



Cromo

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

Final 21 de diciembre de 2018

CRU Consulting



Contrato #

C-378359-003-2018

Este informe se ha proporcionado de manera privada y confidencial al cliente. No debe divulgarse por completo o por partes, directa o indirectamente o en cualquier otro formato a ninguna otra compañía, organización o individuo sin el permiso previo por escrito de CRU International Limited.

Se otorga permiso para la divulgación de este informe a las subsidiarias de propiedad mayoritaria de una compañía y su organización matriz. Sin embargo, cuando el informe se proporciona a un cliente en su calidad de administrador de una empresa conjunta o sociedad, no puede divulgarse a los demás participantes sin autorización adicional.

La responsabilidad de CRU International Limited es exclusiva con su cliente directo. Su responsabilidad se limita al monto de las tarifas efectivamente pagadas por los servicios profesionales involucrados en la preparación de este informe. No aceptamos responsabilidad hacia terceros, independientemente de cómo surja. Aunque este informe ha sido elaborado de forma diligente y cuidado razonable, no garantizamos la exactitud de ningún dato, supuesto, pronóstico u otra declaración prospectiva.

Copyright CRU International Limited 2018. Todos los derechos reservados.

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

Tabla de contenidos

1. Mercado del Cromo	1
Resumen ejecutivo de la industria de cromo	1
Introducción	2
1.1. Demanda de cromo	2
1.1.1. Determinantes de la demanda de cromo y usos finales.....	2
1.1.2. Intensidad de uso & el ciclo de desarrollo del cromo	8
1.1.3. Sustitución y elasticidad de la demanda de cromo	10
1.1.4. Demanda histórica de cromo.....	11
1.1.5. Proyección de demanda de cromo	13
1.2. Oferta de cromo	21
1.2.1. Recursos y reservas de cromo: evolución, tasas de descubrimiento, presupuesto de exploración	21
1.2.2. Métodos de extracción y procesamiento de cromo	23
1.2.3. Cadena de valor del cromo.....	23
1.2.4. Costo de capital de cromo	24
1.2.5. Comercialización del cromo.....	25
1.2.6. Producción histórica de cromo	28
1.2.7. Proyección de producción de cromo.....	31
1.3. Balance del mercado y precio del cromo	38
1.3.1. Descripción de la estructura y mecanismos de precio del cromo.....	38
1.3.2. Balance de mercado y precio histórico del cromo.....	39
1.3.3. proyección de balance de mercado y precio del cromo	41
1.3.4. Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del cromo	46
Anexo I. Glosario	49
Anexo II. Bibliografía	50

Índice de tablas

Tabla 1 Consumo mundial de mineral de cromo metalúrgico por sector de uso final, 2011-2017, (kt de mineral)	4
Tabla 2 Análisis de la elasticidad de la demanda, cromo	11
Tabla 3 Demanda histórica de cromo, kt de cromo contenido	13
Tabla 4 Proyección de la demanda de cromo, kt de cromo contenido, 2018-2035	18

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (kt)	19
Tabla 6 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (kt)	20
Tabla 7 Reservas de cromo, 2008-2017, millones de toneladas de minerales comercializables, normalizadas al 45% Cr ₂ O ₃	22
Tabla 8 Capex de las minas de cromo y de las ampliaciones de capacidad	25
Tabla 9 Importación histórica de mineral de cromo, (Mt de mineral)	27
Tabla 10 Exportación histórica de mineral de cromo, (Mt de mineral)	28
Tabla 11 Producción histórica de mineral de cromo, millones de toneladas de mineral, 2008-2017	31
Tabla 12 Proyección de producción de cromo escenario de Continuidad, 2018-2035, Mt de mineral	35
Tabla 13 C Proyección de producción de cromo escenario de Continuidad, 2017-2035, Mt de cromo contenido	36
Tabla 14 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (kt)	37
Tabla 15 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (kt)	38
Tabla 16 Balance histórico de cromo (kt de Cr contenido) y precio del mineral de cromo (US\$/t mineral sudafricano 44%, China CIF), 2008-2017	40
Tabla 17 Oferta, demanda y balance del mercado del cromo (contenido), 000 toneladas	43
Tabla 18 Proyección de precios para el mineral de cromo. US\$ real 2017	44
Tabla 19 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (2017 US\$/t)	45
Tabla 20 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (2017 US\$/t)	46

Índice de figuras

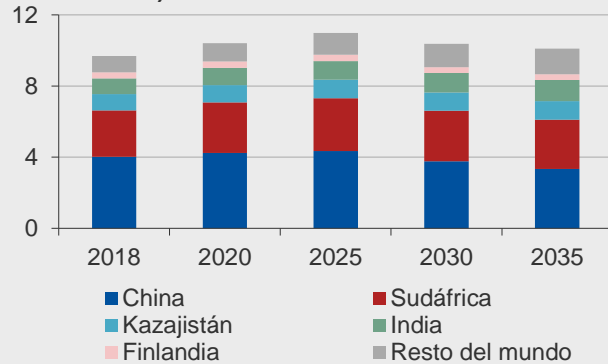
Figura 1 Producción mundial de acero inoxidable y producción de ferrocromo, (kt de producto)	3
Figura 2 Demanda por uso final; eje y: sectores de uso final; eje x: demanda total de mineral de cromo metalúrgico (kt de mineral)	4
Figura 3 Ruta de producción de los diferentes productos de cromo de grado químico	5
Figura 4 Consumo de productos de cromo químico por sectores finales	6
Figura 5 Producción de cuero grueso (kt) y ligero (mil millones de pies cuadrados).	6
Figura 6 Demanda de cromo por país, año 2017	8
Figura 7 Demanda de cromo por producto, año 2017	8
Figura 8 Intensidad de uso per cápita, 2017	9
Figura 9 Demanda histórica de cromo, kt de cromo contenido	12

Figura 10 Proyección de la demanda de cromo, 2018-2035, Mt de cromo contenido	17
Figura 11 Proyección de la demanda de cromo por país, 2018-2035, Mt de cromo contenido	17
Figura 12 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (Mt)	19
Figura 13 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (Mt)	20
Figura 14 Distribución de las reservas de mineral de cromo en 2017, millones de toneladas de 45% Cr ₂ O ₃	21
Figura 15 Presupuestos de exploración del cromo, 2008-2035 (MUS\$, real 2017)	22
Figura 16 Cadena de valor del mineral de cromo	24
Figura 17 Importación de cromo en 2017, Mt de mineral	26
Figura 18 Exportación de cromo en 2017, Mt de mineral	26
Figura 19 Participación de mercado regional de la producción de mineral de cromo, 2017	29
Figura 20 Principales empresas sudafricanas de cromo, 2017	29
Figura 21 Producción histórica de mineral de cromo, Mt de mineral, 2008-2017	31
Figura 22 Proyección de producción de cromo escenario de Continuidad, 2017-2035, Mt de mineral	34
Figura 23 Proyección de producción de cromo escenario de Continuidad, 2017-2035, Mt de cromo contenido	35
Figura 24 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (Mt)	37
Figura 25 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (Mt)	38
Figura 26 Precio histórico del mineral de cromo y balance del mercado de cromo, 2008-2017	40
Figura 27 Precio trimestral del mineral de cromo, CIF China, Sudáfrica 44% de mineral de cromo, 2012-2018	41
Figura 28 Balance de mercado del cromo (contenido) y proyección de precios del mineral de cromo	43
Figura 29 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (2017 US\$/t)	44
Figura 30 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (2017 US\$/t)	45
Figura 31 Análisis Porter	47

1. Mercado del Cromo

Resumen ejecutivo de la industria de cromo

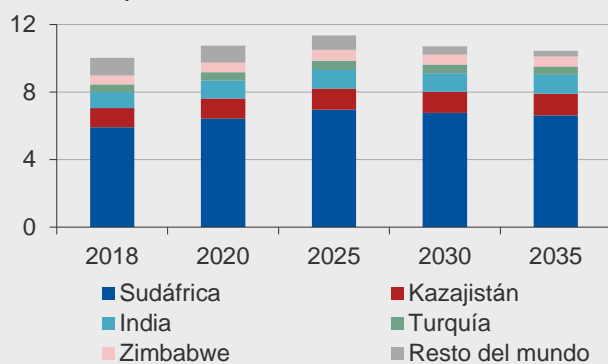
Proyección de demanda de cromo, (Mt de Cr contenido)



DEMANDA

1. Se proyecta que la demanda de cromo aumente de 9,7 millones de toneladas en 2018 a 11 millones de toneladas en 2024.
2. Se proyecta que la demanda a largo plazo disminuya gradualmente desde el máximo en 2024 hasta 10 millones de toneladas en 2035.
3. El aumento a corto y mediano plazo está impulsado por el crecimiento económico y la fuerte demanda de acero inoxidable.
4. Disminución de la demanda a largo plazo debido al aumento de la tasa de reciclaje de acero inoxidable y a la ralentización de la demanda china.
5. China seguirá siendo el mayor consumidor, pero con una participación de mercado que disminuirá de 42% a 33%. Se proyecta un aumento importante en el sudeste asiático, especialmente en Indonesia, debido al rápido aumento de la capacidad de producción de acero inoxidable.
6. La mayoría de los usos finales de los cromos de calidad química están en declive, debido a las regulaciones ambientales. Sólo el sector de las superaleaciones crecerá.

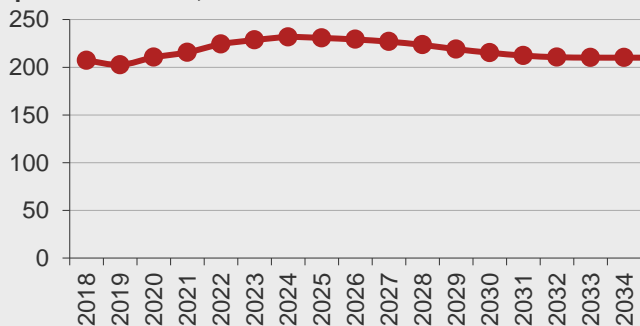
Proyección de producción, (Mt de Cr contenido)



OFERTA

1. Se proyecta que la producción de cromo aumente de 10 millones de toneladas a 11,4 millones de toneladas en 2024.
2. La producción a largo plazo también disminuirá gradualmente, desde el máximo alcanzado en 2014 hasta 10,4 millones de toneladas en 2035, tras la caída de la demanda.
3. El mercado a corto plazo seguirá con exceso de oferta. Después de 2020 se necesitará capacidad adicional.
4. Sin embargo, no existen muchos proyectos en trámite, y la mayoría de ellos han estado inactivos.
5. La producción de cromo provendrá principalmente desde Sudáfrica. Kazajistán, es la segunda fuente más importante, pero cuenta con bajo potencial de crecimiento debido a su ubicación geográfica.
6. La disminución a largo plazo ejerce presión sobre la oferta de minas convencionales de baja ley y de alto costo, y también actúa como variable disuasoria de algunas inversiones en capacidad.

Mineral cromo China CIF (44% Sudáfrica), precio real 2017, US\$/t



PRECIO

1. Se proyecta que el precio se mantenga en el nivel de \$200/t durante los próximos dos años, considerando el comportamiento del mercado a partir de la anterior alza de precios en la segunda mitad de 2016 y la primera mitad de 2017.
2. Se necesitará un precio más alto después de 2020 para incentivar una mayor producción para poder satisfacer la creciente demanda.
3. El agotamiento de los depósitos a tajo abierto y la necesidad de ampliar la capacidad de la minería subterránea (de mayor costo) también contribuirán a elevar ligeramente el precio.
4. Se proyecta que el precio alcance su máximo en torno a los \$230/t (US\$ reales en 2017). El precio real disminuirá a medida que la demanda se debilite.
5. Se espera que el precio nominal alcance los \$300/t en 2035, lo que representa una TCAC del 2,1%.
6. El exceso de oferta estructural y la persistencia de precios bajos en el pasado disuaden a las expansiones de capacidad. Esto puede ser un riesgo positivo para el precio del cromo en el futuro.

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 cromo

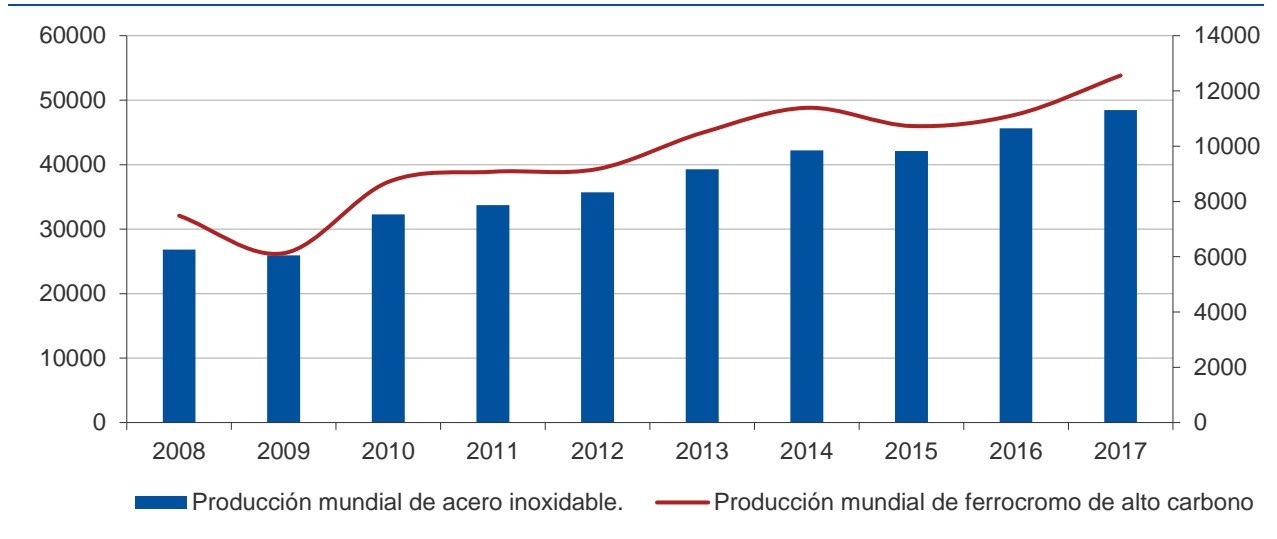
1.1.1. Determinantes de la demanda de cromo y usos finales

Las aplicaciones de uso final del cromo pueden clasificarse en tres grupos: metalúrgico, químico y de fundición. En 2017, alrededor del 94,4% del mineral de cromo se utilizó con fines metalúrgicos, principalmente para la producción de ferrocromo, que a su vez se utiliza en acero inoxidable y, en menor medida, en aleaciones de acero. El acero inoxidable y las aleaciones de acero se utilizan en varios sectores de consumo finales. En 2017, el sector final más importante fueron los artículos domésticos, ocupando aproximadamente el 36% de la demanda total. El segundo sector más grande fue el de equipos industriales (~23%), seguido por el sector de construcción (~18%), transporte (~10%) y tubos soldados (~4%). El 9% restante fue consumido en diversas aplicaciones. Estos sectores finales están impulsados principalmente por el desarrollo económico y la urbanización. Intuitivamente, a medida que los hogares se hacen más ricos, pueden adquirir más bienes de consumo y mayor cantidad de automóviles – y potencialmente más grandes. La urbanización es también un resultado del desarrollo económico, e impulsa la demanda en construcciones residenciales, comerciales y de obras civiles.

Aparte de estos factores principales, la demanda de cromo metalúrgico también se ve afectada por los cambios en las preferencias del grado del acero inoxidable. Un precio más alto de otros

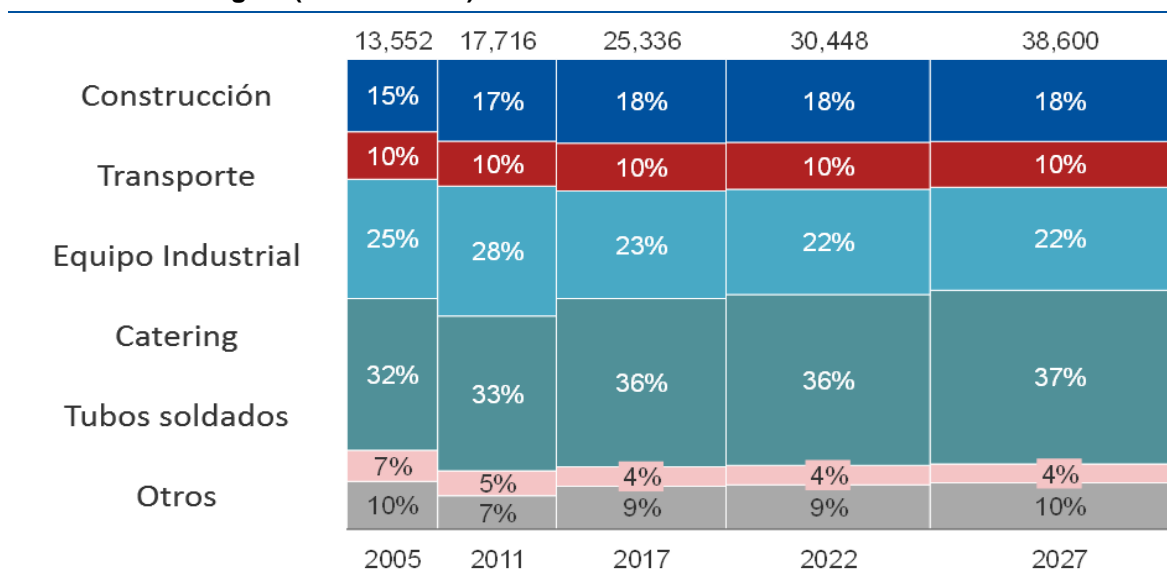
elementos de acero inoxidable (por ejemplo, níquel) puede persuadir a algunos consumidores a cambiar a un grado diferente que contenga menor cantidad de este elemento (por ejemplo, de la serie 300 a la serie 200 o a la serie 400 sin contenido de níquel), si no existen dificultades técnicas en esta sustitución. Esto también afecta a la demanda de cromo, ya que el contenido de cromo difiere en las diferentes series de acero inoxidable.

Figura 1 Producción mundial de acero inoxidable y producción de ferrocromo, (kt de producto)



Fuente: CRU

Figura 2 Demanda por uso final; eje y: sectores de uso final; eje x: demanda total de mineral de cromo metalúrgico (kt de mineral)



Fuente: CRU

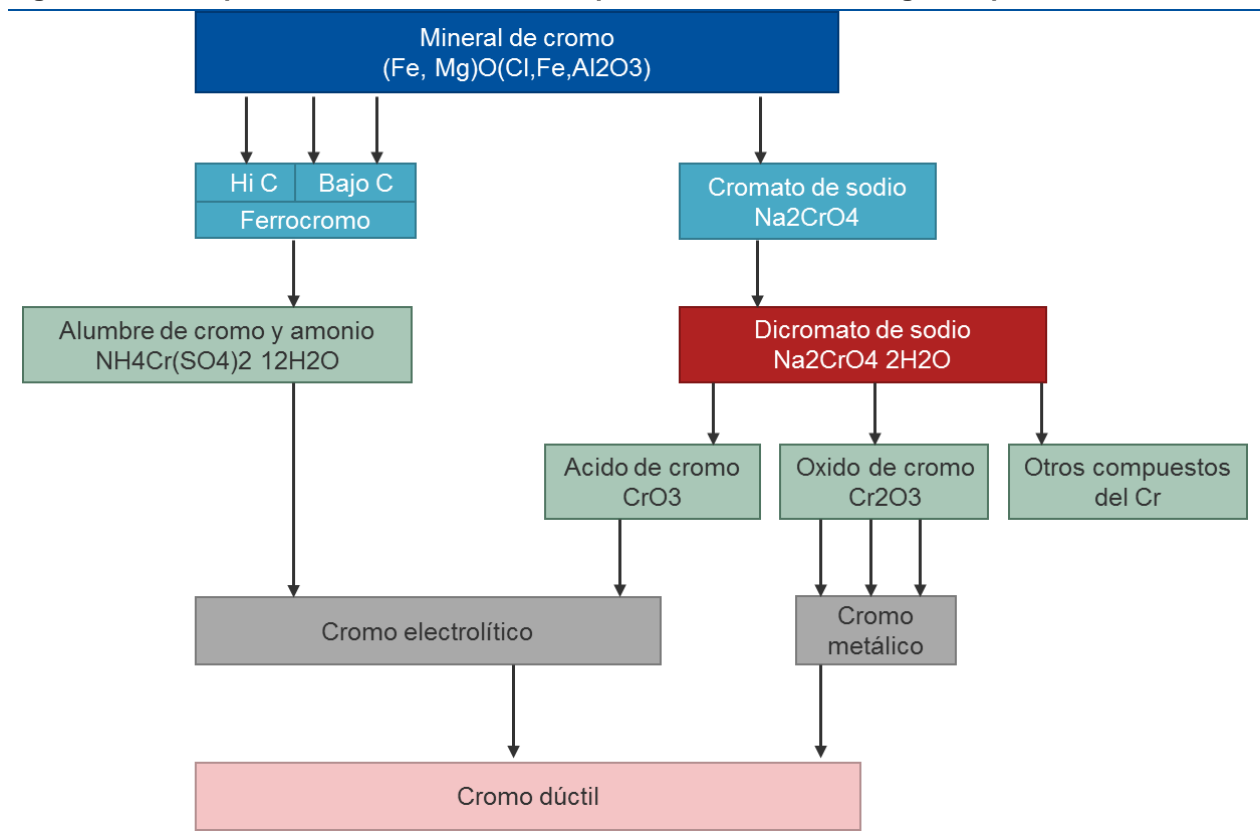
Tabla 1 Consumo mundial de mineral de cromo metalúrgico por sector de uso final, 2011-2017, (kt de mineral)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
(‘000t)							
Construcción	3.088	3.362	3.742	3.954	3.998	4.374	4.522
Transporte	1.692	1.875	2.050	2.169	2.240	2.456	2.585
Equipos industriales	4.895	5.066	5.217	5.617	5.543	5.684	5.802
Alimentación y Productos Domésticos	5.841	6.394	7.263	7.731	7.798	8.688	9.067
Tubos Soldados	943	908	1.048	1.080	1.015	1.061	1.055
Otros	1.258	1.236	1.559	1.695	1.770	2.113	2.307
TOTAL	17.716	18.840	20.879	22.247	22.363	24.375	25.336
% participación							
Construcción	17%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
Transporte	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Equipos industriales	28%	27%	25%	25%	25%	23%	23%
Alimentación y Productos Domésticos	33%	34%	35%	35%	35%	36%	36%
Tubos Soldados	5%	5%	5%	5%	5%	4%	4%
Otros	7%	7%	7%	8%	8%	9%	9%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: CRU

La demanda de mineral de cromo de calidad química representa el 2,6% del consumo mundial de mineral de cromo. La industria químicos elabora una amplia gama de productos a base de cromo derivados de mineral de cromo de calidad química. El primer producto en el proceso de cromo de grado químico es el cromato de sodio, que luego se convierte en dicromato de sodio. El dicromato de sodio (DS) posee algunas aplicaciones directas y también se utiliza como punto de partida para la fabricación de todos los demás compuestos de cromo. El diagrama de flujo que especifica la ruta de producción de los diferentes productos químicos de cromo se muestra a continuación.

Figura 3 Ruta de producción de los diferentes productos de cromo de grado químico

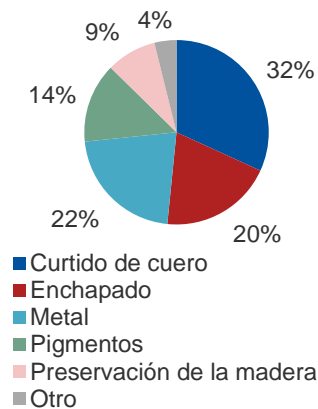


Fuente: CRU

El mercado mundial de productos de cromo de grado químico se estima en torno a 720-740.000 t de DS equivalente. El mayor uso de productos de cromo químico es el sulfato de cromo básico en la industria del curtido de pieles, que representa alrededor del 32% del consumo total de productos cromo químico. El segundo mayor uso de productos cromo químico es la industria del revestimiento (como ácido de cromo), que representa el 20% del mercado químico. Esto incluye

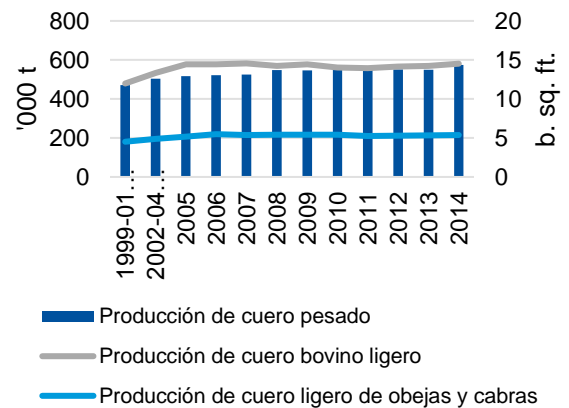
aplicaciones como el cromado decorativo y el cromado duro para requerimientos de ingeniería. Los pigmentos representan otro 14% de la demanda.

Figura 4 Consumo de productos de cromo químico por sectores finales



Fuente: CRU

Figura 5 Producción de cuero grueso (kt) y ligero (mil millones de pies cuadrados).



Fuente: CRU, FAO

Otros compuestos químicos del cromo son el cloruro de cromo químico (utilizado principalmente en medicina y aditivos alimentarios, así como en la extracción de petróleo y gas), el hidróxido de cromo (utilizado en la preparación de catalizadores), el dicromato de potasio (utilizado principalmente en la fabricación de fósforos, electrodos de soldadura, reactivos químicos) y el cromato de sodio (utilizado en tinturas). Estas aplicaciones juntas consumen alrededor del 10% de los productos cromo químico.

El óxido de cromo puro (de calidad química) también se utiliza para la fabricación de cromo metal, que a su vez tiene importantes aplicaciones en superaleaciones en las industrias de ingeniería avanzada. La fabricación de metales representa el 22% del consumo de cromo de calidad química.

Excepto la demanda de superaleaciones, otros usos finales de los productos químicos de cromo se enfrentan a las presiones de problemas ambientales, regulaciones gubernamentales y riesgos de sustitución. Esto se debe principalmente al cromo hexavalente, que es un material peligroso formado en el proceso de curtido y utilizado en el cromado duro. Algunos pigmentos de cromo (especialmente el "amarillo de cromo") también se encuentran regulados y prohibidos en diferentes regiones debido a su contenido de plomo. Por lo tanto, no se proyecta que ninguno de estos sectores finales crezca.

Las superaleaciones es el único sector final que puede experimentar un crecimiento en la demanda de productos químicos de cromo. La creciente producción industrial, especialmente en los sectores aeroespacial y de generación de energía, será el principal motor.

Finalmente, en 2017 el mineral de cromo para fundición representaba el 3% restante del consumo de cromo. El cromo para fundición se utiliza principalmente como arenas de fundición y como arenas para toberas en plantas de acero. La mayor diferencia entre la calidad de fundición y la calidad química está en las especificaciones físicas. El material de fundición se clasifica por su número de finura del grano AFS, un valor calculado a partir del porcentaje de material retenido en cada tamiz en el rango de 900 y 100 micras. Los números de AFS entre 25 y 65 están disponibles en el mercado, y los valores más altos representan una distribución de arena más fina. La selección de un rango específico de AFS dependerá de la densidad de empaquetamiento requerida y de la permeabilidad de la arena, lo que llevará al acabado superficial requerido de las piezas fundidas.

En términos de uso final, el mineral de cromo para fundición tiene tres aplicaciones principales:

- Arenas de fundición para fundición, que es el mercado más grande, con un 40-50% demanda de cromo para fundición.
- Arena para toberas, 40-50% del consumo total
- Ladrillos refractarios y otras aplicaciones, ~5% del consumo total.

Cabe destacar que el cromo refractario se produce a pedido de la industria manufacturera, y en algunos casos se clasifican como una aplicación separada. Sin embargo, el volumen es muy pequeño. Clasificamos el cromo refractario como un subgrupo de cromos de fundición para mayor comodidad y claridad.

También se consumen volúmenes pequeños en la industria del vidrio, pero son muy pequeños en volumen. La industria del vidrio también utiliza un producto de escoria granulada, especialmente de los productores de ferrocromo de la India y Sudáfrica, aunque esto depende de la composición química de la escoria.

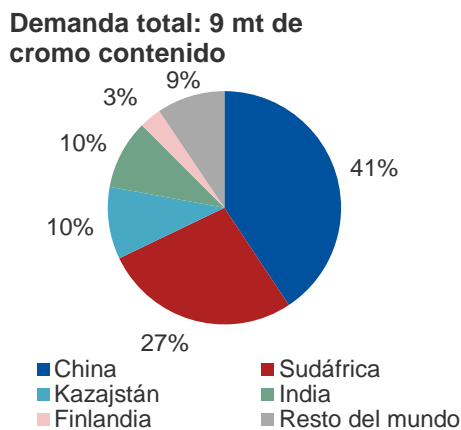
La demanda de productos para fundición está impulsada principalmente por la producción de fundición (para la arena de fundición) y la producción de acero y otros metales (arena para piqueras y ladrillos refractarios).

Ya que aproximadamente el 95% del cromo es de calidad metalúrgica, utilizado principalmente (>90%) en la producción de ferrocromo para acero inoxidable, los principales consumidores de

mineral de cromo son también importantes productores de ferrocromo. China es actualmente el país con la mayor demanda, representando el 41% de la demanda de mineral de cromo. Sudáfrica ocupa el segundo lugar, con el 27% de la demanda total de mineral. Le siguen Kazajstán y la India, casi a la par, con un 10% cada uno, y Finlandia representa el 3% de la demanda.

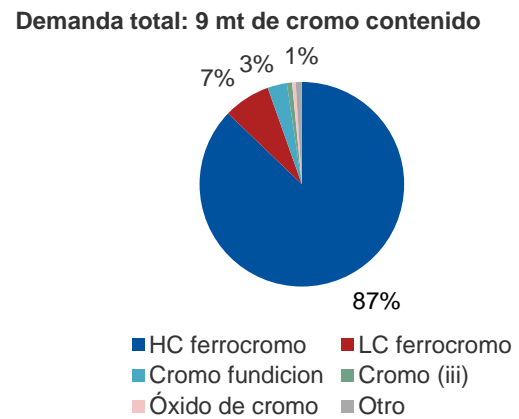
El consumo de cromo en 2017 por país y por producto se muestra en las siguientes figuras. Aquí HC ferrocromo y LC ferrocromo denotan ferrocromo con alto contenido de carbono y ferrocromo con bajo contenido de carbono respectivamente por sus siglas en inglés. Estos se utilizan en la producción de acero inoxidable y aleaciones de acero. El cromo (III) denota el sulfato de hidróxido de cromo, que se utiliza principalmente en el curtido de cueros. El óxido de cromo se utiliza para la producción de metales. Ambos se contabilizan en la sección anterior de productos de cromo químico.

Figura 6 Demanda de cromo por país, año 2017



Fuente: CRU

Figura 7 Demanda de cromo por producto, año 2017



Fuente: CRU

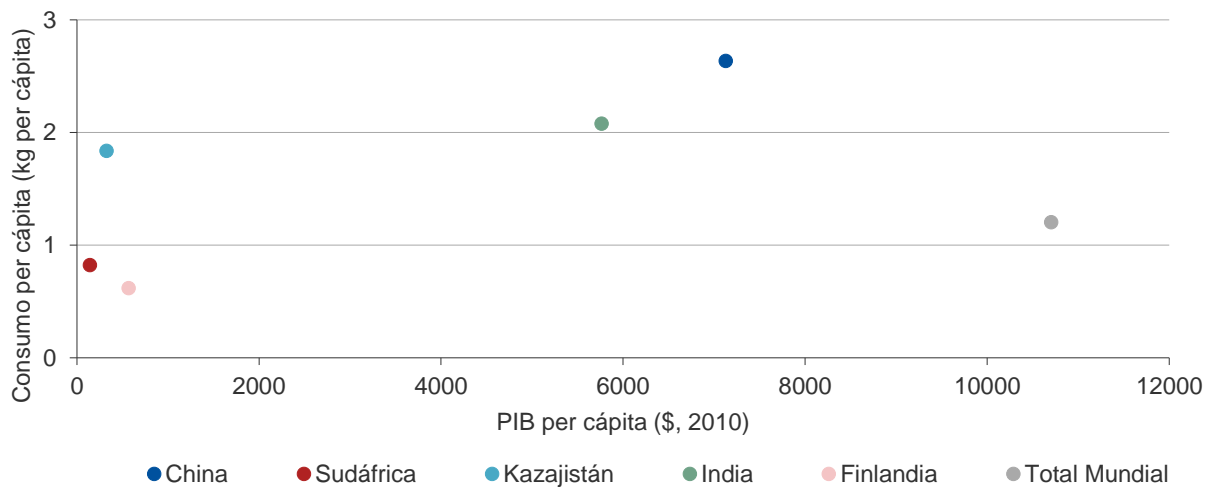
1.1.2. Intensidad de uso & el ciclo de desarrollo del cromo

La intensidad del uso del cromo se refiere a la relación entre el consumo total de cromo, la población total y su poder adquisitivo, y puede interpretarse como el consumo medio de cromo per cápita contra el PIB per cápita. Como se ha explicado anteriormente, la mayor parte del consumo de cromo se utiliza en acero inoxidable, y la demanda de acero inoxidable está impulsada principalmente por el desarrollo económico. Por lo tanto, se espera que exista también una clara relación entre el PIB per cápita y el consumo de cromo per cápita. Intuitivamente, un

mayor desarrollo económico lleva a un mayor consumo de acero inoxidable, lo que a su vez lleva a un mayor consumo de ferrocromo y, por lo tanto, a un mayor consumo de mineral de cromo.

Sin embargo, las regiones en las que el cromo se consume realmente (para el producto intermedio, el ferrocromo) no son necesariamente las mismas que en las que se consume finalmente (como producto final, el acero inoxidable). Un consumidor grande de acero inoxidable puede satisfacer toda su demanda de ferrocromo a través de la importación. No puede producir ferrocromo de ninguna manera. Del mismo modo, un consumidor grande de cromo puede exportar casi toda la producción de ferrocromo. Por lo tanto, el mapeo del consumo directo de cromo en relación con el PIB per cápita no podría generar un resultado significativo, ya que este último no puede ser el motor directo del primero, debido al mencionado desajuste en las regiones. Por lo tanto, debemos utilizar el PIB per cápita y la intensidad de cromo de los consumidores finales para analizar la intensidad de uso del cromo.

Figura 8 Intensidad de uso per cápita, 2017



Fuente: CRU

La proyección del futuro consumo de acero inoxidable se basa en regresiones econométricas de la intensidad de uso del acero inoxidable en el PIB per cápita. Esto se traduce entonces en una demanda de producción de ferrocromo (basada en la comercialización de ferrocromo), y finalmente en una demanda de mineral de cromo.

1.1.3. Sustitución y elasticidad de la demanda de cromo

Sustitución

Existe un bajo riesgo de sustitución de la demanda metalúrgica de cromo, ya que el cromo es esencial para las propiedades del acero inoxidable. Sin embargo, como el acero inoxidable es altamente reciclable, el mineral de cromo metalúrgico puede ser sustituido por chatarra reciclada.

La demanda química de cromo se enfrenta a una mayor presión por parte de la protección del medio ambiente y al consiguiente fomento de la sustitución, como se explica en la sección 1.1.1. Entre los principales usos finales del producto químico del cromo, los pigmentos, la madera y el revestimiento presentan el mayor riesgo de sustitución, mientras que las superaleaciones y el curtido (aunque con escaso crecimiento) presentan los menores riesgos.

La demanda de la fundición por el cromo se enfrenta a una situación similar a la de la demanda metalúrgica: el riesgo de sustitución proviene del reciclaje y de potenciales materiales alternativos. Sin embargo, las alternativas actuales siguen siendo los compuestos que contienen cromo: hasta ahora, ningún sustituto sin cromo puede satisfacer todos los requisitos técnicos.

Elasticidad de la demanda

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" (donde se presentó por primera vez el concepto de elasticidad precio de la demanda, en 1890) 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.

Tabla 2 Análisis de la elasticidad de la demanda, cromo

Factor de análisis	Características específicas del Chrome
Usos principales	Acero Inoxidable
Baja sustituibilidad	Si. El cromo no se puede reemplazar en el acero inoxidable. La sustitución del mineral de cromo proviene principalmente del reciclaje de acero inoxidable.
Participación de bajo valor	Si. El costo del mineral de cromo representa entre el 3 y el 5% del costo del acero inoxidable (dependiendo de la ley). Sin embargo, es un costo importante en el producto intermedio (ferrocromo).
Baja elasticidad de la oferta de sustitutos	Si
Baja elasticidad precio final	Si

Fuente: CRU

1.1.4. Demanda histórica de cromo

Principales consumidores por actividad económica en los últimos diez años

Tal como se plantea en la sección “**Determinantes de la demanda de cromo y usos finales**” de este reporte, los principales sectores económicos ligados al consumo de cromo pueden clasificarse en tres grupos: metalúrgico, químico y de fundición.

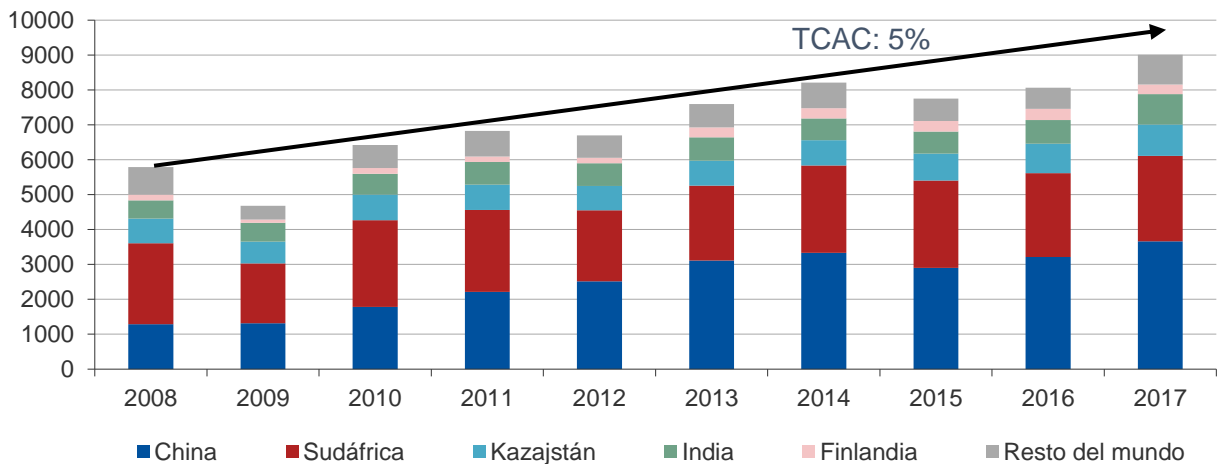
Principales países y/o regiones consumidoras de cromo

En esta sección se presentan los principales países y/o regiones consumidoras de cromo 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 consumo histórico de cromo ha crecido de forma constante, pasando de 5,8 millones de toneladas (cromo contenido) a 9 millones de toneladas en 2017, con una TCAC del 5%. Este crecimiento es impulsado principalmente por un fuerte crecimiento en la demanda de cromo metalúrgico, que, a su vez, es impulsado principalmente por la demanda de acero inoxidable. De 2008 a 2017, la TCAC de la demanda de cromo metalúrgico es del 5,7%. La demanda de cromo de fundición ha crecido a un ritmo moderado, en torno a una TCAC del 1%. La única aplicación que experimenta un fuerte declive son los productos químicos de cromo. En 2012 se produjo un descenso significativo de su consumo. Esto debido a una propuesta de prohibir siete compuestos de cromo en la UE, incluidos el trióxido de cromo, el ácido crómico, el cromato de sodio y potasio y el cromato de sodio. Además, la UE decidió prohibir las soluciones de cromo hexavalente en el revestimiento decorativo. El mercado respondió rápidamente en 2012, y no se prevén nuevas acciones significativas, ya que se habían realizado todas las sustituciones necesarias.

También existe una pequeña ciclicidad en el consumo total de cromo, excepto en la recesión de 2008-2009. Esta ciclicidad se debe principalmente a la demanda de cromo metalúrgico que fluctúa en torno a su trayectoria de crecimiento. Sin embargo, la menor contracción en 2012 fue causada por la prohibición de los productos químicos de cromo, como se explicó anteriormente.

Figura 9 Demanda histórica de cromo, kt de cromo contenido



Fuente: CRU

Tabla 3 Demanda histórica de cromo, kt de cromo contenido

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cromo metalúrgico	5144	4212	5881	6175	6291	7117	7724	7264	7564	8497
Productos químicos de cromo	395	277	298	379	162	217	221	225	229	233
Fundición de cromo	253	195	241	269	244	261	267	265	270	275
Total	5792	4684	6420	6823	6697	7595	8212	7754	8063	9006
% Cambio anual		-19%	37%	6%	-2%	13%	8%	-6%	4%	12%

Fuente: CRU

1.1.5. Proyección de demanda de cromo

Escenario 1 – Continuidad

Proyectamos que la demanda de cromo (en cromo contenido) aumentará de 9,3 Mt en 2017 a 10,3 Mt en 2022, con una TCAC del 3,6%. Esto se verá impulsado principalmente por la demanda de cromo metalúrgico. La demanda total de cromo seguirá aumentando hasta 10,4 Mt en 2024, para luego disminuir gradualmente hasta 9,4 Mt en 2035.

En cuanto a la división regional, se proyecta que China disminuya su consumo de 42% del total global al 33% en 2035. Esto es causado por el cambio estructural que está ocurriendo en la industria del ferrocromo en China. En su anterior expansión de capacidad, muchos proyectos de alto costo se pusieron en marcha, a pesar de no ser competitivos. Sin embargo, a medida que la economía china se desacelera y el gobierno comienza a consolidar este sector, es probable que esas plantas de alto costo se cierren en el futuro. Este proceso se ve impulsado por nuevos proyectos en Indonesia, que disfrutaban de costos muy bajos. Por lo tanto, proyectamos un aumento de la participación en la demanda de cromo en Asia excluyendo China, principalmente en el sudeste asiático (como "Resto del mundo" en **Figura 11**), India, Sudáfrica y Kazajstán. Mientras que la demanda del sudeste asiático está impulsada por plantas integradas de acero inoxidable, que se benefician de la baja oferta de níquel y de la energía barata, otras regiones se benefician de la abundante oferta local de mineral de cromo. El análisis de los costos de los productores de ferrocromo revela que el costo de las materias primas es el elemento de costo más importante en su desglose. Estar cerca del suministro de cromo puede reducir el costo de la materia prima. Una explicación más detallada se proporciona más adelante en esta subsección.

Como se discutió en la subsección anterior, la demanda de cromo es impulsada por tres aplicaciones. La proyección de caso base analiza estas tres aplicaciones según sus respectivos usos finales por separado.

Las perspectivas para la producción de acero inoxidable siguen siendo positivas a corto y mediano plazo, apoyadas por el crecimiento de los ingresos en las economías en desarrollo, las fuertes expectativas de crecimiento en la mayoría de los sectores de uso final y el bajo riesgo de sustitución. Proyectamos que aumente de 48,5 Mt en 2017 a 59,1 Mt en 2022, con una TCAC del 4%. CRU espera que se estabilice este aumento a mediano plazo. Esto se debe al hecho de que la intensidad del consumo de acero inoxidable en China ya es muy alta y, con el tiempo, alcanzará su punto máximo. La creciente demanda india compensará parcialmente los descensos en otras regiones, haciendo que la producción de acero inoxidable se mantenga relativamente estable a largo plazo.

La demanda de ferrocromo ha sido respaldada por el crecimiento de la producción de acero inoxidable. Sin embargo, se proyecta que tenga un rendimiento ligeramente inferior al de la producción de acero inoxidable. Esto se debe principalmente al aumento del reciclaje de acero inoxidable, especialmente de China, debido a su creciente parque de chatarra. Se proyecta que este efecto tendrá un pequeño impacto a corto plazo, ya que la mayoría de los productos de acero inoxidable consumidos en China aún no han llegado al final de su vida útil. Además, China exporta productos que contienen acero inoxidable. Esto se debe a que en la actualidad China no diferencia los desechos de acero, por lo que resulta muy difícil distinguir entre las distintas calidades de acero inoxidable para su reciclado.

Sin embargo, la tasa de reciclado debería aumentar a largo plazo, ya que China se enfrenta a un parque de chatarra de rápido crecimiento y avanza hacia una economía cíclica. Proyectamos que China alcanzará la misma proporción de reciclaje que el nivel actual en Japón, lo que representa una tasa de reciclaje de más del doble. Se proyecta que Japón alcance la misma tasa de reciclaje que el nivel actual en Europa Occidental, mientras que Europa Occidental y EEUU se acercarán al equilibrio a largo plazo. El aumento general del uso de chatarra hace que el bajo rendimiento del ferrocromo en la producción de acero inoxidable sea, por consiguiente, mayor. Por lo tanto, CRU proyecta que la producción de ferrocromo tenga una tasa de crecimiento menor, con una TCAC del 3,5%, desde los 12,6 Mt actuales a 14,9 Mt en 2022, alcanzando el máximo de consumo de 15,1 Mt en 2024, y disminuyendo gradualmente a 13,5 Mt en 2035, a medida que el reciclaje comienza a pesar a partir del mediano plazo.

Basándose en la proyección de producción de ferrocromo, se espera que la demanda de cromo metalúrgico crezca de las actuales de 9 Mt hasta 10,4 Mt en 2022, y de nuevo a 9,4 Mt en 2035. Este aumento provendrá principalmente del sudeste asiático (especialmente en Indonesia) y no de China, como se ha explicado anteriormente. Otros países como Sudáfrica (que actualmente

se beneficia de un débil Rand), Omán (energía barata y producción local de cromo) y Zimbabue (producción local de cromo) también experimentarán la producción de ferrocromo.

La principal razón por la que es probable que Indonesia vea un aumento importante de la capacidad de ferrocromo y, por tanto, de la demanda de mineral de cromo, es el bajo costo de producción. Es probable que sus nuevos proyectos sean operaciones totalmente integradas, como la planta de Tsingshan de 3 Mtpa en Sulawesi. Estas plantas integradas disfrutaron de los beneficios de las unidades de níquel de bajo costo cercanas y de plantas eléctricas cautivas. Dadas las ventajas de costo tan obvias, se espera que más proyectos NPI sigan este modelo. Además de Tsingshan en el polígono industrial de Morowali, se esperan otros posibles proyectos de plantas de acero inoxidable en Konawe (Sudeste de Sulawesi) para Delong y Halmahera Este para Wanxiang y PT Antam. Delong anunció recientemente una inversión de US\$ 950 millones en Morowali, con una capacidad de producción de 3,5 Mt. Estas nuevas plantas impulsarán la demanda indonesia de mineral de cromo.

A diferencia de la demanda de cromo metalúrgico, se espera que la demanda de productos cromo químico experimente sólo crecimientos moderados. El curtido del cuero, el mayor uso final, no ha experimentado casi ningún crecimiento en las últimas dos décadas. Durante el período 1999 - 2016, la producción de cuero pesado creció a una tasa del 1%. La producción de cuero ligero se mantiene casi sin cambios. Basándose en los datos históricos, se espera que la demanda de cromo para el curtido de pieles crezca a un ritmo constante del 1%.

La demanda de cromo en aplicaciones de revestimiento se enfrenta a un crecimiento similar. Esto se debe principalmente a las regulaciones más estrictas sobre el uso de varios compuestos de cromo, como se explicó anteriormente. Los gobiernos también están fomentando el desarrollo de sustituciones del cromo en los revestimientos. Por lo tanto, proyectamos una tasa de crecimiento menor de 1,5% para el corto plazo (2017-2022) y de 1% para el mediano y largo plazo, ya que es más probable que sea sustituida a largo plazo.

De manera similar, debido a regulaciones más estrictas (especialmente la prohibición del amarillo de cromo), se espera que el uso final del pigmento de cromo disminuya. Se prevé un crecimiento negativo del 3% para 2017-22 y negativo del 2% a mediano y largo plazo.

El único sector de uso final que experimentará un crecimiento no trivial es el sector del metal cromado. Proyectamos una fuerte perspectiva de crecimiento en el sector aeroespacial, impulsado por la región de Asia - Pacífico. Según Bombardier, se espera que el tamaño de la flota mundial crezca a una TCAC del 4% para el periodo 2017-35. En consecuencia, se espera que la

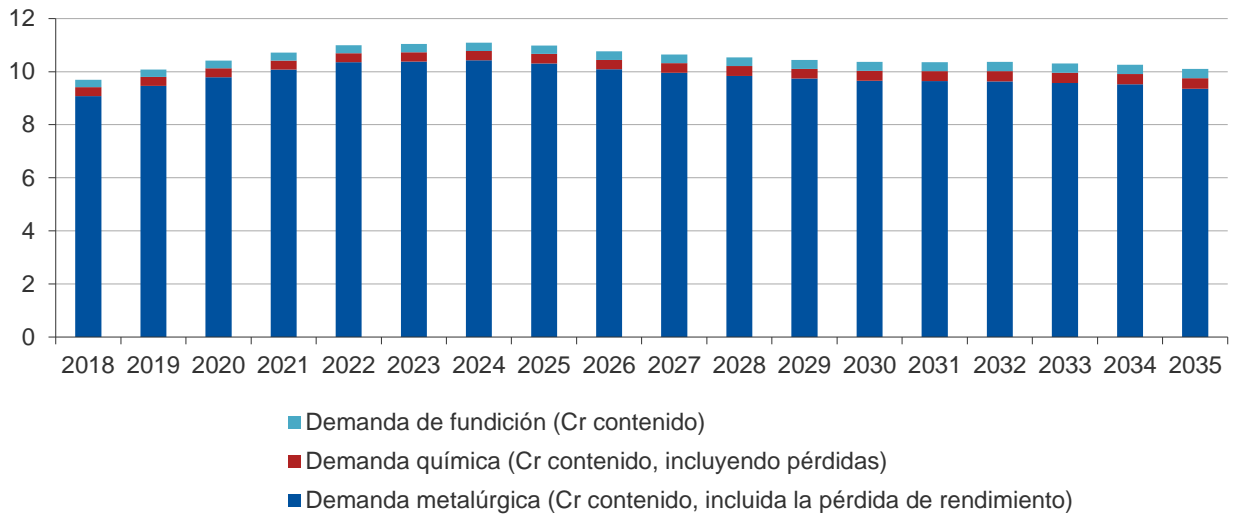
demanda de metal cromado crezca a una TCAC del 3% en el período 2017-22 y del 2,5% en el período 2022-2035.

Finalmente, se prevé que el mineral de cromo para fundición crezca a una TCAC de 2,1% en el periodo 2017-22, y 1,4% en el largo plazo. Esto se debe a una combinación de la recuperación cíclica de la economía mundial y los sólidos aumentos de la producción en la fundición y el acero, sobre todo fuera de China (que se espera que alcance su punto máximo a mediados y finales de 2020).

La industria siderúrgica a nivel mundial ha experimentado una recuperación de la demanda y de los márgenes en los últimos 18 meses, como consecuencia de los recortes de la producción a gran escala y aparentemente permanentes en China y de un crecimiento de la demanda mayor de lo esperado a nivel mundial. Esto coincide con la mejora de los índices de utilización, lo que hará que se centre la atención en una mayor productividad. Estas tendencias llevan a un impacto positivo en la demanda de mineral de cromita para fundición de las aplicaciones refractarias y de arena para toberas. La demanda también se verá respaldada por la mejora de las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores siderúrgicos en China, lo que se espera que resulte en un mejor uso de la arena cromita para las operaciones de las piqueras.

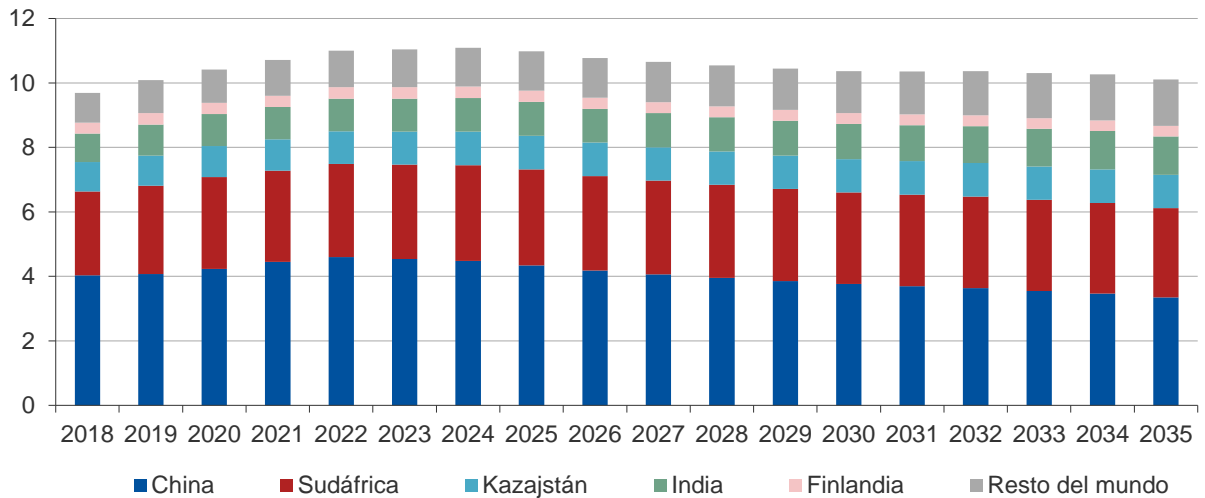
Al igual que el mineral de cromo metalúrgico, la arena de fundición es generalmente reciclada y reutilizada a través de múltiples ciclos de producción. El grado de reciclaje de la arena de fundición varía según la región. Basado en la retroalimentación de los participantes del mercado, generalmente se cree que el reciclaje de arena cromita ha alcanzado un punto de saturación natural con las tecnologías y prácticas actuales, lo que sugiere un impacto potencial limitado en la demanda en el futuro.

Figura 10 Proyección de la demanda de cromo, 2018-2035, Mt de cromo contenido



Fuente: CRU

Figura 11 Proyección de la demanda de cromo por país, 2018-2035, Mt de cromo contenido



Fuente: CRU

Tabla 4 Proyección de la demanda de cromo, kt de cromo contenido, 2018-2035

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
China	2.606	2.740	2.853	2.837	2.889	2.928	2.971	2.972	2.934	2.910
Sudáfrica	879	962	988	1.002	1.008	1.022	1.037	1.048	1.048	1.057
Kazajistán	4.028	4.073	4.228	4.445	4.598	4.536	4.478	4.345	4.179	4.062
India	337	351	354	354	354	355	357	353	346	343
Finlandia	916	937	963	965	1.016	1.029	1.044	1.045	1.035	1.033
Resto del mundo	928	1.021	1.031	1.111	1.136	1.169	1.204	1.222	1.228	1.245
Total mundial	9.694	10.084	10.417	10.715	11.002	11.039	11.091	10.984	10.770	10.650
% cambio anual		4,0%	3,3%	2,9%	2,7%	0,3%	0,5%	-1,0%	-1,9%	-1,1%

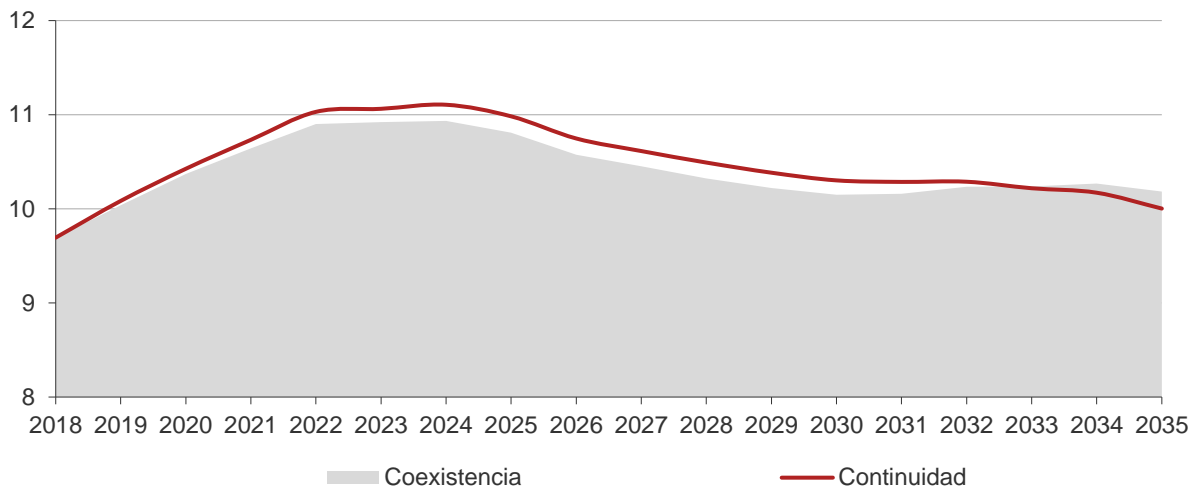
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
China	2.889	2.863	2.843	2.840	2.841	2.825	2.813	2.771	0,4%
Sudáfrica	1.067	1.078	1.092	1.117	1.145	1.165	1.188	1.199	1,8%
Kazajistán	3.950	3.851	3.766	3.698	3.635	3.547	3.465	3.344	-1,1%
India	339	336	334	333	333	331	330	325	-0,2%
Finlandia	1.033	1.034	1.031	1.036	1.041	1.040	1.041	1.031	0,7%
Resto del mundo	1.263	1.282	1.305	1.336	1.371	1.397	1.426	1.439	2,6%
Total mundial	10.541	10.444	10.371	10.360	10.367	10.306	10.263	10.109	0,2%
% cambio anual	-1,0%	-0,9%	-0,7%	-0,1%	0,1%	-0,6%	-0,4%	-1,5%	

Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

La demanda de cromo se mantiene en niveles cercanos a los observados en el escenario Continuidad, levemente por debajo en el periodo 2018-2033. Al igual que en el escenario de Continuidad se observa un pico de consumo a mediados de la próxima década, para luego ir decreciendo. Pero, en el escenario de Coexistencia a diferencia del escenario Continuidad esperamos un repunte hacia fines del periodo de pronóstico, alimentado por una tasa de crecimiento del PIB global más elevada.

Figura 12 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (kt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	9.694	10.084	10.426	10.733	11.030	11.063	11.106	10.982	10.747	10.614
Coexistencia	9.694	10.039	10.371	10.642	10.900	10.920	10.934	10.810	10.574	10.453
Diferencia*	-	- 46	- 55	- 91	- 130	- 143	- 172	- 172	- 173	- 161

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	10.492	10.384	10.302	10.286	10.288	10.219	10.171	10.003	0,2%
Coexistencia	10.324	10.220	10.149	10.160	10.233	10.237	10.267	10.184	0,3%
Diferencia*	- 168	- 164	- 153	- 126	- 55	18	96	181	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

Fuente: CRU

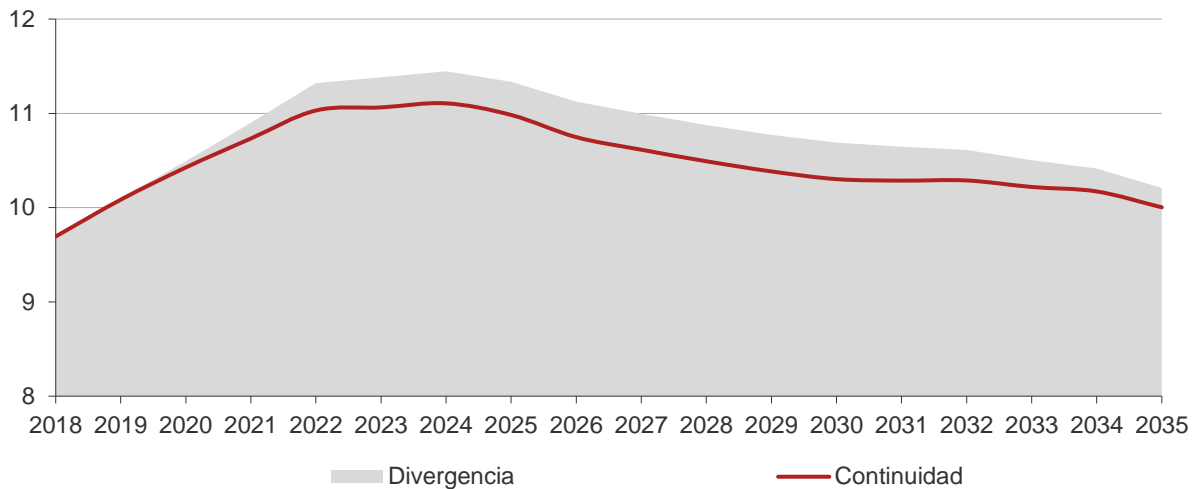
De acuerdo con lo explicado en el resto del capítulo, la demanda del cromo proviene del sector metalúrgico casi en su totalidad. Para este análisis estamos considerando el impacto de cambios puntuales en la demanda de acero en el caso de sectores específicos como en vehículos o en instalación de capacidad de generación eléctrica. Hemos cuantificado estas desviaciones con respecto al escenario Continuidad, el consumo restante lo hemos relacionado a los distintos patrones de crecimiento del PIB.

Escenario 3 – Divergencia

La demanda de cromo se mantiene en niveles cercanos a los observados en el escenario Continuidad, aunque por sobre este segundo. Durante la década de 2030 escenario Divergencia

presenta un crecimiento levemente ralentizado de la demanda en comparación con el escenario Continuidad, por lo que la diferencia entre los escenarios comienza a estrecharse.

Figura 13 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 6 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (kt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	9.694	10.084	10.426	10.733	11.030	11.063	11.106	10.982	10.747	10.614
Divergencia	9.694	10.102	10.494	10.900	11.320	11.382	11.446	11.333	11.125	10.994
Diferencia*	-	18	68	167	290	319	340	350	378	380

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	10.492	10.384	10.302	10.286	10.288	10.219	10.171	10.003	0,2%
Divergencia	10.877	10.770	10.689	10.647	10.611	10.502	10.416	10.208	0,3%
Diferencia*	385	387	387	360	323	284	245	205	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

De acuerdo con lo explicado en el resto del capítulo, la demanda del cromo proviene del sector metalúrgico casi en su totalidad. Al igual que en el escenario de Coexistencia, para este análisis estamos considerando el impacto de cambios puntuales en la demanda de acero en el caso de sectores específicos como en vehículos o en instalación de capacidad de generación eléctrica. Hemos cuantificado estas desviaciones con respecto al escenario Continuidad, el consumo restante lo hemos relacionado a los distintos patrones de crecimiento del PIB.

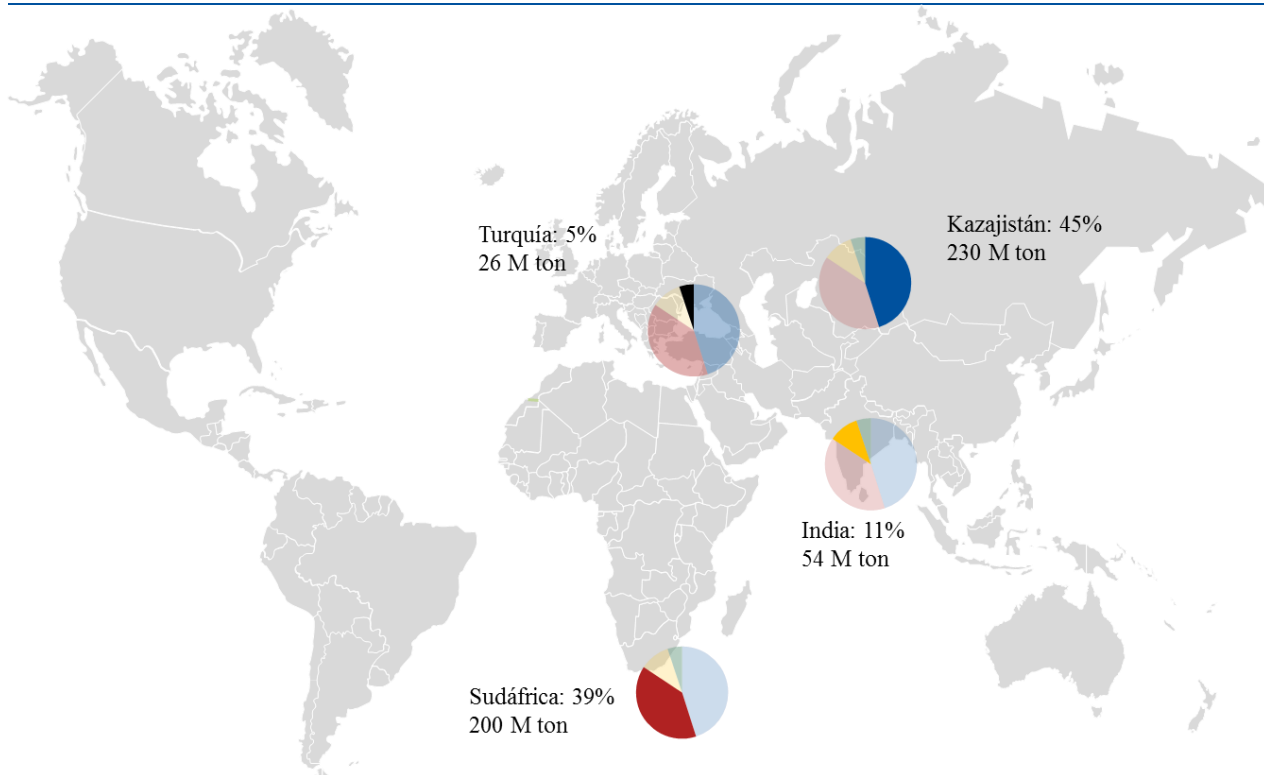
1.2. Oferta de cromo

1.2.1. Recursos y reservas de cromo: evolución, tasas de descubrimiento, presupuesto de exploración

La distribución del mineral de cromo es muy concentrada. Los cuatro países principales (Kazajstán, Sudáfrica, India y Turquía) son responsables de casi la totalidad de las reservas mundiales. De estos cuatro países, Sudáfrica (actualmente el mayor productor) y Kazajstán representan más del 84% de las reservas totales mundiales. Sobre la base de esta asignación desigual de las reservas, se puede inferir que el futuro aumento de la oferta seguirá procediendo de estos cuatro países.

Según la USGS, los recursos mundiales son superiores a los 12.000 millones de toneladas de cromita para transporte. Esto es más que suficiente para satisfacer la demanda durante siglos. El 95% de estos recursos se concentraron en Kazajstán y Sudáfrica.

Figura 14 Distribución de las reservas de mineral de cromo en 2017, millones de toneladas de 45% Cr₂O₃



Fuente: USGS

Tabla 7 Reservas de cromo, 2008-2017, millones de toneladas de minerales comercializables, normalizadas al 45% Cr₂O₃

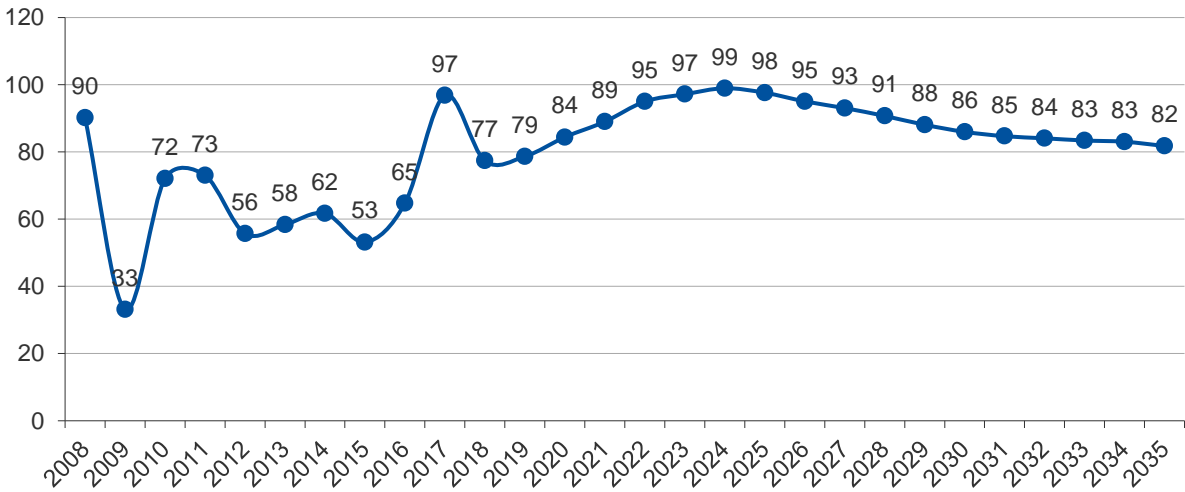
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Kazajistán	180	180	180	220	210	230	230	230	230	230	2,8%
Sudáfrica	150	130	130	200	200	200	200	200	200	200	3,2%
India	44	44	44	54	54	54	54	54	54	54	2,3%
Turquía	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	12	26	
EEUU	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20,0%
Otros países	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Total mundial	374	355	355	475	465	485	485	485	497	511	3,5%
% cambio anual		-5,2%	0,0%	33,8%	-2,1%	4,3%	0,0%	0,0%	2,5%	2,8%	

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.

En línea con lo anterior, se observa que el gasto en exploración en yacimientos de cromo ha presentado volatilidad entre desde 2008 hasta ahora. Pronosticamos un crecimiento basado en el crecimiento del mercado has mediados de la próxima década, para luego ir decayendo de la mano con un debilitamiento del precio. El gasto en exploración alcanzó un máximo de 97 millones de dólares (moneda 2017) en 2017 y solo será superado brevemente en torno al año 2024.

Figura 15 Presupuestos de exploración del cromo, 2008-2035 (MUS\$, real 2017)



Fuente: MinEx Consulting, CRU

1.2.2. Métodos de extracción y procesamiento de cromo

El cromo (Cr) es un metal brillante, duro y refractario. En estado puro es resistente a la corrosión común. Sin embargo, el cromo también es frágil a temperatura ambiente. Esto limita su aplicación principalmente a la adición de resistencia a la corrosión al acero y, al mismo tiempo, mejorar su templabilidad, resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas.

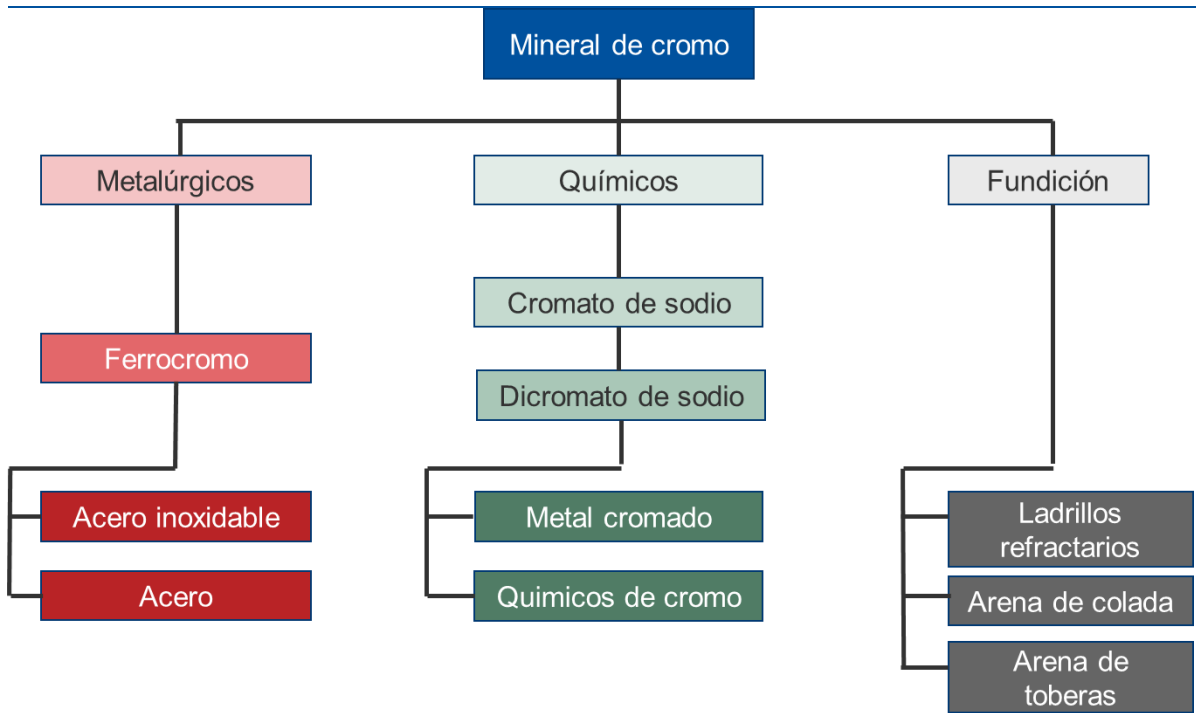
Aunque el cromo se encuentra en muchos minerales, el único mineral que se explota comercialmente es la cromita. Esta está compuesta idealmente de óxido ferroso y óxido crómico con la composición química $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, pero a menudo se encuentra con magnesia (MgO) que sustituye al FeO . Otros minerales como la sílice (SiO_2) también están presentes.

Los depósitos de cromita se extraen tanto bajo tierra como a rajo abierto. La mayoría de las cromitas extraídas son lo suficientemente ricas para ser utilizadas directamente. Para la producción de ferrocromo se prefiere mineral de cromo con una ley que normalmente ronda el 44%, pero también puede utilizar mineral rico con una ley superior al 46%, generalmente en la producción de ferrocromo con bajas y de extremadamente bajo carbono. Generalmente se prefiere una relación cromo-hierro sobre 2:1. Sin embargo, también se puede utilizar mineral de cromo con leyes tan bajas como 40%.

1.2.3. Cadena de valor del cromo

Como se discutió en la sección 1.1.1 (usos finales de la demanda), los minerales de cromo se clasifican como metalúrgicos, químicos y de fundición y tienen diferentes cadenas de valor. El cromo metalúrgico se utiliza para producir ferrocromo, que se utiliza principalmente para la producción de acero inoxidable. Los productos químicos del cromo se utilizan para producir cromato de sodio y dicromato de sodio adicional. Esto constituye la base para la producción de diversos productos químicos de cromo y del metal cromado (véase la **Figura 3**). El cromo de fundición se utiliza para la fundición de arena de colada, arena para toberas y ladrillos refractarios. En la sección 1.1.1 se ofrece una explicación detallada.

Figura 16 Cadena de valor del mineral de cromo



Fuente: CRU

1.2.4. Costo de capital de cromo

Los gastos de capital (CAPEX) en proyectos de cromo son generalmente difíciles de evaluar, ya que el cromo se produce comúnmente como subproducto (generalmente en las minas de metales del grupo del platino). Ya que un proyecto se diseña y gasta todos los productos básicos que produce al mismo tiempo, es difícil atribuir los costos a cada producto. Además, como el mercado del mineral de cromo está actualmente con exceso de oferta y, por consiguiente, el precio ha sido bajo durante años, no existen muchos proyectos nuevos o ampliaciones en curso, y algunos se han pospuesto durante años sin ningún plan de inversión (por ejemplo, Naboon y Vizirama of Minmetals).

Tabla 8 Capex de las minas de cromo y de las ampliaciones de capacidad

Proyecto	Propietario	País	Tipo de Mina	Primera Producción	Capacidad (ktpa mineral)	CAPEX MUS\$	Intensidad CAPEX (\$/tpa)
Vulcan	Tharisa	Sudáfrica	Relaves	2019	380	22	57,9
Mecklenburg	Afarak	Sudáfrica	mixta	2013	120	9	76,7
Vlakpoort	Afarak	Sudáfrica	mixta	2015Q4	80	12	150,0
Capacidad de ampliación de Genesis	Tharisa	Sudáfrica	mixta	2020	180	8	41,7

Fuente: CRU

Nota: en este contexto, las operaciones mixtas corresponden a una combinación de minería a tajo abierto y subterránea

1.2.5. Comercialización del cromo

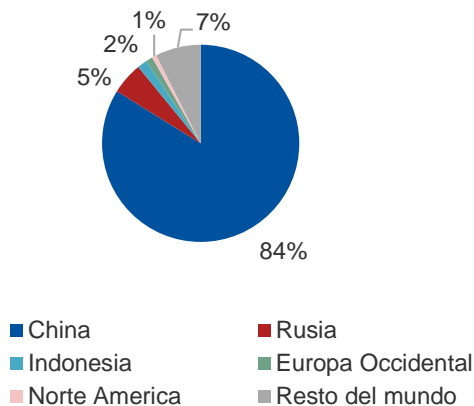
Principales sectores importadores y usos de las importaciones de cromo

Tanto la importación como la exportación de mineral de cromo están concentradas en pocos países. En 2017, China representaba el 84% de las importaciones mundiales de mineral de cromo. Rusia ocupó el segundo lugar, con un 5%. Indonesia registró un fuerte aumento de las importaciones y representó el 2%. Europa Occidental y Norteamérica también importan regularmente minerales de cromo para satisfacer la demanda de su producción de acero inoxidable. Sin embargo, el volumen de su importación es poco relevante.

Importaciones y exportaciones por país

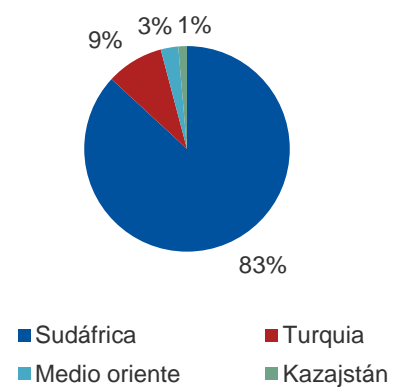
En la exportación de mineral de cromo, Sudáfrica siempre ha sido el mayor exportador, con alrededor del 83% de la participación de mercado. Le siguen Turquía y Medio Oriente, con un 9% y un 3%, respectivamente. Las exportaciones de Medio Oriente provienen principalmente de Irán y Omán. La producción de Kazajistán es consumida principalmente por los productores locales (y generalmente integrados) de ferrocromo, pero también cuenta con algunas exportaciones a China. Las largas distancias de transporte terrestre y los altos costos de transporte asociados hacen que el transporte de materias primas de bajo valor se reduzca al mínimo. Cabe señalar también que la India ha pasado de ser un exportador de mineral de cromo a un importador en la última década. Esto se debe principalmente a su creciente capacidad de producción nacional de acero inoxidable y ferrocromo.

Figura 17 Importación de cromo en 2017, Mt de mineral



Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

Figura 18 Exportación de cromo en 2017, Mt de mineral



Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

Importaciones de cromo

Como se describe en la subsección anterior, China ha sido el mayor importador de mineral de cromo durante años. Esto se debe tanto a la rápida expansión de su capacidad de producción de ferrocromo y acero inoxidable en las últimas décadas, como a la disminución de su producción nacional de mineral de cromo. Sin embargo, no esperamos que esta tendencia de aumento de las importaciones continúe en el futuro, debido al debilitamiento de la demanda interna china (explicado anteriormente). Otras regiones tienen volúmenes de importación relativamente estables y no se espera que experimenten cambios significativos en sus patrones futuros.

Otras dos regiones relevantes son Indonesia y la India. Indonesia experimentó un aumento repentino de las importaciones de mineral de cromo en 2017. Esto se debió a la reciente apertura de la planta de acero inoxidable totalmente integrada de Tsingshan. A medida que Tsingshan avanza y Delong inicia la producción, esperamos que las importaciones de Indonesia sigan aumentando hasta 2022. Su importación puede aumentar aún más a largo plazo, ya que se espera que más plantas de acero inoxidable adopten el mismo modelo de negocio y se abran en esta región.

Tabla 9 Importación histórica de mineral de cromo, (Mt de mineral)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
China	6,8	6,8	8,7	9,4	9,3	12,1	9,4	10,4	10,6	13,9	8,2%
Rusia	1,1	0,8	0,3	0,1	0,7	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	-2,7%
Indonesia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	62,8%
Europa											
Occidental	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	5,0%
Norteamérica	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	-5,9%
Resto del mundo	1,7	0,8	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0	1,1	1,2	-3,6%
Total mundial	10,0	8,5	10,6	11,1	11,7	14,8	11,9	12,6	12,8	16,5	5,7%
% cambio anual		-14,7%	24,0%	5,4%	4,7%	26,7%	-19,7%	6,1%	1,3%	29,5%	

Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

Exportaciones de cromo

Al igual que la importación de mineral de cromo, la exportación de mineral de cromo también está muy concentrada. Sudáfrica siempre ha sido el mayor exportador de mineral de cromo y su participación de mercado ha aumentado. Esto se debe principalmente al desarrollo del mineral UG2. Ha contribuido a más del 25% del crecimiento de la producción de mineral entre 2010 y 2017. Se espera que su producción siga aumentando. Las exportaciones sudafricanas son consumidas principalmente por la demanda china. Sin embargo, como se está desacelerando y la demanda indonesia de mineral de cromo está a punto de aumentar, se espera que la exportación de mineral de cromo de Sudáfrica tenga una mayor proporción redirigida al sudeste asiático.

Turquía es otro importante exportador de mineral de cromo, aunque en un volumen limitado por Sudáfrica. Su exportación aumentó ligeramente en 2009-2013, pero luego continuó disminuyendo. Esto se debe en parte a la disminución de la demanda europea y rusa, pero también coincidió en gran medida con el despegue de la producción de mineral sudafricano de grado UG2. Tiene especificaciones de ley similares (42% base con 40% min.) a las de la exportación turca (42%) pero generalmente a un costo menor: El cromo UG2 es un subproducto de su producción de metales del grupo del platino. Por lo tanto, el aumento de la producción sudafricana de UG2 ha estado en competencia directa con la producción turca, lo que ha llevado a su continua disminución.

Tabla 10 Exportación histórica de mineral de cromo, (Mt de mineral)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Sudáfrica	4,7	5,3	4,6	5,7	6,2	8,4	7,0	9,0	9,6	11,7	10,6%
Turquía	1,8	1,7	2,2	2,1	2,0	2,1	1,4	1,3	1,2	1,3	-3,3%
Medio											
Oriente	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	10,7%
Kazajistán	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,6	-4,9%
Total mundial	7,5	8,2	8,0	8,8	9,5	11,8	9,5	11,1	11,6	13,9	7,1%
% cambio anual		9%	-2%	10%	8%	24%	-19%	17%	4%	20%	

Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU

1.2.6. Producción histórica de cromo

Durante 2008-2017, la producción de mineral de cromo aumentó a una TCAC del 3,9%. Esto se debió principalmente al aumento de la producción en Sudáfrica.

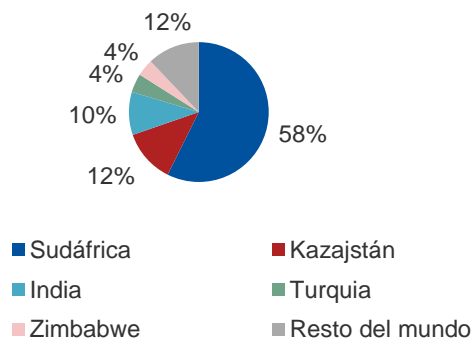
En 2017, Sudáfrica lideró la producción de mineral de cromo, representando el 58% de la producción total de mineral. Kazajistán ocupó el segundo lugar, pero con un volumen mucho menor (12% de la producción mundial) a pesar de que posee una cantidad de reservas muy grande. Como se explicó en la sección anterior, esto se debe a que Kazajistán no tiene salida al mar y está lejos de la mayoría de las instalaciones de producción de ferrocromo en el extranjero. El largo y costoso transporte terrestre hace que los minerales de cromo de Kazajistán tengan un bajo precio neto. Como resultado, Kazajistán sólo posee un pequeño volumen de exportación de cromo: el cromo se consume en el país para producir ferrocromo y luego se exporta. Esto reduce el costo de transporte por unidad de cromo. En este caso, no se prevé que la producción de mineral en Kazajistán tenga un crecimiento muy rápido. La producción india de mineral de cromo representaba el 10% de la producción mundial en 2017, y se proyecta que su participación aumente en el futuro. Esto se debe a que la India tiene reservas locales de mineral de cromo, y su demanda de acero inoxidable y por lo tanto de ferrocromo está aumentando rápidamente. Turquía y Zimbabue representaron cada uno el 4% de la producción mundial. También es probable que Zimbabue asuma una mayor participación en el futuro, ya que Tharisa y Sinosteel han expresado su interés en desarrollar un nuevo proyecto en este país. El resto del mundo representa el 12% restante de la producción. Esto proviene principalmente de Finlandia y Brasil.

En 2017, Samancor, Glencore, Tharisa, Assore y Herculon son los cinco principales productores de cromo en Sudáfrica, y por lo tanto también los principales productores del mundo. Representaban ~31% de la producción mundial en 2017. Aparte de ellos, ERG es también uno de los mayores

productores de mineral de cromo y de ferrocromo. Produjo 5,6 tm de mineral de cromo en 2017 (a través de Kazchrome JSC), y recientemente inició un nuevo proyecto, Pervomayskoye. Aