previo.

La responsabilidad de CRU Internacional Limited es solo con su cliente objetivo. Su responsabilidad se limita al valor efectivamente pagado por los servicios profesionales involucrados en la preparación de este informe. No aceptamos responsabilidad de terceras partes, sin importar su origen. Aunque se han adoptado cuidados y diligencias razonables para la preparación de este informe, no garantizamos la exactitud de los datos, suposiciones, proyecciones y otras declaraciones a futuro.

Copyright CRU Internacional Limited 2018. Todos los derechos reservados.

Augusto Leguía Norte N° 100 Of. 506, Las Condes, Santiago, Chile
Tel: +56 2 2231 3900

Índice

1. Mercado del cobalto	1
Resumen ejecutivo de la industria del cobalto.....	1
Introducción	2
1.1. Demanda de cobalto	2
1.1.1. Determinantes de la demanda de cobalto y usos finales	2
1.1.2. Intensidad de uso & el ciclo de desarrollo del cobalto.....	5
1.1.3. Sustitución y elasticidad de la demanda de cobalto.....	6
1.1.4. Demanda histórica de cobalto	8
1.1.5. Proyección de demanda de cobalto.....	10
1.2. Oferta de cobalto.....	16
1.2.1. Recursos y reservas de cobalto: evolución, tasas de descubrimiento, presupuestos de exploración	16
1.2.2. Métodos de extracción y procesamiento del cobalto.....	18
1.2.3. Cadena de valor del cobalto	21
1.2.4. Costo de Capital del cobalto.....	23
1.2.5. Comercialización del cobalto	24
1.2.6. Producción histórica de cobalto	29
1.2.7. Proyección de producción de cobalto	31
1.3. Balance de mercado y precio del cobalto	36
1.3.1. Descripción de la estructura y mecanismos de precio del cobalto	36
1.3.2. Balance de mercado y precio histórico del cobalto	36
1.3.3. Proyección de balance de mercado y precio del cobalto	38
1.4. Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del cobalto.....	43
Anexo I. Glosario	45
Anexo II. Bibliografía	47

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, cobalto	8
Tabla 2 Demanda histórica del cobalto en 2008-2017 (toneladas de Co contenido)	10
Tabla 3 Proyección de la demanda de cobalto, (toneladas de Co)	12

Tabla 4 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto ('000t)	13
Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto ('000t)	15
Tabla 6 Reservas de cobalto, 2008-2017 ('000 toneladas de Co contenido)	16
Tabla 7 Gastos de capital en minas de cobalto	23
Tabla 8 Importación de concentrado de cobalto (toneladas de concentrado)	26
Tabla 9 Exportación de concentrado de cobalto (toneladas de concentrado)	26
Tabla 10 Importación de hidróxido/óxido de cobalto (toneladas de material)	28
Tabla 11 Exportación de hidróxido de cobalto (toneladas de material)	28
Tabla 12 Producción histórica del cobalto, 2008-2017 (toneladas de Co contenido en materia prima)	31
Tabla 13 Proyección de producción de cobalto, 2018-2035 ('000 toneladas de Co)	33
Tabla 14 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto ('000t)	34
Tabla 15 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto (Mt)	35
Tabla 16 Balance de mercado del cobalto, 2008-2017 (toneladas)	38
Tabla 17 Precio del cobalto, 2008-2017, USD/lb	38
Tabla 18 Proyección de balance de mercado en 2018-2035, (toneladas)	39
Tabla 19 Proyección precio de mercado en 2018-2035 (USD/lb)	40
Tabla 20 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto (2017 US\$/t)	41
Tabla 21 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto (2017 US\$/t)	42

Índice de figuras

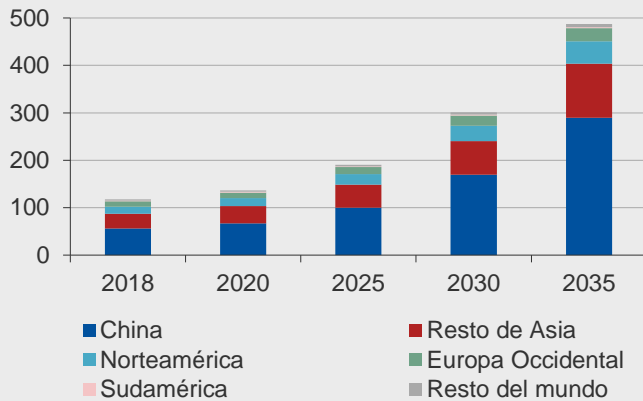
Figura 1 Participación de la demanda de cobalto por región, 2017	3
Figura 2 Participación de la demanda de cobalto por aplicación, 2017	3
Figura 3 Aplicación de cobalto por región en 2018 (toneladas de Co contenido)	4
Figura 4 Proyección de demanda de EV (ventas, miles de unidades)	5
Figura 5 Intensidad de uso global del cobalto, 2017	6
Figura 6 Demanda histórica del cobalto en 2008-2017 (toneladas de Co contenido)	9
Figura 7 Proyección de demanda de cobalto en 2018-2035 (toneladas de Co contenido)	12
Figura 8 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto ('000t)	13
Figura 9 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el cobalto – Caso Continuidad	14
Figura 10 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el cobalto – Caso Coexistencia	14
Figura 11 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto ('000t)	14

Figura 12 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el cobalto – Caso Continuidad	15
Figura 13 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el cobalto – Caso Divergencia	15
Figura 14 Mapa de las reservas de cobalto de los principales productores a 2017 (en miles de toneladas)	17
Figura 15 Presupuestos de exploración del Cobalto, 2008-2017 (MUS\$, real 2017)	18
Figura 16 Producción global de cobalto por tipo de mineral en 2017 (toneladas de Co)	19
Figura 17 Métodos de procesamiento del cobalto a partir del cobre	20
Figura 18 Métodos de procesamiento del cobalto a partir del níquel	21
Figura 19 Cadena de valor del cobalto	22
Figura 20 Importación de concentrado de Cobalto en 2017, (toneladas de material bruto)	25
Figura 21 Exportación de concentrado de Cobalto en 2017, (toneladas de material bruto)	25
Figura 22 Importación de hidróxido/óxido de cobalto en 2017 (toneladas de material)	27
Figura 23 Exportación de hidróxido/óxido de cobalto en 2017 (toneladas de material)	27
Figura 24 Producción de cobalto por mina, 2017	29
Figura 25 Producción de cobalto por país, 2017	29
Figura 26 Producción histórica del cobalto, 2008-2017 (toneladas de Co contenido)	30
Figura 27 Proyección de producción de cobalto, 2018-2035 ('000 toneladas de Co)	32
Figura 28 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto ('000t)	34
Figura 29 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto (Mt)	35
Figura 30 Balance de mercado y precio del cobalto, 2008-2017 (toneladas)	37
Figura 31 Proyección de balance de mercado y precios en 2018-2035 (toneladas)	39
Figura 32 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto (2017 US\$/t)	41
Figura 33 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto (2017 US\$/t)	42
Figura 34 Modelo de las 5 fuerzas de Porter	43

1. Mercado del cobalto

Resumen ejecutivo de la industria del cobalto

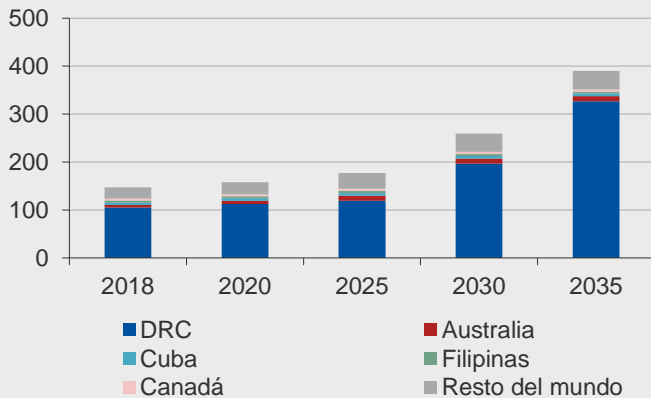
Proyección de demanda ('000 toneladas de Co)



DEMANDA

1. La llegada de las baterías de litio y la proliferación de los dispositivos electrónicos portátiles han contribuido al crecimiento sustancial en la demanda de cobalto.
2. Del mismo modo, esperamos que la demanda futura de cobalto sea dominada por la adopción de vehículos eléctricos (EV) y por el uso de baterías de litio-cobalto-níquel de alta densidad.
3. La producción química de cobalto para uso en baterías de litio se concentra en China, Corea del Sur y Japón. Por lo tanto, estas regiones ofrecen la gran mayoría del aumento en la demanda.
4. Se espera que la demanda de China aumente a una TCAC del 10.2% en el periodo 2018-2035, mientras que el resto de Asia crecería a una TCAC del 7.9% para el periodo proyectado.
5. Se espera que los fuertes planes de órdenes para aviones comerciales apoyen la demanda de cobalto en las regiones de Norteamérica y Europa.

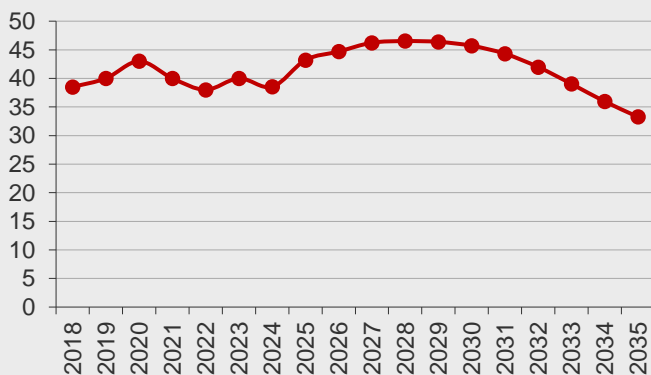
Proyección de la oferta ('000 toneladas de Co)



OFERTA

1. Más del 98% del cobalto que se produce es como subproducto de la minería del níquel o del cobre.
2. La República Democrática de Congo (RDC) contiene el 50% de las reservas mundiales de cobalto. Junto con Zambia, son los únicos países con una producción de cobalto como subproducto de cobre. El resto de los países produce cobalto como subproducto de la minería del níquel.
3. Los fundamentos económicos de las minas de cobre y de níquel son críticos para la oferta futura de cobalto.
4. Se espera que la RDC entregue la vasta mayoría de la producción de cobalto, con un crecimiento a una TCAC del 6.9% para el periodo 2018-2035.
5. Debido a que es una pieza central en la producción de baterías, algunos productores de baterías se han integrado verticalmente para asegurar un suministro a largo plazo de cobalto.

US Co 99.8% min (EXW), real \$2017, \$/lb



PRECIO

1. En 2017, los precios del cobalto aumentaron por temor a una escasez de oferta y en anticipación a las proyecciones de una producción fuerte de EVs.
2. Las dudas sobre la oferta en el mediano plazo se han atenuado debido a una mayor producción que se está volcando al mercado. Esperamos que los precios se mantengan estables a alrededor de USD 40/lb en precios reales 2017.
3. Esperamos que surja un ligero déficit para 2025, el que incentivará el desarrollo de tecnologías de reciclaje de baterías, resultando así en una mejor oferta de cobalto.
4. Para 2031 se espera que la tecnología de reciclaje haya sido ampliamente implementada, por lo que esperamos que los precios empiecen a caer hasta alcanzar las USD 33/lb en 2035.

Introducción

Este reporte es parte del estudio “Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2035” preparado por CRU para la Unidad de Planeación Minero Energética. Como tal, debe ser leído teniendo en consideración la información y el contexto entregados en los documentos complementarios “Metodología y plan de trabajo detallado” y “Análisis de escenarios”:

- El documento “Metodología y plan de trabajo detallado” explica en detalle la metodología utilizada para obtener tanto los datos históricos como proyectados de demanda, oferta y precio.
- El documento “Análisis de escenarios” presenta los tres escenarios bajo los cuales se llevan a cabo las proyecciones de demanda, oferta y precio de cada *commodity* en el estudio. Explica las principales fuerzas detrás de cada escenario y cómo estas son llevadas a supuestos numéricos claros y específicos que permiten modelar los escenarios de manera consistente a través de todos los *commodities* cubiertos.

1.1. Demanda de cobalto

1.1.1. Determinantes de la demanda de cobalto y usos finales

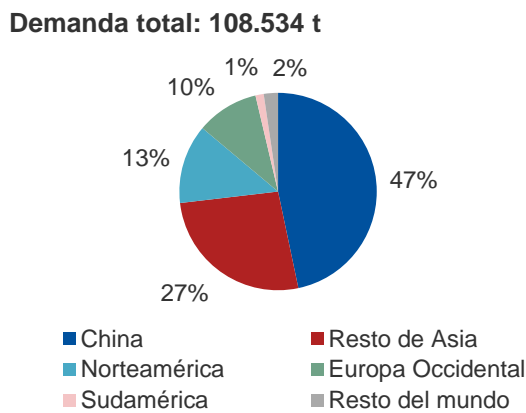
El cobalto ha sido históricamente muy deseado debido a sus excelentes aplicaciones mecánicas, incluyendo alta resistencia, resistencia a la corrosión y propiedades bio-inertes. Sin embargo, la condición del cobalto como metal de transición también le da excelentes propiedades electroquímicas, lo que lleva a su aplicación química como catalizador, pigmento y para el almacenamiento de energía. La demanda de cobalto se puede dividir en dos categorías principales:

- **Usos finales metalúrgicos:** el cobalto se usa en la producción de superaleaciones, acero rápido, herramientas con superficies duras, herramientas al carburo y de diamante y magnetos, debido a su fuerza y resistencia a las altas temperaturas y al desgaste.
- **Usos finales Químicos/No metalúrgicos:** el cobalto se usa en forma de óxido de cobalto en las celdas de ion-litio para dispositivos electrónicos y en forma de sulfato de cobalto para las baterías de vehículos eléctricos. Otras sales de cobalto se usan en catalizadores, como agentes de secado y como adhesivos de acero.

La demanda de aplicaciones químicas superó la demanda de aplicaciones metalúrgicas en 2004, y la demanda química ha superado consistentemente la demanda metalúrgica desde entonces. En la actualidad, casi el 35% del cobalto refinado a nivel global se consume en aplicaciones metalúrgicas. El 65% restante se consume en usos finales no metalúrgicos (químicos).

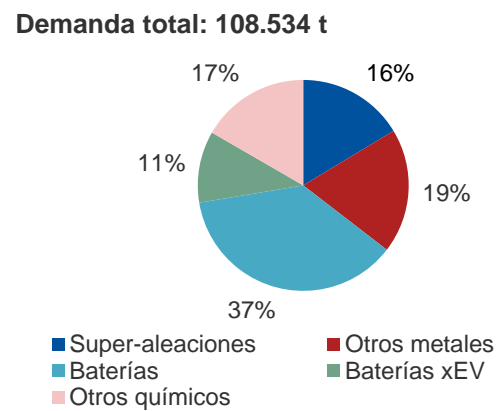
La mayor parte del consumo metalúrgico se dedica a la producción de superaleaciones (46,1% de la demanda metalúrgica), mientras que el consumo químico está altamente dominado por los metales para baterías (76,2% de la demanda química).

Figura 1 Participación de la demanda de cobalto por región, 2017



Fuente: CRU

Figura 2 Participación de la demanda de cobalto por aplicación, 2017

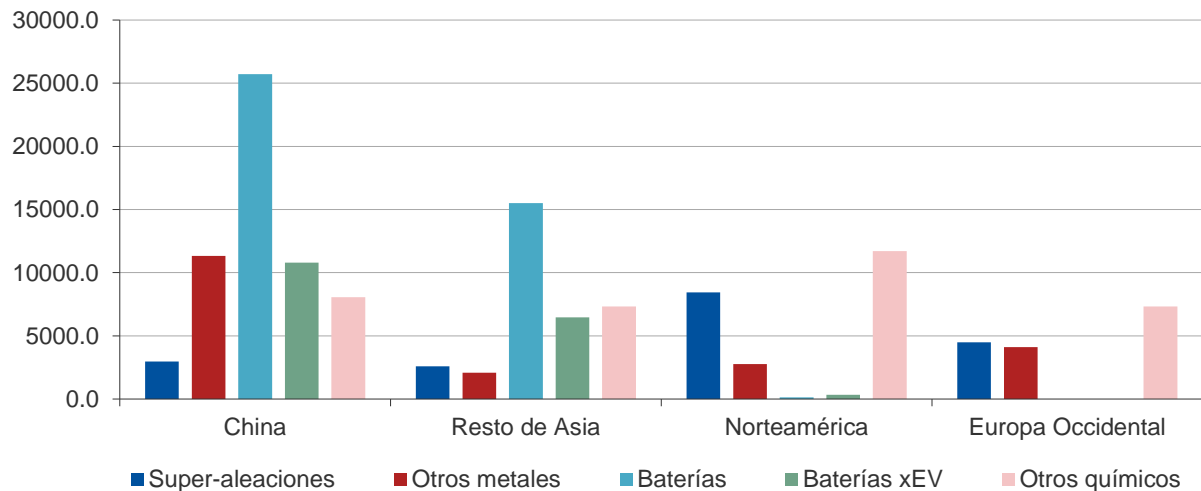


Fuente: CRU

La demanda de cobalto se concentra en Asia. China representa casi la mitad de la demanda mundial, mientras que el resto de Asia demandó un 27% en 2017. Otras regiones importantes son Norteamérica y Europa Occidental, con un 13% y 10% de demanda de cobalto en 2017, respectivamente. El 3% restante se ubica en otras regiones.

A continuación, entregamos un detalle regional del consumo de cobalto por uso final:

Figura 3 Aplicación de cobalto por región en 2018 (toneladas de Co contenido)



Fuente: CRU

Demanda metalúrgica

"Superaleación" es un término generalizado que se usa en aleaciones que exhiben una de varias características claves, incluyendo alta resistencia mecánica, buena resistencia térmica a la fluencia y una resistencia a la oxidación y corrosión. Las superaleaciones basadas en níquel (muchas de las cuales contienen grandes cantidades de cobalto) tienden a ser usadas para aplicaciones de alta temperatura, mientras que las superaleaciones basadas en cobalto tienden a ser usadas para aplicaciones que requieren de resistencia a la corrosión o propiedades bioinertes.

La demanda está dominada por la actividad en Europa Occidental y Norteamérica, y parte de la demanda también se da en China.

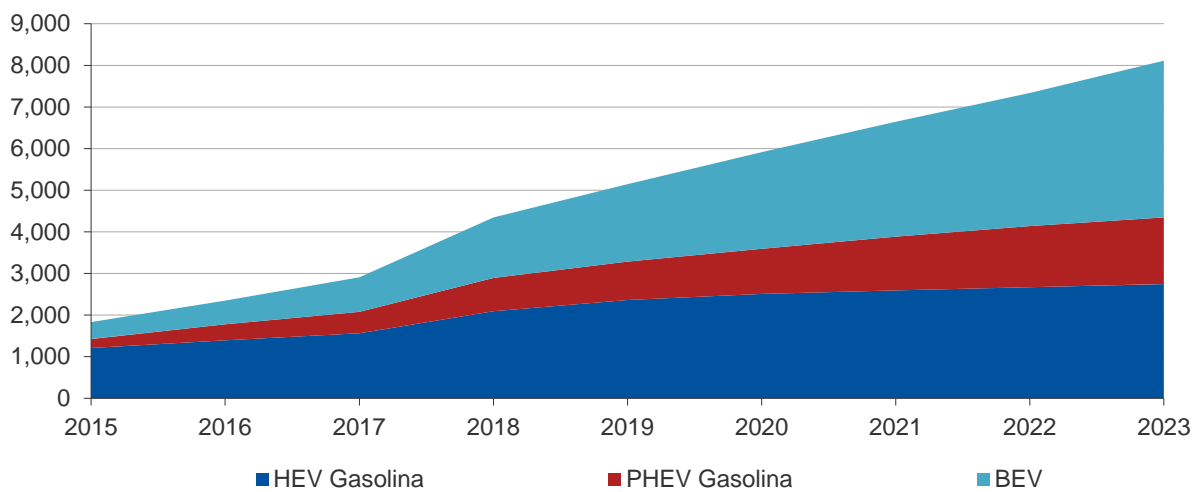
Otros metales tienen varias aplicaciones dentro de la industria. Estos se usan principalmente en varias herramientas de corte y magnetos. La demanda para estos usos se concentra en China.

Demanda no metalúrgica

El extenso uso de los dispositivos electrónicos portátiles ha contribuido en gran parte al aumento en la fabricación de baterías recargables. A lo largo de los últimos diez años, el aumento en la popularidad de las baterías de ion-litio ha ayudado a que crezca la demanda del cobalto a una

TCAC del 7,7% para el periodo 2008-2017. La mayoría de la producción de dichas baterías se ubica en China, Corea y Japón. La próxima etapa en el aumento de aplicación de baterías de ion-litio proviene del segmento de los vehículos eléctricos (EV), que también se espera que se concentre en China, Corea y Japón. Un vehículo eléctrico a batería contiene, en promedio, 6 kg de cobalto por auto.

Figura 4 Proyección de demanda de EV (ventas, miles de unidades)



Fuente: CRU

Se espera que las baterías para vehículos eléctricos sea el impulsor principal de la demanda de cobalto. La fabricación de baterías para EV, al igual que para las baterías tradicionales, también se concentra en los países de Asia Oriental. Una parte menor (pero creciente) de baterías se produce en los EEUU.

En 2008, el ~24% del cobalto se usó en otras aplicaciones químicas (excluyendo cátodos para baterías de litio). Esto ha bajado hasta un 17% en la demanda global en 2017, debido a la expansión más rápida de químicos para cátodos de litio. Estos usos son más relevantes para Norteamérica y Europa Occidental. Con la expansión de los VEs, se espera que la participación de aplicaciones químicas disminuya desde el 17% de la demanda global en 2017, hasta el 10% de la demanda total de cobalto en 2027.

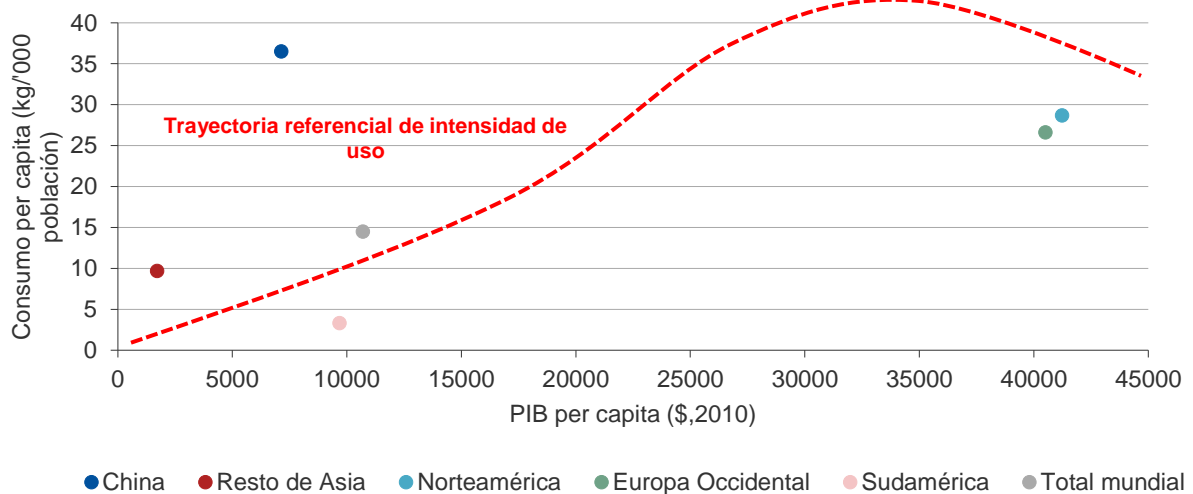
1.1.2. Intensidad de uso & el ciclo de desarrollo del cobalto

Según nuestros cálculos, Europa Occidental y Norteamérica usan 27,2kg y 28,7kg por cada mil habitantes, respectivamente. Estas son regiones desarrolladas, con un PIB per cápita por sobre

USD 40.000/año. Usualmente a medida que un país se desarrolla, la intensidad de uso del metal aumenta de forma significativa.

China es una notable excepción, al tener la mayor intensidad de uso a 36,0kg por cada 1000 habitantes, con un PIB per cápita de USD 8,700. El país tiene una industria de baterías de litio avanzada, la que cubre toda la cadena de valor de producción, desde su procesamiento químico hasta el armado de la batería. La industria requiere de un uso sustancial de cobalto, para la producción de cátodos de baterías. Estos productos se usan localmente o se exportan a otros países, en particular Corea del Sur y Japón. Se espera que la producción total de EV se desarrolle con más fuerzas en China para las próximas décadas, aumentando más aún la intensidad de uso del metal en el país.

Figura 5 Intensidad de uso global del cobalto, 2017



Fuente: CRU

1.1.3. Sustitución y elasticidad de la demanda de cobalto

Sustitución

En la mayoría de las aplicaciones metalúrgicas y no metalúrgicas, la sustitución del cobalto con otros elementos suele resultar en una menor eficiencia y/o rendimiento. A pesar de esto, existe una gama de materiales que pueden ser usados en la mayoría de las industrias, en especial en el contexto del aumento de precios en los últimos años.

En el caso del cobalto, la aceptación por parte de la industria de nuevos tipos de aleaciones demora un tiempo considerable en ser masificadas para su uso en diferentes aplicaciones.

En las superaleaciones el cobalto se puede reemplazar por compuestos de matriz metálica (MMC) reforzados con fibra, compuestos de carbono-carbono, aluminidos de titanio, aleaciones de níquel de granos monocristalinos, superaleaciones de hierro y compuestos de matriz cerámica (CMC).

En aplicaciones no metálicas (pinturas, pigmentos y catalizadores), el cobalto también puede ser sustituido. Por ejemplo, el cerio, hierro, plomo, manganeso y vanadio se pueden usar en lugar del cobalto en pinturas. El cobre-hierro-manganeso también se puede usar para curar resinas de poliéster insaturadas.

La mayor amenaza a la demanda futura de cobalto se encuentra en las baterías recargables para EVs, que se esperan sean la mayor fuente de crecimiento. Para el corto a mediano plazo, los fabricantes de baterías han anunciado planes para pasar a cátodos de baterías con menor contenido de cobalto, aunque los problemas de fabricación se mantienen. A largo plazo, los fabricantes podrían pasar a cátodos libres de cobalto.

Elasticidad de la demanda de cobalto

CRU considera que la elasticidad precio de la demanda para la mayoría de los minerales bajo análisis es cero o casi cero en el corto plazo y, en muchos casos, también en el largo plazo.

La razón crucial para esta afirmación es que dichos minerales (*commodities*) no son consumidos como bienes finales sino que sirven como insumos para la producción de bienes finales o en bienes de capital. Como tal, debemos tener en cuenta que la demanda de estos *commodities* es una demanda derivada.

De esta manera, los argumentos esgrimidos por Lord Alfred Marshall en el libro de texto de economía "Principios de la economía", publicado en 1890, (donde se presentó por primera vez el concepto de elasticidad precio de la demanda) continúan aplicándose. Sus argumentos implicaban que la elasticidad precio de la demanda de un insumo (es decir, la elasticidad precio de la demanda derivada) sería menor si se cumple alguno de los siguientes puntos:

1. Si ese insumo o un producto intermedio derivada de él se utiliza como complemento (y no como sustituto) para producir el bien final (baja sustituibilidad)
2. La participación del insumo en el bien o servicio final es pequeña (participación de bajo valor)
3. En caso de tener sustitutos, si esos sustitutos tienen una oferta fija/rígida (baja elasticidad de la oferta de sustitutos)
4. Si la elasticidad de la demanda del bien o servicio final es baja (baja elasticidad precio final)

Para la mayoría de los 27 minerales bajo estudio, aplican una o más de estas situaciones. Por lo tanto, siguiendo los argumentos de Lord Marshall es posible concluir que la elasticidad precio de la demanda de estos productos es baja (típicamente, cercana a cero).

En la práctica, la implicancia es que para observar una destrucción significativa de la demanda de un mineral (10% o más) se necesitaría un diferencial de precios muy alto (al menos del doble del valor promedio) sobre el valor de el/los sustituto/s y que ese diferencial se mantenga durante diez o más años. En otras palabras, CRU opina que la elasticidad precio de la demanda a largo plazo no debe ser más del 10%. Asimismo, una elasticidad <10% generaría diferencias insignificantes con cualquier cálculo basado en una elasticidad precio de la demanda igual a cero.

En el caso específico del cobalto, los cuatro factores de análisis de la teoría marshalliana se comportan de la siguiente manera:

Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, cobalto

Factor de análisis	Características específicas del cobalto
Usos principales	Uso metalúrgico: aleaciones de acero; Uso químico: baterías
Baja sustituibilidad	Uso metalúrgico: sí; Uso químico: hay riesgo de sustitución en el mediano/largo plazo
Participación de bajo valor	Sí
Baja elasticidad de la oferta de sustitutos	Sí
Baja elasticidad precio final	Aplicaciones metalúrgicas: sí. Baterías: no

Fuente: CRU

1.1.4. Demanda histórica de cobalto

Principales consumidores por actividad económica en los últimos diez años

Tal como se plantea en la sección “Determinantes de la demanda de cobalto y usos finales” de este reporte, los principales sectores económicos ligados al consumo de cobalto son el metalúrgico y químico. Dado que el cobalto es un metal que se viene utilizando desde hace muchos años en industrias que llevan varias décadas de desarrollo, estos usos finales se han mantenido relativamente estables.

Principales países y/o regiones consumidoras de cobalto

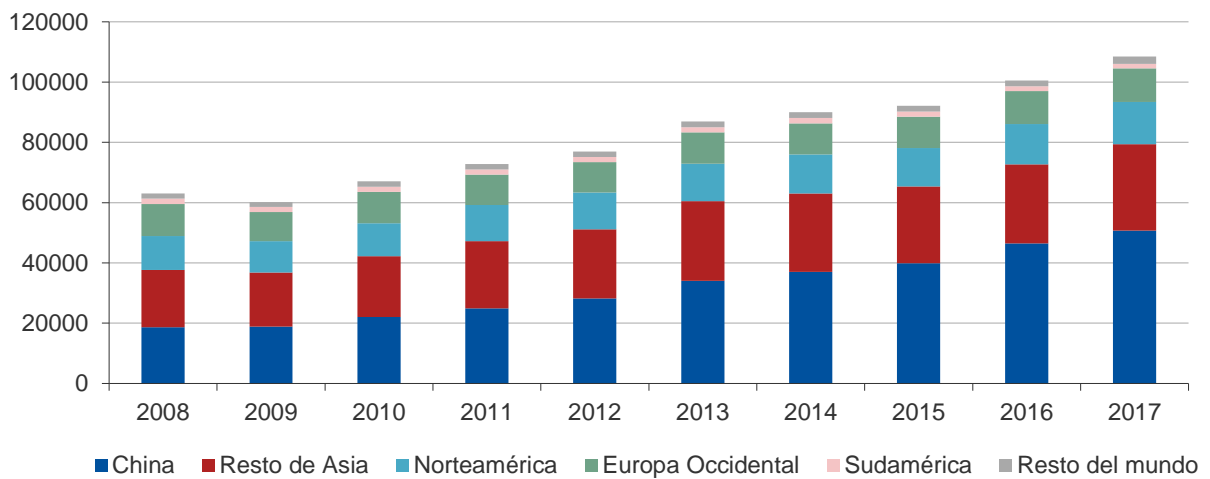
En esta sección se presentan los principales países y/o regiones consumidoras de cobalto primario en los últimos 10 años. Dada la naturaleza global del consumo de *commodities*, se analizan los países y/o regiones que son efectivamente relevantes para el estudio y entendimiento del mercado a analizar, con un enfoque en distinguir y separar países y/o regiones cuyo comportamiento futuro pueda impactar el mercado.

El crecimiento global en la demanda de cobalto ha aumentado a una TCAC del 6.2% en los últimos diez años, pasando de 63 mil toneladas en 2008 a 108 mil toneladas en 2017. Tras la caída provocada por la crisis financiera global en 2009, la demanda ha ido en aumento de forma constante. La diseminación de dispositivos electrónicos portátiles se ha convertido en un catalizador en el aumento de la producción de químicos de cobalto. Aunque entre 2013 y 2015 la tasa de crecimiento de la demanda cayó a menos de 5% de crecimiento anual, esta remontó en 2016 debido al aumento en la producción de EVs y a la anticipación de falta de cobalto, lo que causó que algunos usuarios finales acumularan material. Como resultado, la demanda de cobalto volvió a tasas de crecimiento fuertes, con aumentos de un 9,1% y 8,0% en 2016 y 2017, respectivamente.

La TCAC por la demanda de cobalto de China se mantuvo en 11,7% en el periodo 2008-2017 y alcanzó las 50.000 toneladas. En el resto de Asia, la TCAC fue de 4,7% para el periodo 2008-2017 y alcanzó las 28.700 toneladas. La mayor parte del crecimiento en estas regiones es atribuible a la creciente industria de fabricación de baterías de litio, la que se concentra en Corea del Sur y Japón.

En contraste, la demanda en Norteamérica y en Europa Occidental se mantiene basada en las aplicaciones metalúrgicas. Alrededor de un tercio de esta demanda está relacionada a la industria aeroespacial. Los principales fabricantes de jets en la industrial, Airbus y Boeing, cuentan con una cartera de órdenes muy fuertes dada la expansión del tráfico aéreo de pasajeros en el mundo

Figura 6 Demanda histórica del cobalto en 2008-2017 (toneladas de Co contenido)



Fuente: CRU

Tabla 2 Demanda histórica del cobalto en 2008-2017 (toneladas de Co contenido)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
China	18.655	18.845	22.083	24.921	28.214	34.075	37.020	39.846	46.447	50.683	11,7%
Resto de Asia	19.038	17.975	20.155	22.354	22.952	26.414	26.061	25.580	26.267	28.699	4,7%
Norteamérica	11.250	10.353	10.970	11.990	12.241	12.377	12.969	12.692	13.351	14.068	2,5%
Europa Occidental	10.646	9.763	10.389	10.042	10.048	10.460	10.282	10.460	10.962	11.088	0,5%
Sudamérica	1.735	1.631	1.704	1.732	1.701	1.718	1.758	1.664	1.600	1.465	-1,9%
Resto del mundo	1.706	1.629	1.728	1.815	1.848	1.861	1.882	1.909	1.912	2.531	4,5%
Total mundial	63.042	60.196	67.030	72.853	77.004	86.906	89.971	92.151	100.539	108.534	6,2%
<i>% cambio anual</i>		-5%	11%	9%	6%	13%	4%	2%	9%	8%	

Fuente: CRU

1.1.5. Proyección de demanda de cobalto

Escenario 1 - Continuidad

En la actualidad China es el principal productor de EVs y baterías de ion-litio, y está invirtiendo fuertemente tanto en la tecnología como en la capacidad de producción para mantener su liderazgo. Los fabricantes de baterías tradicionales de China, como Lishen, BAK y ATL ya han expandido sus negocios a las baterías de litio para EVs. Como resultado, China es en la actualidad el principal importador de concentrado de cobalto y de productos hidrometalúrgicos intermedios.

Los fabricantes de baterías japoneses y coreanos actualmente generan pérdidas o tienen rentabilidades marginales. Panasonic tuvo pérdidas en 2017. Sony, que alguna vez lideró en baterías de ion-litio, vendió su división de baterías a Murata en 2016. Nissan vendió su división de baterías a un fondo de inversión de China. Samsung SDK tuvo ganancias de 117 mil millones de KRW (102 millones USD) a partir de ingresos de 6.322 mil millones de KRW (4.327 millones USD). También vemos que las exportaciones coreanas de baterías de ion-litio han caído de forma constante en los últimos cinco años, a medida que los fabricantes locales se han unido cada vez más a sistemas de producción con empresas conjuntas con precursores de China y fabricantes de celdas de baterías. China, por lo tanto, se ha convertido en el centro clave para la fabricación de baterías de ion-litio, y tanto los fabricantes de Japón como los de Corea dependen de China para parte de su cadena de suministro.

Estimamos que China se mantendrá como el principal productor de baterías de ion-litio por muchos años, ya que ha integrado toda la cadena de valor. Además del cobalto, China tiene la capacidad de proveer todos los demás materiales de batería necesarios, incluyendo litio, material

de ánodo, separadores y carcasas, y níquel y sulfato de manganeso de grado para baterías. También cuenta con la base de investigación necesaria para el diseño de baterías.

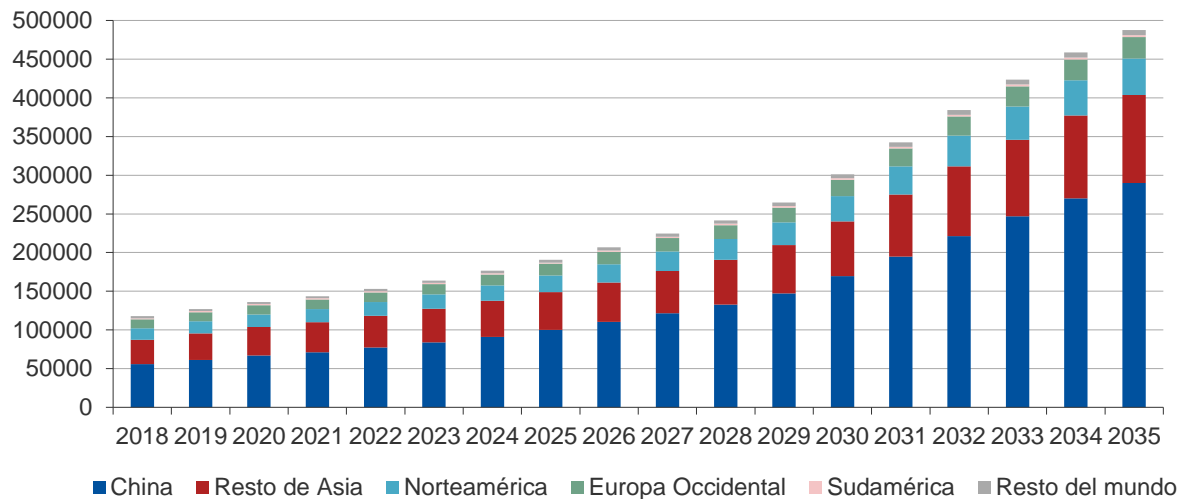
Estimamos que un 90% del aumento en la demanda total de cobalto para el período proyectado vendrá de la producción de baterías para automóviles y dispositivos electrónicos portátiles. Además del aumento esperado en la producción de vehículos eléctricos, se espera que la cantidad de cobalto utilizado en los BEVs aumente desde los 6 kg a los 8 kg por vehículo entre 2018 a 2035. La mayoría de este crecimiento será atribuible a China, donde se estima que la demanda aumente de 55.900 toneladas en 2018 a 290.000 toneladas en 2035. De forma similar, en el resto de Asia se espera un aumento desde 31.400 toneladas en 2018 a 113.900 toneladas en 2035. Como resultado de lo anterior, la participación de China y el resto de Asia en el consumo de cobalto seguirá en aumento pasando de 75% en 2017 a 83% en 2035.

Se espera que la demanda de cobalto en Norteamérica aumente de 14.900 toneladas en 2018 a 47.140 toneladas en 2035, mientras que la demanda de Europa Occidental aumentará de 11.400 toneladas a 27.500 toneladas en el mismo período. Anticipamos un aumento en la producción de ion litio en estas dos regiones, pero que no se compararán a los volúmenes de cobalto consumidos por los fabricantes de baterías ya establecidos en Asia Oriental.

Se espera que uno de los principales impulsores de cobalto metalúrgico será el sector aeroespacial, donde Boeing y Airbus tienen fuertes pedidos para la producción de aviones. Se espera que la demanda de aviones a largo plazo se mantenga fuerte debido a los menores costos de pasajes y al crecimiento de la clase media en los países en desarrollo.

En total, estimamos que la demanda de cobalto se mantendrá robusta a incrementándose a una TCAC de 8,7% para el periodo 2018-2035, creciendo de 117.700 toneladas en 2018 a 487.500 toneladas en 2035.

Figura 7 Proyección de demanda de cobalto en 2018-2035 (toneladas de Co contenido)



Fuente: CRU

Tabla 3 Proyección de la demanda de cobalto, (toneladas de Co)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
China	55.880	61.316	66.865	71.308	77.211	84.113	90.971	100.110	110.591	121.803
Resto de Asia	31.404	34.193	36.862	38.757	40.900	43.407	46.667	48.822	50.750	54.541
Norteamérica	14.935	15.592	16.279	17.006	17.805	18.591	20.083	21.629	23.476	25.242
Europa Occidental	11.434	11.719	11.982	12.238	12.703	13.216	14.068	14.995	16.275	17.196
Sudamérica	1.489	1.517	1.543	1.570	1.603	1.358	1.426	1.481	1.607	1.678
Resto del mundo	2.545	2.595	2.629	2.662	2.927	3.057	3.418	3.645	3.933	4.161
Total mundial	117.687	126.932	136.159	143.540	153.148	163.742	176.634	190.682	206.633	224.621
<i>% cambio anual</i>		7,9%	7,3%	5,4%	6,7%	6,9%	7,9%	8,0%	8,4%	8,7%

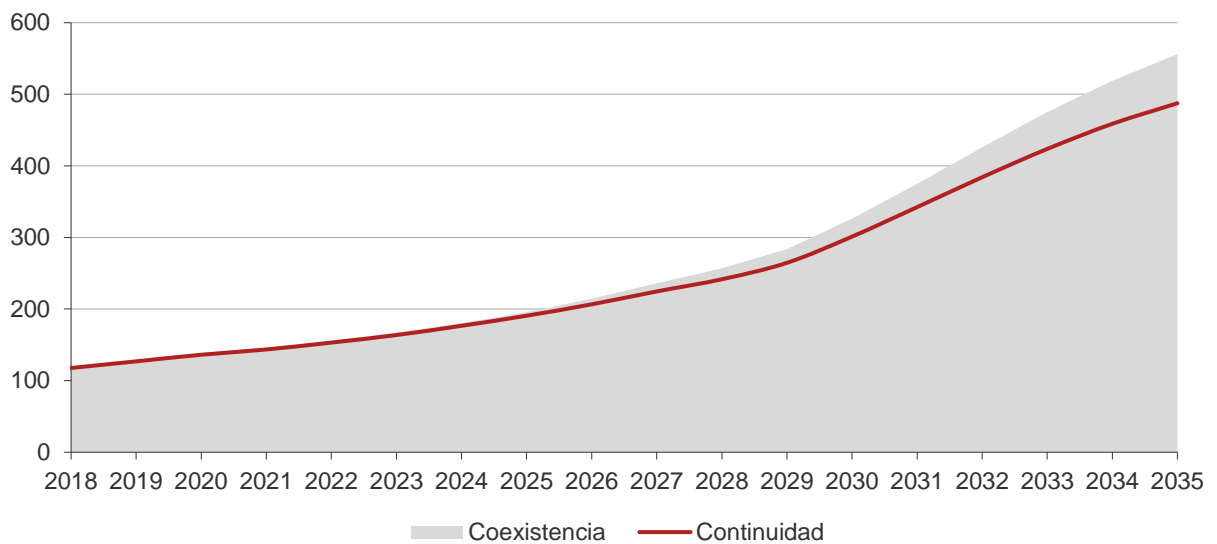
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
China	132.698	147.107	169.467	194.988	221.341	246.802	270.057	289.871	10,2%
Resto de Asia	58.002	62.790	70.661	80.254	89.974	99.133	107.235	113.840	7,9%
Norteamérica	26.857	29.089	32.751	36.369	39.866	42.945	45.420	47.144	7,0%
Europa Occidental	17.980	19.137	21.174	23.033	24.732	26.098	27.039	27.492	5,3%
Sudamérica	1.733	1.822	1.991	2.151	2.293	2.403	2.473	2.496	3,1%
Resto del mundo	4.360	4.646	5.134	5.573	5.979	6.311	6.548	6.673	5,8%
Total mundial	241.630	264.591	301.178	342.369	384.185	423.693	458.772	487.516	8,7%
<i>% cambio anual</i>	7,6%	9,5%	13,8%	13,7%	12,2%	10,3%	8,3%	6,3%	

Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

Al comparar el escenario de Coexistencia con el de Continuidad, vemos que la demanda de cobalto es constantemente mayor en el escenario Coexistencia, aumentando la diferencia de manera más marcada desde el año 2026 aproximadamente. Para 2035, el escenario Coexistencia llega a presentar una demanda 69 kt mayor que el escenario Continuidad.

Figura 8 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto ('000t)



Fuente: CRU

Tabla 4 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto ('000t)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	118	127	136	144	153	164	177	191	207	225
Coexistencia	118	129	139	146	156	167	181	196	214	236
Diferencia*	-	2	2	3	3	3	4	5	8	11

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	242	265	301	342	384	424	459	488	8,7%
Coexistencia	257	284	326	375	426	475	519	556	9,6%
Diferencia*	15	19	25	33	42	51	60	69	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

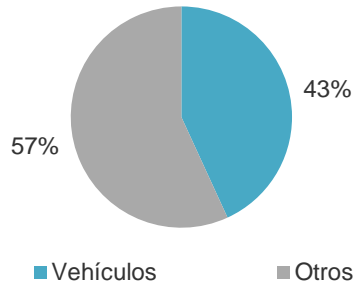
Fuente: CRU

Entre 2018 y 2035, la demanda anual promedio de cobalto en el caso Continuidad proviene en un 43% de la producción de vehículos, con la fracción restante siendo influenciada por el crecimiento esperado del PIB. En el caso Coexistencia, se espera que haya una mayor cantidad

de automóviles eléctricos en circulación, lo que explica en gran parte el aumento en consumo de cobalto en el caso Coexistencia con respecto al caso Continuidad.

Figura 9 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el cobalto – Caso Continuidad

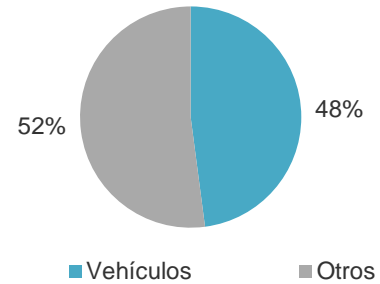
Demanda promedio anual: 252 kt



Fuente: CRU

Figura 10 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el cobalto – Caso Coexistencia

Demanda promedio anual: 272 kt

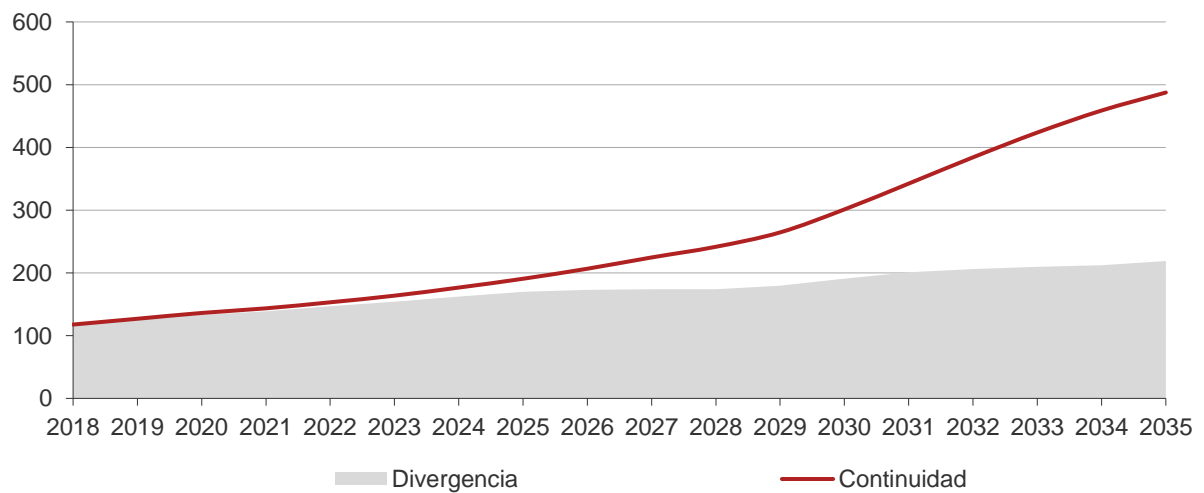


Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

Al comparar el escenario de Divergencia con el de Continuidad, vemos que la demanda de cobalto en el escenario Continuidad más que duplica la demanda del escenario Divergencia para 2035.

Figura 11 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto ('000t)



Fuente: CRU

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto ('000t)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	118	127	136	144	153	164	177	191	207	225
Divergencia	118	126	133	139	147	154	162	170	173	174
Diferencia*	-	-1	-3	-5	-6	-10	-14	-21	-34	-51

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	242	265	301	342	384	424	459	488	8,7%
Divergencia	174	180	191	201	206	209	212	219	3,7%
Diferencia*	-67	-85	-110	-142	-178	-214	-246	-269	

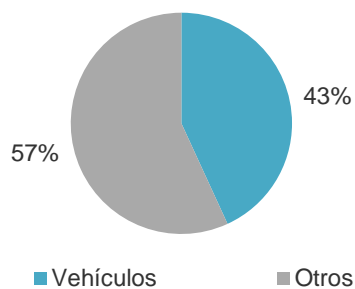
* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

Tal como en el caso anterior, la diferencia en demanda entre ambos escenarios se explica por la conformación de la demanda en el escenario Continuidad, y cómo se espera que estos sectores evolucionen en los años siguientes. La mayor parte del consumo se moverá en base a los cambios en la producción de vehículos de distintas tecnologías. En el caso Divergencia, la producción de vehículos eléctricos con baterías que consumen cobalto es considerablemente menor que en el caso Continuidad. Bajo el escenario Divergencia, la demanda de cobalto muestra un crecimiento considerablemente menor a Continuidad a falta del impulso generado por el aumento en electro-movilidad.

Figura 12 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el cobalto – Caso Continuidad

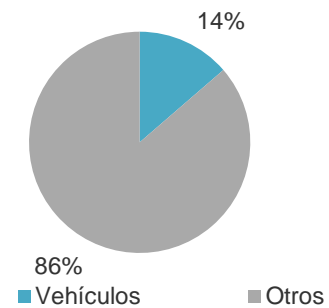
Demanda promedio anual: 252 kt



Fuente: CRU

Figura 13 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el cobalto – Caso Divergencia

Demanda promedio anual: 171 kt



Fuente: CRU

1.2. Oferta de cobalto

1.2.1. Recursos y reservas de cobalto: evolución, tasas de descubrimiento, presupuestos de exploración

Según la USGS, las reservas y recursos de cobalto se encuentran en:

- a) Depósitos estratiformes de cobre en la región conocida como el Cinturón de Cobre de África, principalmente la República Democrática de Congo y Zambia.
- b) Depósitos de laterita de níquel en Australia, Indonesia, las Filipinas, Nueva Caledonia, Madagascar y Cuba.
- c) Rocas ultramáficas con contenido de minerales de sulfuro en Australia, Canadá, Rusia y los EEUU.
- d) Nódulos de manganeso en el fondo del Atlántico, el Pacífico y el océano Índico.

Se estima que los recursos terrestres identificados de cobalto contienen unas 25 millones de toneladas del metal. Además, se estima que otras 120 millones de toneladas de cobalto se encuentran en nódulos en el fondo del mar.

Tabla 6 Reservas de cobalto, 2008-2017 ('000 toneladas de Co contenido)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Rep. Dem. Congo	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.500	0,3%
Australia	1.500	1.500	1.400	1.400	1.200	1.000	1.100	1.100	1.000	1.200	-2,4%
Cuba	1.000	500	500	500	500	500	500	500	500	500	-7,4%
Filipinas	-	-	-	-	-	-	270	250	290	280	
Zambia	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	0,0%
Canadá	120	120	150	130	140	260	250	240	270	250	8,5%
Rusia	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	0,0%
Madagascar	-	-	-	-	-	-	-	130	130	150	
Papúa Nueva Guinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	
Sudáfrica	-	-	-	-	-	-	32	31	29	29	
EEUU	33	33	33	33	33	36	37	23	21	23	-3,9%
Brasil	29	29	89	87	89	89	85	78	-	-	
China	72	72	80	80	80	80	80	80	80	-	
Marruecos	20	20	20	20	20	18	-	-	-	-	
Nueva Caledonia	230	230	370	370	370	200	200	200	64	-	
Otros países	180	180	740	990	1,100	1,100	750	610	690	560	13,4%
Total mundial	7.104	6.604	7.302	7.530	7.452	7.203	7.224	7.162	6.994	7.063	-0,1%
<i>% cambio anual</i>		-7%	11%	3%	-1%	-3%	0%	-1%	-2%	1%	

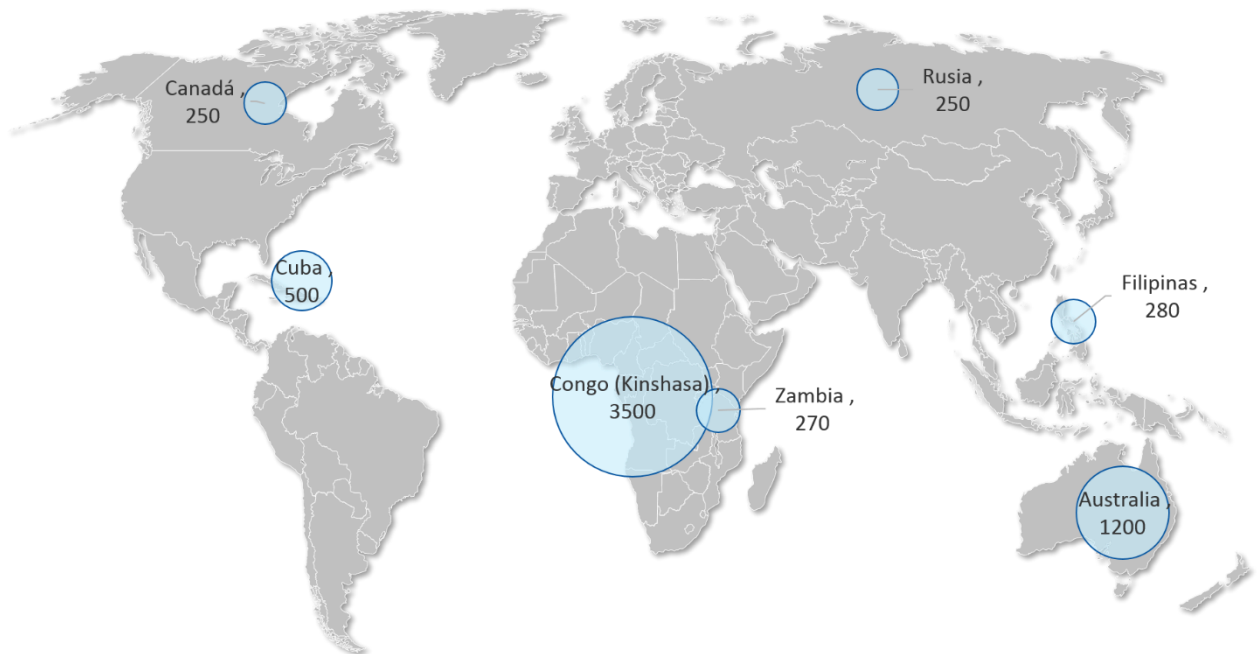
Fuente: USGS

La base de recursos y reservas de cobalto ha cambiado muy poco en los últimos 10 años. Más del 50% de las reservas se encuentran en el Cinturón de Cobre en África, principalmente en la RDC y en Zambia. En esta región, el cobalto se obtiene como subproducto de la minería de yacimientos de sedimentos estratiformes de cobre-cobalto. Las reservas que le siguen en importancia son las lateritas de níquel que se encuentran en Australia, Cuba, el Sureste de Asia y el Pacífico. El cobalto también se encuentra en los depósitos de sulfuro de níquel en rocas máficas y ultramáficas en Canadá, Rusia y Australia Occidental.

La USGS también ha definido recursos contenidos en depósitos en el lecho marino, que representan otras 120 millones de toneladas de cobalto contenido en nódulos ricos en hierro, manganeso y níquel y en la corteza del lecho oceánico. Los avances en la tecnología marítima y de minería han aumentado la probabilidad de explotar estos nódulos polimetálicos a futuro.

Si la producción de minas procede según nuestros estimativos de proyección de oferta, calculamos que las reservas indicadas podrían caer de las 7 millones de toneladas actuales a 2 millones de toneladas para 2035. Por lo tanto, parte de los recursos globales deberán ser convertidos en reservas.

Figura 14 Mapa de las reservas de cobalto de los principales productores a 2017 (en miles de toneladas)

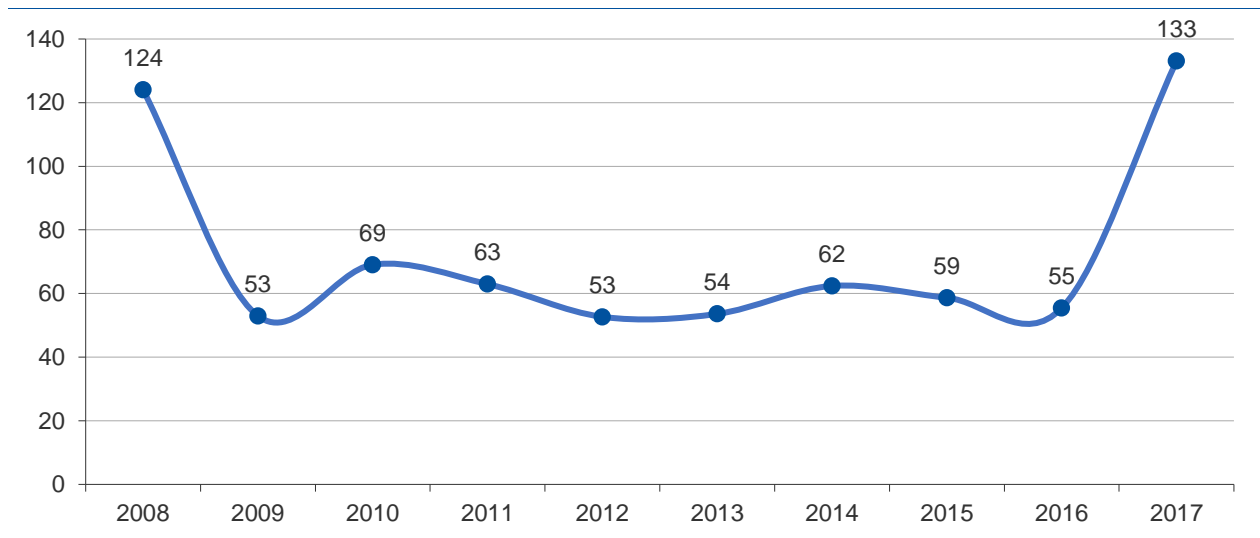


Fuente: USGS

El presupuesto de exploración es relativamente bajo producto de su bajo volumen de producción (en valor) en comparación con el total de la industria minera global. Técnicamente, parte de este presupuesto de exploración se debe compartir con el cobre, dado que un parte importante del cobalto es minado en conjunto con cobre.

Durante el periodo 2008-2017, el gasto en exploración del cobalto tuvo una disminución importante comparado con el máximo de 124 millones de dólares alcanzado en 2008. En línea con lo anterior, el presupuesto de exploración promedió 58 millones de dólares durante gran parte de la década pasada, hasta dispararse nuevamente en 2017 hasta tocar los 133 millones de dólares. Lo anterior se explica por el repunte en el precio, que alcanzó los 27\$/lb en 2017.

Figura 15 Presupuestos de exploración del Cobalto, 2008-2017 (MUS\$, real 2017)



Fuente: MinEx Consulting, CRU

1.2.2. Métodos de extracción y procesamiento del cobalto

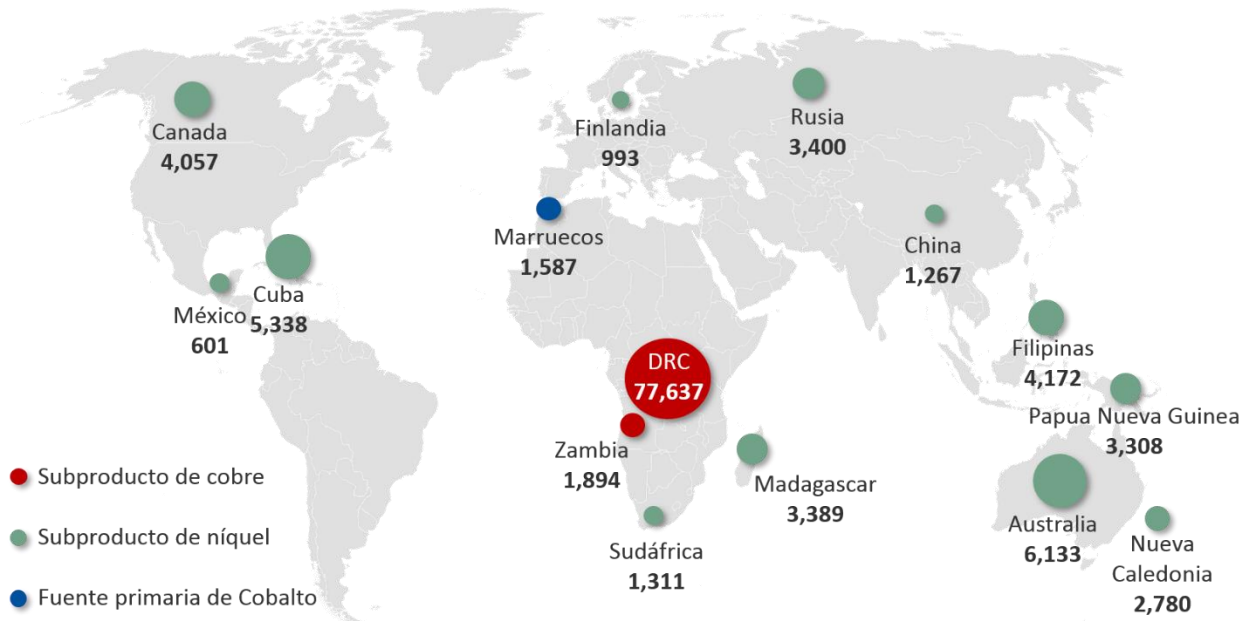
El cobalto es un elemento ferromagnético duro, de color plateado-blanco, duro y lustroso. Al igual que el hierro, se puede magnetizar. Es similar al hierro y al níquel en sus propiedades físicas, como por ejemplo ser naturalmente magnético. También es un elemento químicamente activo, por lo que es capaz de formar varios compuestos.

En la actualidad sólo ~1.8% de la producción global de cobalto se obtiene de minería primaria, en la mina Bou Azzer en Marruecos. En esta mina, el mineral de cobalto se muele para reducir el

tamaño de las partículas. Se añaden ácido sulfúrico y oxidantes para preparar la solución de lixiviación. El cobalto en la solución se puede obtener por un proceso de electro-obtención.

El cobalto se produce casi en su totalidad como subproducto de la minería y procesamiento de mineral de cobre y de níquel, los que representan el 66,4% y el 31,8% de la producción de 2017, respectivamente. Las minas de subproducto de cobre se concentran en la región de África Central, mientras que las minas de subproducto de níquel se pueden encontrar en todo el mundo. La gráfica a continuación resume la producción de cobalto por tipo de mineral.

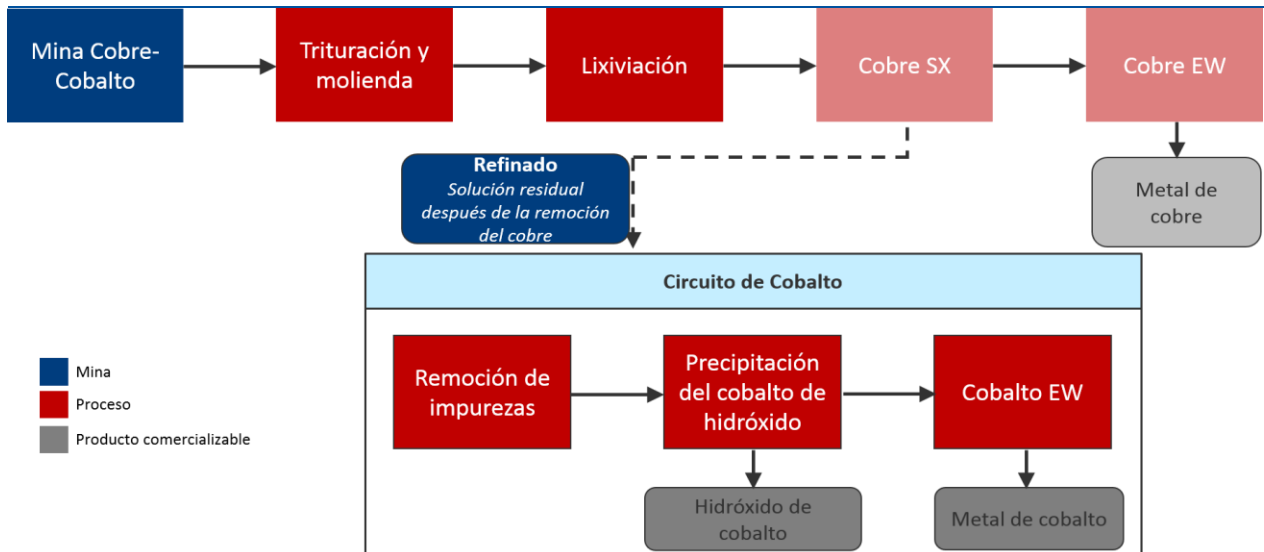
Figura 16 Producción global de cobalto por tipo de mineral en 2017 (toneladas de Co)



Fuente: CRU

El tratamiento del cobalto es particularmente complejo y su recuperación es considerablemente menor a la de otros metales base. Históricamente se ha perdido un ~20% del cobalto extraído. A continuación entregamos dos métodos de procesamiento para la producción de cobalto:

Figura 17 Métodos de procesamiento del cobalto a partir del cobre



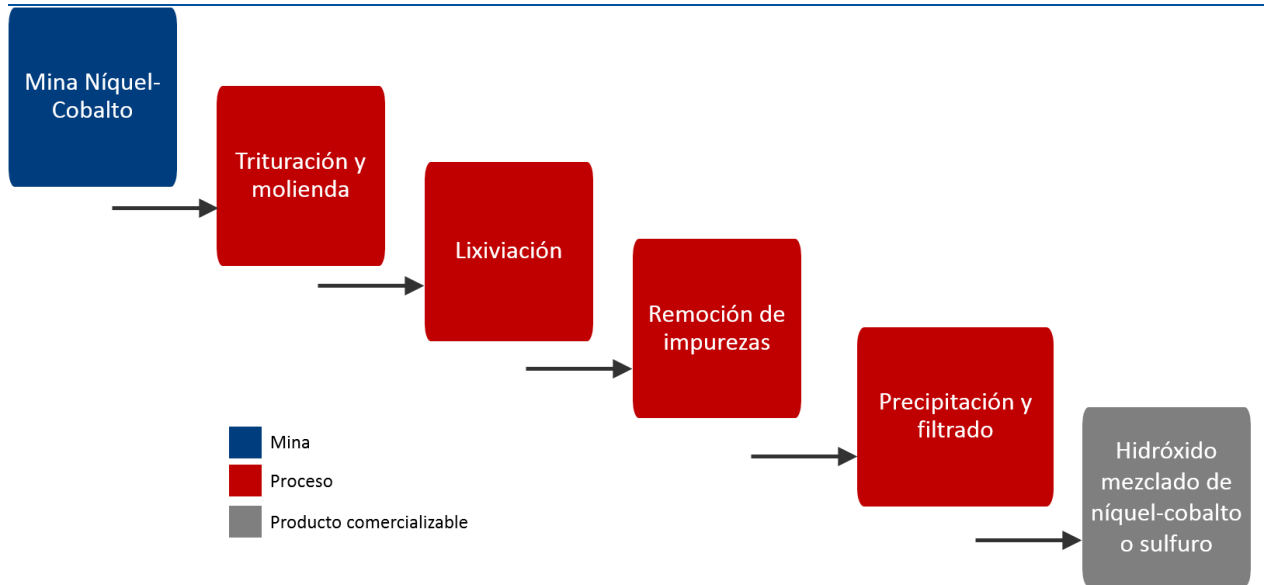
Fuente: CRU

En el ejemplo de mina de cobalto-cobre que se da en la figura anterior, el cobalto se extrae y en un inicio se procesa durante la producción del cobre, y por lo tanto se produce (en forma cruda) sin importar si en verdad hay un mercado para el cobalto contenido. En este caso, la conversión de cobalto desde el producto de desecho al subproducto valioso se da por la mejora de los residuos de la extracción por solventes (SX) del cobre, en lo que se llama el "circuito de cobalto". En algunos casos, los procesos primarios como la lixiviación también podrían ser modificados, dependiendo de si se prioriza la recuperación de cobalto.

En un mundo donde los precios del cobalto eran extremadamente bajos, las mineras podían escoger eliminar el circuito de cobalto si el costo marginal de procesamiento adicional y el costo asociado a la venta superaban la ganancia marginal obtenida. Los costos incrementales del cobalto son altos para operaciones que son productoras primarias de cobalto, y bajos para las operaciones que venden un producto de metal mixto (esto es, cuando el cobalto no se separa de los otros metales en el producto comercializable).

La imagen a continuación muestra el proceso para una mina de níquel-cobalto que produce un producto de metal combinado, el que es un metal mixto que por lo general se produce como sulfuro o hidróxido.

Figura 18 Métodos de procesamiento del cobalto a partir del níquel

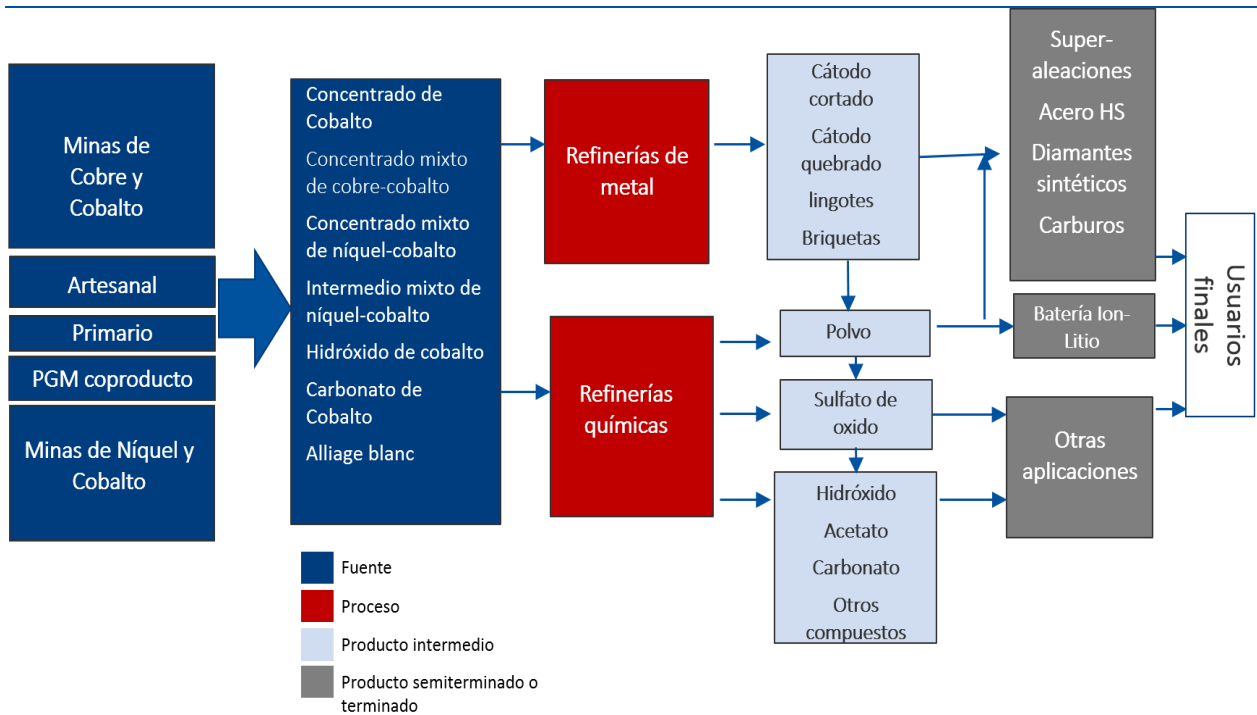


Fuente: CRU

1.2.3. Cadena de valor del cobalto

Las operaciones mineras pueden producir cuatro productos intermedios diferentes dependiendo de su naturaleza: concentrados de cobalto, hidróxido de cobalto, concentrados de cobre-cobalto y "alliage blanc" (una aleación de Co/Cu). Estos productos intermedios se tratan en plantas especializadas para la producción de materiales de grado batería, con bajas impurezas de hierro, manganeso, sodio, potasio, calcio, magnesio y silicio.

Figura 19 Cadena de valor del cobalto



Fuente: CRU

En la RDC, el cobalto ha sido tradicionalmente producido en forma de concentrado. Sin embargo, en los últimos años las empresas mineras han invertido fuertemente en plantas de hidróxido que producen un hidróxido grueso con un contenido aproximado de 20-40% de cobalto, mayor al de concentrado, que por lo general cuenta con 5-15% de cobalto. Este producto de mayor calidad le permite a las mineras el obtener un mejor precio que por el concentrado, además de ahorrar en costos de flete.

Las refinerías de cobalto rara vez están ubicadas cerca de las minas. Una vez que se ha obtenido el concentrado de cobalto, este se envía a refinerías en todo el mundo. China y Finlandia cuentan con la mayor presencia de refinerías químicas mientras que Canadá y China se destacan en refinerías de metal.

Muchas empresas chinas de cobalto como Jichuan o Huayou se han integrado verticalmente, adquiriendo minas en la República Democrática de Congo (RDC). Al hacer esto pueden asegurar su suministro y modificar el producto según sus necesidades. Los materiales de grado batería en particular tienen requerimientos de especificación estrictos, y las plantas especializadas producen materiales con bajas impurezas de hierro, manganeso, sodio, potasio, calcio, magnesio y silicio.

Las empresas que no están integradas aguas abajo venderán su producción directamente a las fundiciones, pero podrían establecer acuerdos a largo plazo, como es el caso de la producción de Glencore Katanga, que está comprometida al fabricante de baterías de China CATL. También es común que las pequeñas y medianas refinerías entren en acuerdos de trabajo a façon, donde resuelven el problema de adquirir el material y aseguran la venta de productos terminados.

1.2.4. Costo de Capital del cobalto

CRU ha identificado 31 proyectos que podrían entrar en operación dentro de los próximos diez años. De estos, 18 son proyectos nuevos y el resto son reinicios, reemplazos de alimentación o proyectos de expansión. Hemos clasificado 12 proyectos como firmes, los que han sido añadidos a nuestro caso base de proyección de oferta de minas. Además de esto, hemos identificado 8 proyectos probables y 11 posibles, los que todavía no se incorporan a estas cifras pero que podrían empezar su operación dentro de los próximos diez años.

Hasta 7 proyectos de cobre-cobalto podrían iniciar operaciones en la RDC y en Zambia en los próximos 10 años, a pesar de los riesgos de estabilidad política, desarrollo de infraestructura y suministro de energía. Varios depósitos de sulfuro polimetálico podrían iniciar operaciones en Australia, Rusia y Norteamérica, especialmente si los precios del níquel mejoran hacia 2021.

Según vemos, el CAPEX para estas minas es difícil de estimar debido a la naturaleza de subproducto de la producción del cobalto. A continuación entregamos los estimados de CAPEX según fueron anunciados por los operadores mineros para la mina en su totalidad, en otras palabras, también incluyen los gastos de capital para otros subproductos.

Tabla 7 Gastos de capital en minas de cobalto

Proyecto	Propietario	Región	País	Inicio Esperado	Capacidad Producción (ktpa)	CAPEX (MUS\$)	Intensidad CAPEX (USD/tpa)
RTR (Kolwezi)	ERG	África y Medio Oriente	RDC	2018	14,0	593	42.357
Idaho	eCobalt Solutions	Norteamérica	EEUU	2020	1,5	187	124.533
NICO	Fortune	Norteamérica	Canadá	2021	1,9	347	187.297
Sunrise	Clean Teq	Australasia	Australia	2021	4,6	680	147.826
Sconi	Australian Mines	Australasia	Australia	2021		209	

Fuente: CRU

1.2.5. Comercialización del cobalto

Principales sectores importadores y usos de las importaciones de cobalto

Dada la naturaleza global del mercado del cobalto, los principales sectores importadores y los principales usos de las importaciones son los mismos sectores y usos de la oferta total disponible. Estos sectores y usos finales son los definidos en la sección “Determinantes de la demanda de cobalto y usos finales” de este reporte. Para el caso del cobalto, éstos corresponden a la fabricación de productos metalúrgicos y químicos.

Importaciones y exportaciones por país

Teniendo en cuenta que la principal característica de los *commodities* es que el mercado trata a distintos productos como prácticamente equivalentes sin importar su precedencia, y que esta es la base para que se den dinámicas de mercado basadas en información global y no regional, esta sección muestra los principales países importadores y exportadores de cobalto sin agruparlos por región. De esta manera se logran capturar los flujos de material más importantes a nivel global, entregando información relevante para el mercado de manera clara y transparente.

Los concentrados de cobalto y el hidróxido de cobalto son los productos de comercialización más comunes. Por lo general los concentrados de cobalto tienen un 4-5% de Co, mientras que el hidróxido de cobalto tiene de 20 a 40%. El mercado cambió al hidróxido de cobalto, ya que este producto presenta una forma más eficiente de transportar el elemento debido a su mayor grado. Este cambio se puede ver al observar las importaciones de concentrado de China y cómo han caído en los últimos años, a medida que las refinerías y las mineras cambian a la comercialización de hidróxidos.

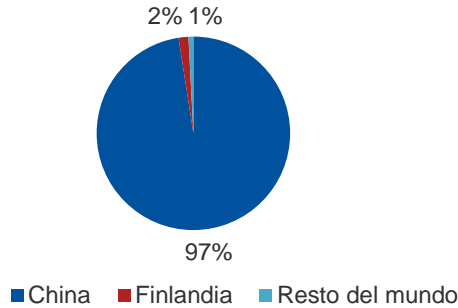
El comercio de hidróxidos es más diversificado debido a dos tipos diferentes de productos de hidróxido. Uno de ellos es el producto intermedio que se entrega a las refinerías de cobalto para su procesamiento adicional. El otro es el producto de refinerías químicas, que se usa específicamente para baterías.

Concentrado de cobalto

Casi todas las importaciones de concentrados van a China, mientras que el principal país exportador es la República Democrática de Congo. La RDC no entrega estadísticas de exportación. Por lo tanto entregamos datos basados en la información de importación de los países importadores.

Figura 20 Importación de concentrado de Cobalto en 2017, (toneladas de material bruto)

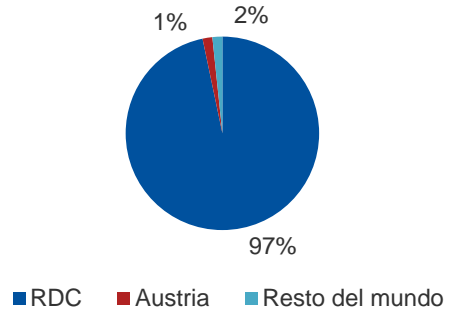
Total de importaciones: 103.272 toneladas



Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU.

Figura 21 Exportación de concentrado de Cobalto en 2017, (toneladas de material bruto)

Total de exportaciones: 103.272 toneladas



Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU.

Como se mencionó anteriormente, existe una tendencia a la baja en las importaciones de concentrado de cobalto debido a la ineficiencia de transportar concentrados con un contenido de 4%-5% de cobalto. Las empresas han empezado a invertir con fuerza para resolver el problema en el sitio de producción, añadiendo pasos de procesado adicionales antes de exportar el producto.

Recientemente el gobierno de la RDC también ha hecho presión para una producción con mayor valor añadido. Un grupo que el gobierno no regula estrictamente es el de la minería artesanal, que vende concentrado a comerciantes en el Congo antes de que sea revendido a empresas en el exterior, sin procesamiento del producto. Sin embargo, esta situación no cambia la tendencia general a la baja de concentrado de cobalto desde 2008 a la fecha.

Tabla 8 Importación de concentrado de cobalto (toneladas de concentrado)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
China	254.534	283.164	350.027	348.490	176.340	179.803	191.603	227.662	149.274	100.859	-9,8%
Finlandia	26.500	15.173	9.868	8.995	3.743	5.352	3.236	1.744	1.442	1.693	-26,3%
Taiwán	-	-	-	-	-	-	-	239	2	247	-
Sudáfrica	9	117	95	366	151	254	487	434	84	62	24,1%
España	10	1	-	20	2	-	7	58	112	115	31,2%
Resto del mundo	12.219	8.927	9.188	11.346	4.608	2.966	4.239	4.438	704	365	-32,3%
Total mundial	293.272	307.382	369.178	369.217	184.843	188.374	199.573	234.575	151.618	103.341	-10,9%
<i>% cambio anual</i>		4,8%	20,1%	0,0%	-49,9%	1,9%	5,9%	17,5%	-35,4%	-31,8%	

Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

Además de la tendencia a la baja que se ha observado desde 2008, la exportación del material podría ser esporádica a veces, ya que la mayoría del material se produce como subproducto en minas de níquel y cobre. Cuando el precio de estos metales cae, algunas minas podrían bajar su producción debido a la economía del níquel o del cobre. Un ejemplo extremo de esto es la mina Katanga en Congo, la cual cerró cuando el precio del cobre cayó por debajo de USD 6,000/t en 2015.

Tabla 9 Exportación de concentrado de cobalto (toneladas de concentrado)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
RDC	227.560	252.172	321.998	324.354	166.437	177.289	188.577	224.812	132.695	99.868	-8,7%
Austria	584	407	820	1.094	1.011	702	1.351	1.744	1.442	1.689	12,5%
Tanzania	550	582	0	84	13	-	22	1.018	5.273	286	-7,0%
Irán	-	17	192	15	-	2	-	239	-	247	n/a
Países Bajos	289	425	97	90	140	40	24	319	497	238	-2,1%
Resto del mundo	64.290	53.988	46.638	44.046	21.247	10.746	10.396	6.520	11.934	944	-37,4%
Total mundial	293.272	307.592	369.745	369.683	188.849	188.780	200.369	234.653	151.840	103.272	-10,9%
<i>% cambio anual</i>		4,9%	20,2%	0,0%	-48,9%	0,0%	6,1%	17,1%	-35,3%	-32,0%	

Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

Hidróxido/Óxido de Cobalto

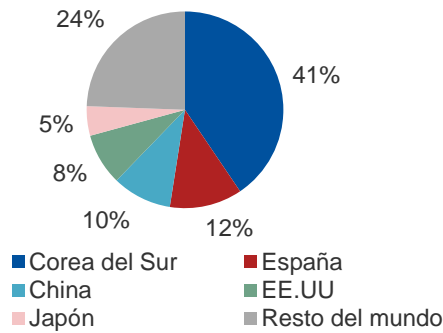
En contraste con el concentrado de cobalto, el contenido de cobalto en su forma de hidróxido es mayor, haciendo de este el producto ideal para su comercialización.

El hidróxido se puede obtener de dos formas. La primera es el producto directamente del procesado de concentrado de cobalto, pero esto requiere un mayor procesamiento en refinerías químicas. El segundo es como producto de refinerías químicas, que es un producto de mayor valor añadido.

El código HS para el comercio de hidróxido es 282200. Sin embargo, este código HS también incluye el comercio del óxido de cobalto, el que tiene una aplicación principal en las celdas de baterías de litio. Por lo tanto, incluimos este producto en nuestro análisis a continuación.

Figura 22 Importación de hidróxido/óxido de cobalto en 2017 (toneladas de material)

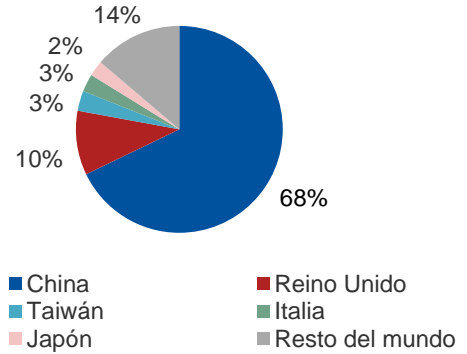
Total importaciones: 24.877 toneladas



Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

Figura 23 Exportación de hidróxido/óxido de cobalto en 2017 (toneladas de material)

Total exportaciones: 12.367 toneladas



Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

La importación de hidróxidos y óxidos de cobalto ha sido dominada por los países de Asia Oriental. Esto sorprende dada la importante aplicación de hidróxidos en las baterías. Corea del Sur ha visto un aumento en la importación de estos materiales, en parte debido a su dependencia en proveedores extranjeros para la producción doméstica de baterías. Japón ha disminuido su importación de este material dada la baja en la exportación y venta local de baterías de litio.

Tabla 10 Importación de hidróxido/óxido de cobalto (toneladas de material)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Corea del Sur	6.767	4.100	5.695	7.971	11.232	14.908	14.174	11.483	12.943	10.083	4,5%
España	1.085	1.034	1.528	1.837	1.941	2.042	1.881	2.204	2.769	2.971	11,8%
China	478	1.265	877	455	1.136	371	399	533	388	2.431	19,8%
EEUU	1.111	1.462	2.011	2.592	2.351	2.404	2.400	1.751	1.962	2.115	7,4%
Japón	1.437	866	1.200	409	1.448	1.248	1.058	895	941	1.205	-1,9%
Resto del mundo	5.596	10.618	7.945	11.120	15.641	8.307	21.366	6.683	5.610	6.071	0,9%
Total mundial	16.474	19.345	19.255	24.384	33.749	29.280	41.278	23.549	24.613	24.877	4,7%
<i>% cambio anual</i>		17,4%	-0,5%	26,6%	38,4%	-13,2%	41,0%	-42,9%	4,5%	1,1%	

Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

China fue responsable un ~68% de la exportación de hidróxido/óxido de cobalto en 2017, principalmente enviando material a Corea del Sur. Esto refleja el aumento en la inversión y desarrollo de una cadena de valor de baterías completa, la que se traduce en un aumento en la producción de estos químicos y un crecimiento considerable en la exportación.

Tabla 11 Exportación de hidróxido de cobalto (toneladas de material)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
China	3.159	1.591	3.569	3.872	6.018	9.401	9.640	7.735	9.850	8.392	11,5%
Reino Unido	798	890	1.268	821	1.178	1.492	1.432	1.152	1.257	1.240	5,0%
Taiwán	1.147	816	1.028	847	436	565	476	419	401	388	-11,4%
Italia	235	141	206	225	187	389	422	139	333	343	4,3%
Japón	1.365	742	524	505	480	379	471	495	635	301	-15,5%
Resto del mundo	2.284	2.290	1.882	2.462	4.196	1.746	2.194	835	971	1.703	-3,2%
Total mundial	8.988	6.470	8.477	8.732	12.495	13.973	14.635	10.774	13.447	12.366	3,6%
<i>% cambio anual</i>		-28,0%	31,0%	3,0%	43,1%	11,8%	4,7%	-26,4%	24,8%	-8,0%	

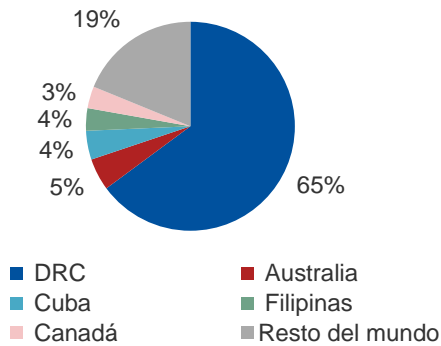
Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

1.2.7. Producción histórica de cobalto

El cobalto es un subproducto de las minas de cobre en la RDC y en Zambia, mientras que en el resto del mundo se produce cobalto en minas de níquel. Más del 50% de las reservas se encuentran en el Cinturón de Cobre en África, principalmente en la RDC. Por lo tanto, no es de sorprender que la producción de cobalto de la RDC sea responsable de más del 65% de la producción mundial, seguida muy de lejos por Australia y las Filipinas, con 5% y 4% respectivamente. Esto deja a la RDC en una posición única: una de influencia desproporcional en la oferta actual y futura de cobalto.

Figura 25 Producción de cobalto por país, 2017

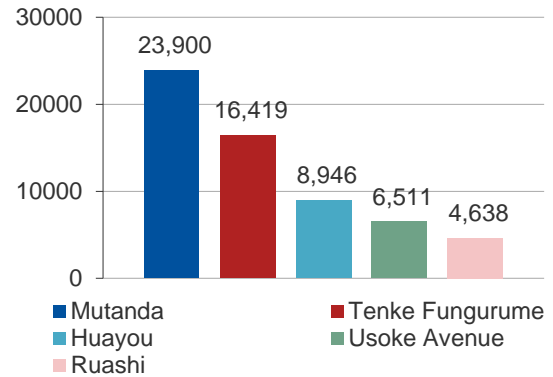
Producción total: 119.683 t Co



Fuente: CRU

Figura 24 Producción de cobalto por mina, 2017

Producción 5 minas: 60.414 t Co



Fuente: CRU

La mina más grande de cobalto, Mutanda, entregó alrededor del 20% de la producción total de cobalto en 2017. En combinación con las otras 4 minas más grandes, produjeron alrededor del 50% de la producción total en 2017. Todas estas minas se encuentran en la RDC.

La oferta de metal de cobalto tuvo una caída estable en los años que llevaron al boom en los precios del cobalto en 2017. La persistencia de los bajos precios del níquel desde 2014 llevaron a varias refinerías integradas de níquel, como Glencore Murrin y Sherritt Canada a reducir su producción para apoyar el mercado del níquel, lo que ha tenido un efecto negativo en la producción de cobalto. Otras refinerías, como Tocantins (del grupo Votorantim) en Brasil, fueron forzadas a cerrar completamente.

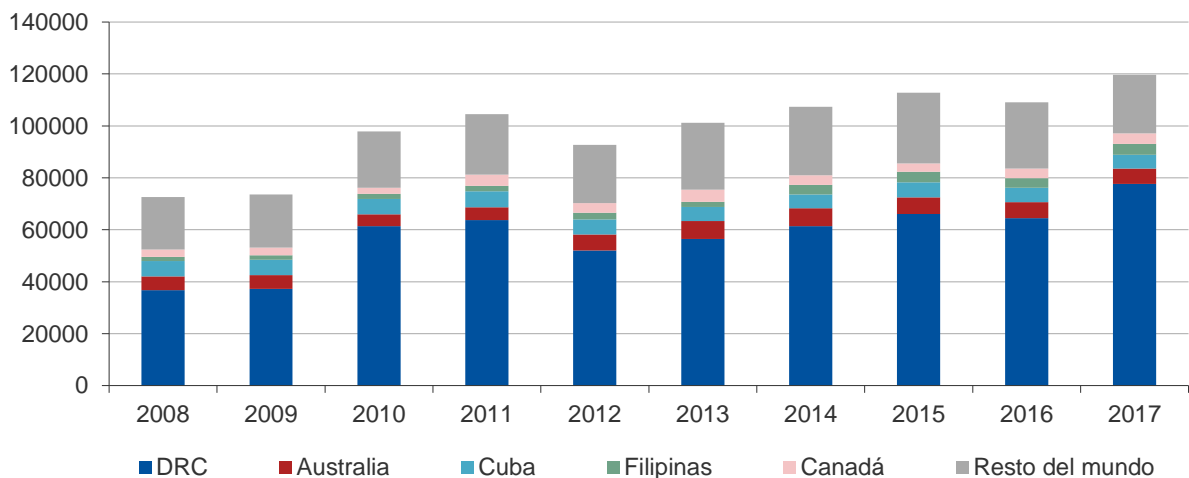
La reducción en la producción del metal de cobalto también se ha apreciado en el sector del cobre. El precio del cobre empezó a bajar a partir de 2011, lo que a su vez ocasionó el cese de operaciones de varias refinerías costosas de cobre-cobalto en África Central. La refinería

Glencore Mopani en Zambia, que producía hasta 2.000 toneladas de metal de cobalto por año en su punto máximo, cerró en 2012. La refinería Kasese en Uganda, que tradicionalmente producía unas 600 toneladas anuales de metal de cobalto, cerró definitivamente en 2013.

Pero, sin duda alguna, el mayor contribuyente a la falta de metal en el mercado del cobalto en los últimos años ha sido el re-desarrollo del proyecto Katanga, de Glencore. Antes del cierre temporal de la mina Katanga en 2015, el proyecto contribuía alrededor de 2.500 a 3.000 toneladas de metal de cobalto al mercado global en forma de cátodo en barras. Glencore cerró temporalmente el proyecto de cobre-cobalto en la RDC para renovar sus operaciones de minería, convirtiendo el circuito de cobalto para producir un hidróxido de cobalto en vez de metal de cobalto en el proceso. Buena parte de este nuevo hidróxido de cobalto ya ha sido vendido o reservado a fabricantes de baterías como CATL, para alimentar el crecimiento proyectado de la industria de los EV. De esta forma, la oferta de cobalto de Katanga ha cambiado de proveer el mercado de metal al mercado de químicos, y CRU no espera que Katanga vuelva alguna vez a la producción de metal.

La tendencia de fondo en el mercado del metal de cobalto es clara: la baja en los precios del cobre y del níquel en el período 2013-2016 han resultado en una baja continua en la disponibilidad del metal de cobalto. En comparación, la demanda de metal de cobalto ha exhibido varios años de crecimiento estable debido a la importancia del metal en los sectores aeroespacial y de superaleaciones. Por lo tanto, cuando el mercado del metal de cobalto entró a un déficit sostenido en 2016 por primera vez desde 2010, había poco que se podía hacer para volver a equilibrar el mercado con la capacidad existente.

Figura 26 Producción histórica del cobalto, 2008-2017 (toneladas de Co contenido)



Fuente: CRU

Tabla 12 Producción histórica del cobalto, 2008-2017 (toneladas de Co contenido en materia prima)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
RDC	36.793	37.253	61.362	63.729	51.978	56.493	61.444	66.031	64.514	77.637	8,7%
Australia	5.228	5.293	4.599	4.940	6.204	6.903	6.850	6.443	6.133	5.956	1,5%
Cuba	5.879	5.953	5.933	6.118	5.860	5.349	5.312	5.780	5.546	5.338	-1,1%
Filipinas	1.608	1.628	1.889	2.197	2.568	1.983	3.652	4.100	3.650	4.172	11,2%
Canadá	2.926	2.963	2.366	4.283	3.652	4.675	3.723	3.195	3.679	4.057	3,7%
Resto del mundo	20.220	20.473	21.680	23.221	22.414	25.746	26.374	27.196	25.504	22.523	1,2%
Total mundial	72.655	73.562	97.829	104.488	92.676	101.149	107.355	112.745	109.026	119.683	5,7%
% cambio anual		1%	33%	7%	-11%	9%	6%	5%	-3%	10%	

Fuente: CRU

1.2.8. Proyección de producción de cobalto

Escenario 1 - Continuidad

A continuación se entrega la proyección de CRU para la oferta de minas de cobalto hasta 2035. Para el mediano plazo, aunque hemos seguidos las pautas de producción que entregan los operadores, hemos practicado evaluaciones caso a caso para presentar proyecciones realistas a nivel de mina que toman en consideración las dificultades técnicas y demoras asociadas a cada operación.

Ya que el cobalto se extrae principalmente como subproducto, usamos nuestros modelos de costos del níquel y del cobre para proyectar posibles interrupciones en la oferta y proyectos nuevos. La oferta de los productores primarios se basa en nuestra proyección de precios del cobalto y asumimos que estos proyectos tienen cierto margen para ajustar sus volúmenes de producción basados en las necesidades globales de consumo. Es importante destacar que, si bien la mayoría de las minas tomarán decisiones basadas en el clima económico, algunas operaciones de alto costo apuntarán a producir cobalto sin importar los costos de operación.

CRU proyecta que la oferta de minas aumentará de alrededor de 150.000 toneladas en 2018 a más de 390.000 toneladas en 2035, donde la mayoría de este aumento vendrá de la RDC. Esperamos que la mayor parte del aumento en la oferta del cobalto provenga de los centros de producción existentes y del establecimiento de nuevas operaciones en la RDC y en otras áreas con producción establecida.

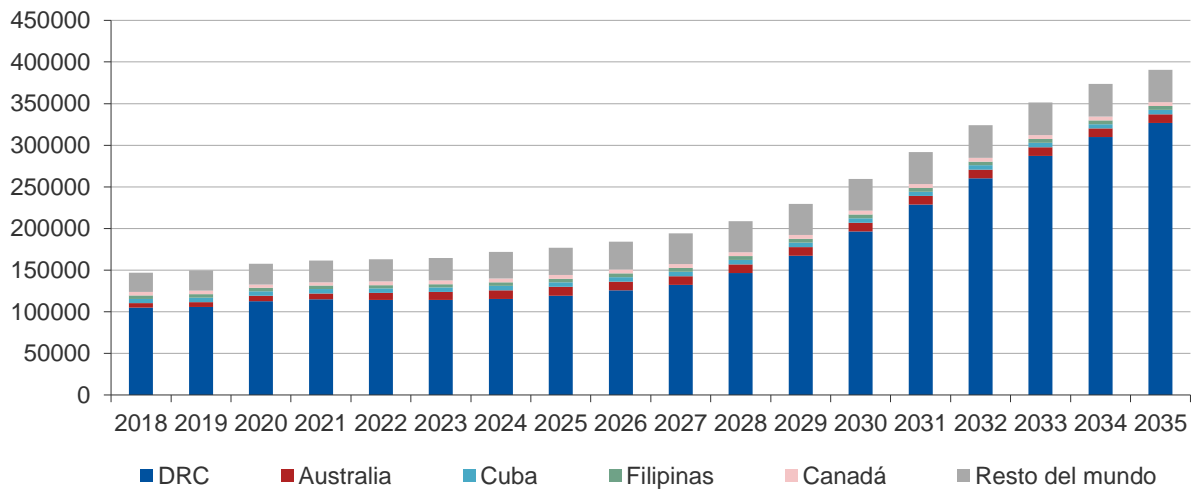
Se espera un aumento en la producción de la RDC de un 35% con respecto al año pasado, para satisfacer las demandas del sector de refinado en China. En el corto a mediano plazo, la oferta

de minas será apoyada por la introducción de proyectos nuevos, como Mutoshi, Katanga y el proyecto RTR de ERG. Más aún, hay 31 proyectos nuevos probables y posibles que se han identificado y que podrían entrar en la ecuación. Además de estos dos factores, el Fondo de Desarrollo de China-África y varios otros cuentan con una cantidad considerable de fondos disponibles para el desarrollo de recursos de importancia para la industria de manufactura en China. Esta fuente de financiamiento podría cambiar la situación en términos de oferta futura del Cinturón de Cobre de África, donde varios yacimientos conocidos podrían entrar en producción sin la necesidad de los criterios de financiamiento de países occidentales. Por lo tanto, esperamos que el alza en la producción de la RDC continúe a 6.9% de TCAC para el período 2018-2035.

Se espera que la expansión de las minas existentes y la adición de la mina Sunrise impulse la producción en Australia para el mediano plazo, llevando de 5.600 toneladas en 2018 a 10.250 toneladas en 2024. A partir de ese año se espera una producción estable hasta 2035.

Se estima que la producción del resto del mundo aumente a una TCAC del 5,9% entre 2018 y 2035. Esto se debe principalmente a la entrada en operación de nueva producción en Brasil y aumentos en la producción minera en Zambia, relacionadas a la producción del níquel y del cobre, respectivamente.

Figura 27 Proyección de producción de cobalto, 2018-2035 ('000 toneladas de Co)



Fuente: CRU

Tabla 13 Proyección de producción de cobalto, 2018-2035 ('000 toneladas de Co)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
RDC	104.877	105.850	112.750	114.750	114.150	114.150	115.450	119.350	125.744	132.231
Australia	5.606	5.806	6.506	7.116	8.406	9.506	10.247	10.497	10.397	10.397
Cuba	4.939	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322
Filipinas	4.134	4.119	4.105	4.091	4.091	4.091	4.391	4.500	4.500	4.500
Canadá	4.080	4.195	3.795	3.995	4.395	4.645	4.645	4.645	4.645	4.645
Resto del mundo	23.313	24.392	25.249	26.087	26.587	26.887	31.736	32.630	33.414	37.048
Total mundial	146.948	149.684	157.727	161.360	162.950	164.600	171.790	176.944	184.022	194.143
% cambio anual		2%	5%	2%	1%	1%	4%	3%	4%	6%

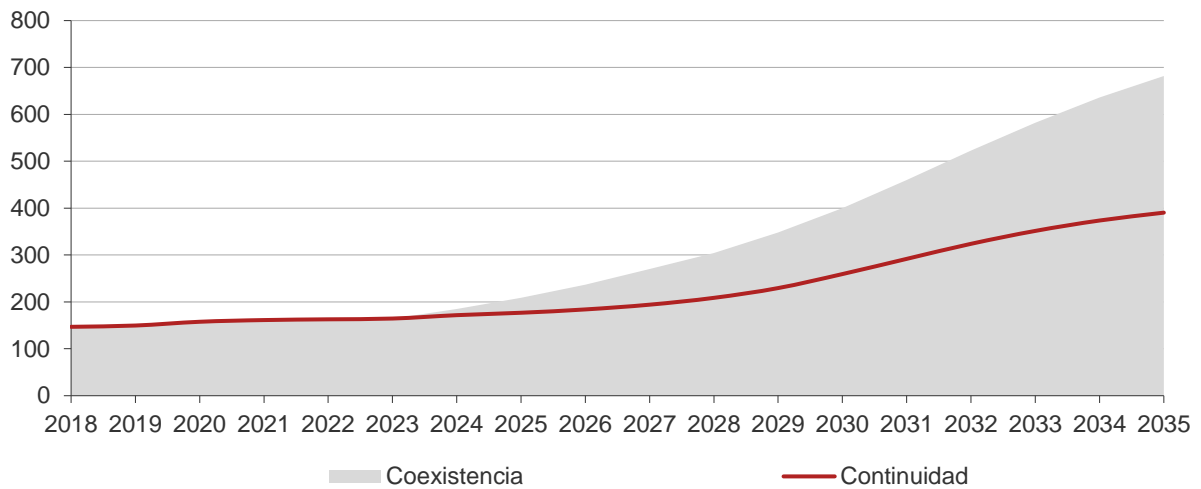
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
RDC	146.531	167.244	196.579	228.539	260.169	287.157	309.664	326.753	6,9%
Australia	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	3,7%
Cuba	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322	5.322	0,4%
Filipinas	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	0,5%
Canadá	4.645	4.645	4.645	4.645	4.645	4.645	4.645	4.645	0,8%
Resto del mundo	37.309	37.466	37.976	38.443	38.916	39.464	39.101	38.825	3,0%
Total mundial	208.704	229.574	259.419	291.846	323.949	351.485	373.628	390.441	5,9%
% cambio anual	8%	10%	13%	13%	11%	9%	6%	4%	

Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

Para el mediano plazo, se asume que la oferta no tendrá la capacidad de ajustarse a posibles cambios en la demanda gatillados por las diferencias entre el escenario Continuidad y Coexistencia. En el largo plazo, sin embargo, la oferta tendría la capacidad de reaccionar a estos cambios. Como consecuencia, en el escenario de Coexistencia vemos que la oferta se mueve de la misma manera que la demanda, es decir, aumentando considerablemente a partir de 2025-2026.

Figura 28 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto ('000t)



Fuente: CRU

Tabla 14 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto ('000t)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	147	150	158	161	163	165	172	177	184	194
Coexistencia	147	150	158	161	163	165	185	209	237	270
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	13	32	53	76

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	209	230	259	292	324	351	374	390	5.9%
Coexistencia	305	348	400	460	523	582	636	682	9.4%
Diferencia*	96	119	141	168	199	231	263	291	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

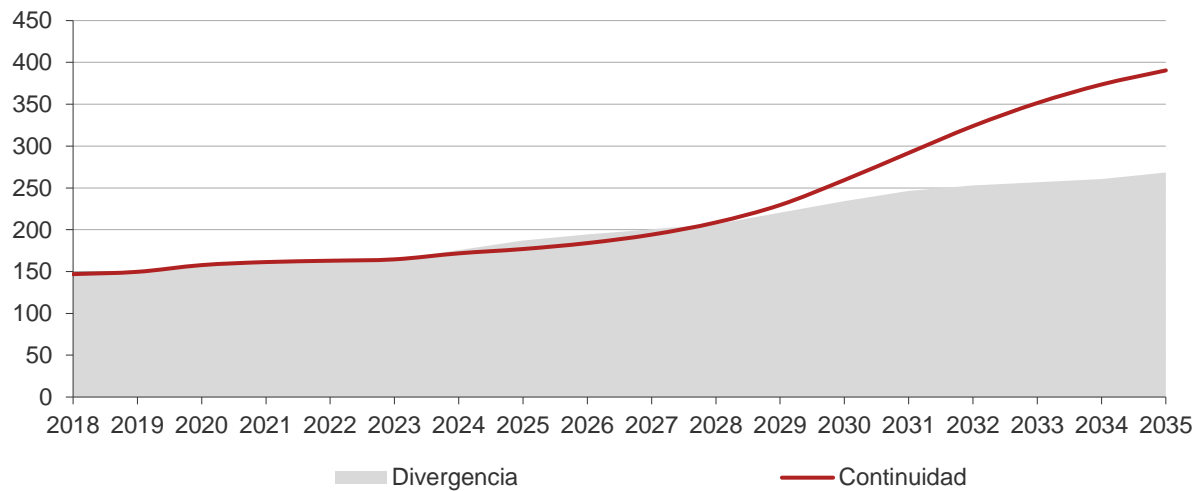
Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

Tal como para el escenario Coexistencia, en el escenario Divergencia se asume que la oferta no tendrá la capacidad de ajustarse a cambios en la demanda en el mediano plazo. Como consecuencia, la oferta en el escenario Divergencia se mantiene igual a la oferta en el escenario Convergencia entre los años 2018-2023.

En el largo plazo, sin embargo, la oferta tendría la capacidad de reaccionar a cambios en la demanda. Para el escenario Divergencia, esto significa que la oferta crece a menor tasa que en el escenario Continuidad desde 2029 en adelante.

Figura 29 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 15 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto (Mt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	147	150	158	161	163	165	172	177	184	194
Divergencia	147	150	158	161	163	165	176	187	194	200
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	4	10	10	6

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC2018-35
Continuidad	209	230	259	292	324	351	374	390	5.9%
Divergencia	206	220	234	246	253	257	260	268	3.6%
Diferencia*	-2	-9	-25	-46	-71	-95	-113	-122	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

1.3. Balance de mercado y precio del cobalto

1.3.1. Descripción de la estructura y mecanismos de precio del cobalto

Existen dos tipos de mecanismos de precios de uso extenso en los contratos de cobalto. Uno es un derivado de las Bolsas de Metales, como la LME, y el otro es una derivación de precios basada en los contactos regulares de la industria.

El mecanismo de medición de precios LME es el mismo que para otros metales que se encuentran en esta bolsa. Los contratos listados para esta medición se negocian con una prima/multa, dependiendo de la ubicación o calidad del producto transado. El precio del Metal de Cobalto LME se informa diariamente, tanto para el precio spot como para contratos a plazo (por lo general a 3 meses).

CRU desarrolla su propio precio del cobalto basado directamente en los contactos de la industria. La evaluación de precios de CRU se basa en el contacto regular con una amplia red de participantes de mercado que es constantemente revisada y expandida para asegurar un equilibrio entre compradores y vendedores. Nuestra metodología está estrictamente basada en transacciones, excluyendo todas las ofertas, licitaciones y sentimientos en nuestra evaluación. Nuestra evaluación de precios se basa en el mercado EXW de los EEUU. para un contenido mínimo de Co de 99,8%.

Otros productos de cobalto, incluyendo los productos intermedios, se refieren al precio de referencia del metal de cobalto para calcular su valor. En caso del concentrado de cobalto, la característica clave de cualquier contrato de venta para el concentrado es el porcentaje pagable de cobalto en el concentrado. Esto a menudo incluye deducciones por penalidades. Para entregas a China, los términos de venta suelen ser CIF en bodega, en puertos chinos. El flete terrestre lo suelen adoptar los procesadores.

Uno de los principales químicos de cobalto, el sulfato de cobalto, es un producto esencial para la producción de vehículos eléctricos a futuro. Este químico sigue de cerca el precio del metal de cobalto, ya que se puede convertir fácilmente desde metal de cobalto añadiendo ácido sulfúrico.

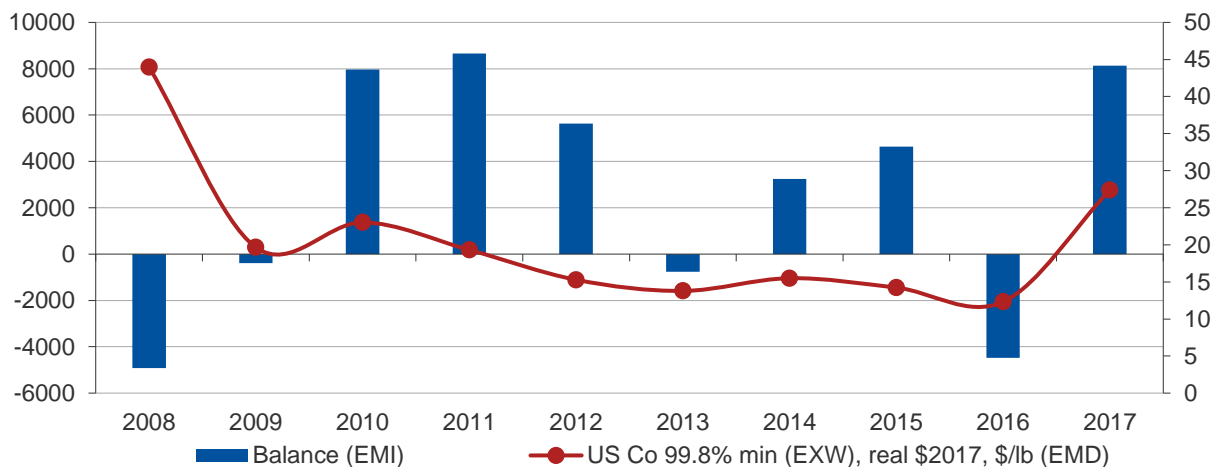
1.3.2. Balance de mercado y precio histórico del cobalto

Es importante destacar que la oferta en esta sección difiere de la oferta histórica y proyectada que se presentó anteriormente. El principal motivo de esto es que estimamos nuestra producción basados en el contenido de metal de cobalto en los concentrados y otros intermedios. Al derivar el balance de metal que se presenta a continuación, consideramos estas pérdidas de metal por

las etapas de procesamiento antes de derivar el equilibrio del mercado de cobalto. Estimamos que alrededor de un 20% del metal se pierde durante la etapa de procesamiento. Estos porcentajes han ido disminuyendo a medida que el hidróxido de cobalto se volvió más popular dado que las pérdidas de procesamiento posterior son menores. Además tomamos en consideración el reciclaje de baterías. Se espera que la producción por reciclaje aumente de forma gradual y se vuelva significativa para mediados de la década de 2020. Estos dos cambios ayudan a entregar datos comparativos con la demanda de metal de cobalto.

Los precios del mercado de cobalto tienden a ser muy volátiles debido a la interrupción de suministro en las minas de subproducto. Antes del déficit de 2017, el último déficit de mercado había ocurrido en 2008 debido a una falta de oferta en la RDC y a un aumento en la demanda en China. La crisis financiera global marcó el inicio de un periodo prolongado de exceso de oferta y los precios del cobalto cayeron rápidamente, de USD 38,5 /lb en 2008 a USD 17,3 /lb en 2009. Los precios siguieron a la baja hasta 2016, cuando Tenke Fungurume y Mutanda en la RDC bajaron su producción y una serie de operaciones de laterita de níquel y cobre-cobalto de gran escala entraron en operación. En 2016, el mercado pasó a un déficit a medida que la baja en el crecimiento de las minas y de la oferta refinada se encontró con un aumento en la demanda del sector de los EV y la anticipación de disponibilidad de mercado, empujando los precios de USD 12,1 /lb en 2016 a USD 27,4 /lb en 2017.

Figura 30 Balance de mercado y precio del cobalto, 2008-2017 (toneladas)



Fuente: CRU

Tabla 16 Balance de mercado del cobalto, 2008-2017 (toneladas)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC
Oferta	58.124	59.806	74.990	81.514	82.630	86.139	93.220	96.787	96.061	116.668	8,0%
Demanda	63.042	60.196	67.030	72.853	77.004	86.906	89.971	92.151	100.539	108.534	6,2%
Balance	-4.918	-389	7.960	8.661	5.626	-767	3.248	4.635	-4.478	8.135	

Fuente: CRU

Tabla 17 Precio del cobalto, 2008-2017, USD/lb

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC
US Co 99.8% mín. (EXW), \$2017 real	44,0	19,7	23,0	19,3	15,3	13,8	15,5	14,2	12,3	27,4	-5,1%
US Co 99.8% mín. (EXW), precio nom	38,5	17,3	20,6	17,6	14,2	13,0	14,9	13,8	12,1	27,4	-3,7%

Fuente: CRU

1.3.3. Proyección de balance de mercado y precio del cobalto

Escenario 1 - Continuidad

Nuestras proyecciones indican que la demanda de cobalto aumentará de 118.000 toneladas en 2018 a alrededor de 488.000 toneladas en 2035, un aumento de cuatro veces el mercado actual. En el escenario continuidad, la oferta global de cobalto refinado será de 491.000 toneladas, lo que representa un excedente de 3.000 toneladas para 2035. Al comparar nuestras proyecciones de demanda con nuestra proyección de oferta implica que el mercado del cobalto estará en déficit entre 2025 y 2028.

CRU espera que la expansión *greenfield* de minas en la RDC de propiedad de China, en conjunto con la oferta nueva del proyecto Katanga de Glencore y el proyecto de Reclamación de Relaves Roan (RTR) de ERG, mantendrán el mercado químico de cobalto bien suministrado para los próximos años, a medida que se desarrolla el mercado de los EV. Sin embargo, los precios seguirán con un aumento fuerte en los próximos años debido a una falta de disponibilidad de metal spot, ya que el sector de refinerías de metal de cobalto muestra una carencia de capacidad funcional.

Uno de los motivos principales para el aumento de precios a mediano plazo, a pesar de los superávits prevalentes hasta 2023 es debido a que los consumidores compran cobalto mucho antes de comenzar la producción real de baterías y vehículos. Actores financieros también tienden a acaparar parte del material en una apuesta por aumentos de precios. Esperamos que el precio aumente de USD 38,5/lb (real 2017) en 2018 a USD 43/lb (real 2017) en 2020, antes de volver a

Tabla 19 Proyección precio de mercado en 2018-2035 (USD/lb)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
US Co 99.8% mín. (EXW), \$2017 real	38,5	40,0	43,0	40,0	38,0	40,0	38,5	43,2	44,7	46,2
US Co 99.8% mín. (EXW), precio nominal	38,5	40,9	44,9	42,5	41,1	44,1	43,2	49,5	52,2	55,1
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC	
	2018-35									
US Co 99.8% mín. (EXW), \$2017 real	46,5	46,4	45,7	44,3	42,0	39,0	36,0	33,3	-0,9%	
US Co 99.8% mín. (EXW), precio nominal	56,5	57,5	57,7	57,1	55,2	52,3	49,2	46,4	1,1%	

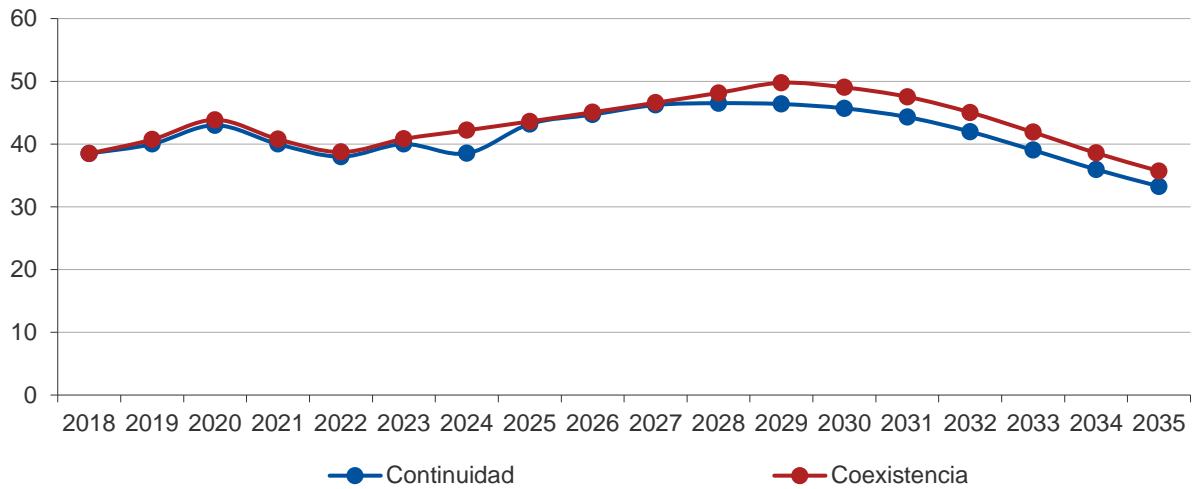
Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

En el mediano plazo, el escenario de Coexistencia tiene una demanda levemente mayor a la demanda del escenario Continuidad. La oferta se mantiene igual en ambos escenarios. Como consecuencia, el precio del cobalto en el escenario Coexistencia es levemente mayor en el escenario Continuidad durante el periodo 2018-2022.

Siguiendo la metodología de estimación de precios propia de CRU, desde 2022 en adelante se espera que el precio tienda al CMLP. El CMLP del escenario Coexistencia es determinado en base al CMLP del escenario Continuidad, la diferencia de demanda entre ambos escenarios y la elasticidad de oferta de la industria del cobalto. Tomando estos elementos en consideración, el CMLP del escenario Coexistencia en 2029 es levemente superior al CMLP del escenario Continuidad. Se espera que el precio tienda a este valor a partir del año 2023 hasta 2029. Desde 2029 en adelante, se pronostica que el precio del cobalto bajo el escenario de Coexistencia seguiría la tendencia del precio en el escenario Continuidad.

Figura 32 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto (2017 US\$/t)



Fuente: CRU

Tabla 20 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cobalto (2017 US\$/t)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	38.5	40.0	43.0	40.0	38.0	40.0	38.5	43.2	44.7	46.2
Coexistencia	38.5	40.7	43.9	40.8	38.7	40.8	42.2	43.6	45.1	46.6
Diferencia*	-	0.7	0.9	0.8	0.7	0.8	3.7	0.4	0.4	0.4

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	46.5	46.4	45.7	44.3	42.0	39.0	36.0	33.3	-0.9%
Coexistencia	48.2	49.8	49.0	47.5	45.0	41.9	38.6	35.7	-0.4%
Diferencia*	1.6	3.4	3.3	3.2	3.1	2.9	2.6	2.4	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

Fuente: CRU

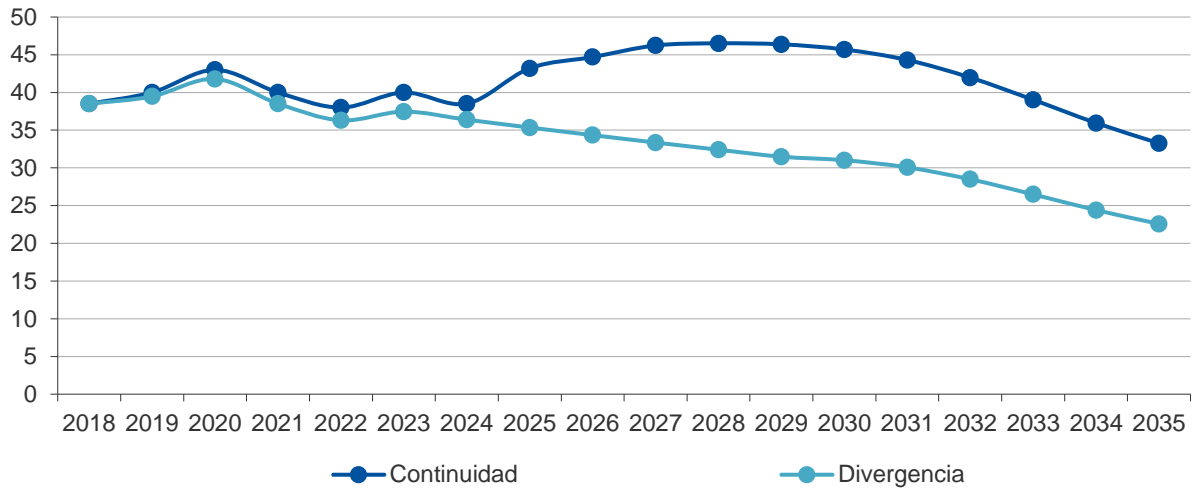
Escenario 3 – Divergencia

En el mediano plazo, el escenario Divergencia tiene una menor demanda que el escenario Continuidad los años 2018-2022. Al mantenerse la oferta en ambos escenarios, estos cambios en demanda se traducen en que el escenario Divergencia muestra menores precios que el escenario Continuidad durante este periodo de tiempo.

Al igual que en el escenario Coexistencia, para el escenario Divergencia se calculó el CMLP para determinar la tendencia que seguirían los precios a partir de 2023. En base al CMLP del escenario Continuidad, la diferencia de demanda entre ambos escenarios y la elasticidad de oferta de la

industria del cobalto, se determinó que el CMLP del escenario Divergencia es considerablemente menor al del escenario Continuidad.

Figura 33 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto (2017 US\$/t)



Fuente: CRU

Tabla 21 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para cobalto (2017 US\$/t)

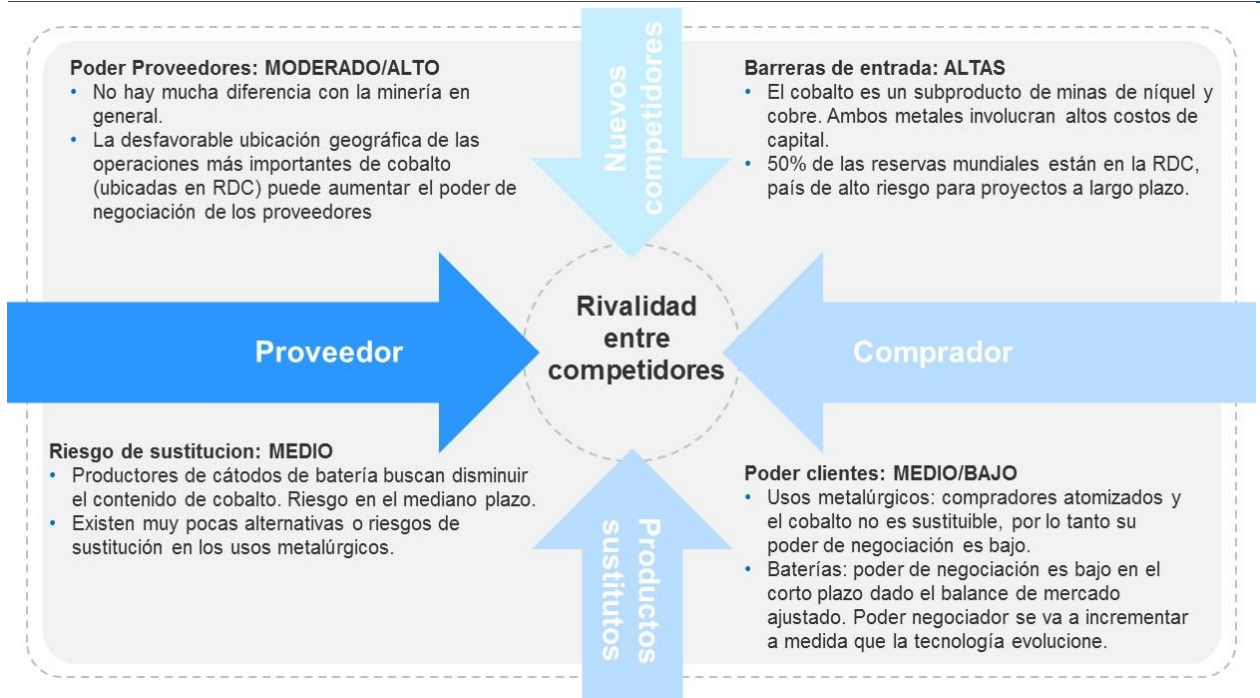
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	38.5	40.0	43.0	40.0	38.0	40.0	38.5	43.2	44.7	46.2
Divergencia	38.5	39.5	41.8	38.5	36.3	37.5	36.4	35.3	34.3	33.4
Diferencia*	-	-0.5	-1.2	-1.5	-1.7	-2.5	-2.1	-7.9	-10.4	-12.9
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35	
Continuidad	46.5	46.4	45.7	44.3	42.0	39.0	36.0	33.3	-0.9%	
Divergencia	32.4	31.5	31.0	30.1	28.5	26.5	24.4	22.6	-3.1%	
Diferencia*	-14.1	-14.9	-14.7	-14.2	-13.5	-12.5	-11.5	-10.7		

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

1.4. Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del cobalto

Figura 34 Modelo de las 5 fuerzas de Porter



Fuente: CRU

Rivalidad competitiva – Baja

El mercado del cobalto está dominado por Glencore, empresa que tiene una presencia de liderazgo en RDC y también por operaciones de níquel-cobalto en Australia y Canadá. Se espera que su presencia aumente en los próximos años debido al crecimiento de la producción de su mina cobre-cobalto Katanga en RDC. La rivalidad entre los participantes también se ve suavizada por el fuerte crecimiento que se espera en la demanda, particularmente en el sector de EV, que generará un déficit en el mediano plazo. Un tercer elemento que disminuye la presión competitiva es el hecho ampliamente discutido que el cobalto se obtiene como subproducto de cobre o níquel, por lo tanto las compañías mineras enfocarán sus esfuerzos comerciales principalmente en dichos metales.

Barreras de entrada - Altas

El cobalto es un subproducto de las minas de níquel y cobre. Por lo tanto, un productor potencial deberá producir uno de estos metales antes de pasar a la producción de cobalto. Mientras el

mercado se encuentra absorbiendo una ola de nuevos proyectos que empezaron a mediados de la década de 2000, se espera que el mercado del níquel tenga un exceso de oferta. Esto no ayuda a financiar una mina de níquel potencial.

Las minas de cobre-cobalto se concentran en la RDC. Ya que el 50% de las reservas mundiales están en la RDC y se espera que la mayoría de la oferta a futuro provenga de este país, un productor potencial también debería considerar los riesgos asociados a este país.

Riesgo de sustitución - Medio

El aumento en el precio del cobalto ha creado una urgencia entre los usuarios finales para buscar alternativas al uso del cobalto. Tomando en consideración que el aumento en los precios se debió principalmente a su aplicación en cátodos de baterías, que es una importante aplicación de uso final con una perspectiva de crecimiento fuerte, los productores de cátodos de batería anunciaron planes para cambiar a cátodos de batería con un menor uso de cobalto. Todavía existen problemas de fabricación, pero para el largo plazo los fabricantes podrían pasar a cátodos libres de cobalto, lo que reduciría dramáticamente su demanda.

Para el cobalto en usos finales metalúrgicos, las nuevas formulaciones de aleaciones por lo general demoran una cantidad considerable de tiempo en ser aprobadas para su uso en diferentes aplicaciones. Como tal, existen muy pocas alternativas o riesgos de sustitución para el cobalto en este sector.

Poder de negociación de los proveedores – Moderado/Alto

Al igual que en la mayoría de los mercados de minerales, las principales mineras de cobalto son de empresas de gran tamaño que poseen un buen poder negociador con sus proveedores. En tiempos de alta actividad, los proveedores suelen incrementar su fortaleza ante una potencial escasez de ciertos insumos críticos que pueden afectar las operaciones mineras. La desfavorable ubicación geográfica de las operaciones más importantes de cobalto (ubicadas en RDC) puede aumentar el poder de negociación de los proveedores.

Poder de negociación de los compradores – Medio/Bajo

En aplicaciones metalúrgicas los compradores suelen estar atomizados y el cobalto no es sustituible, por lo tanto su poder de negociación es bajo. En el caso de los fabricantes de baterías, su poder de negociación es bajo en el corto plazo dado el balance de mercado ajustado y la necesidad de aumentar producción para cumplir con el crecimiento acelerado de la demanda. Es lógico asumir que su poder negociador se va a incrementar a medida que la tecnología evolucione, probablemente hacia baterías con menor contenido de cobalto.

Anexo I. Glosario

A continuación, se presenta un glosario que contiene la terminología utilizada a través del estudio. Este glosario se irá actualizando a medida que se avance en el reporte.

Monedas y medidas de valor

Sigla	Significado
SKW	South Korean Won / Won surcoreano
US\$	Dólar estadounidense
US\$/t	Dólar estadounidense por tonelada

Empresas e Instituciones

Sigla	Significado
ATL	Amperex Technology Limited
BAK	BAK Battery
ERG	Eurasian Resources Group
CATL	Contemporary Amperex Technology Ltd
RDC	República Democrática del Congo
RTR	Proyecto de ERG (Roan Tailings Reclamation)
USGS	United States Geological Service / Servicio Geológico Estadounidense

Medidas de peso

Sigla	Significado
kt	Miles de toneladas
Mt	Millones de toneladas
t/ton	Tonelada

Otros

Sigla	Significado
BEV	<i>Battery electric vehicle</i> / Vehículo eléctrico de batería
CAPEX	Gastos de capital
CIF	<i>Cost, insurance and freight</i> / Coste, seguro y flete
CMC	Compuestos de matriz cerámica
EV	Vehículos eléctricos
EXW	<i>Ex Works</i> (en fábrica, lugar convenido)
FOB	<i>Free on Board</i> / Libre a bordo
HEV	<i>Hybrid Electric Vehicle</i> / Vehículos híbridos eléctricos
HS	<i>Harmonized System</i> / Sistema Armonizado
LME	London Metal Exchange / Bolsa de metales de Londres

LRMC – CMLP	<i>Long run marginal cost</i> / Costo marginal de largo plazo
MMC	Compuestos de matriz metálica
PHEV	<i>Plug-in hybrid electric vehicles</i> / Vehículos eléctricos híbridos enchufables
PIB	Producto Interno Bruto
SRMC – CMCP	<i>Short run marginal cost</i> / Costo marginal de corto plazo
SX	Extracción por solventes
TCAC	Tasa de Crecimiento Anual Compuesto
VEs	Vehículos eléctricos

Anexo II. Bibliografía

1. Global Trade Information Services. IHS Markit GTA
2. DESA/UNSD, *United Nations Comtrade database*
3. MARSHALL, Alfred. *Principles of Economics*. XVIII ed. Nueva York, Cosimo Inc, 2006.
4. U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*. 2009 – 2018. Disponible en Internet: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf>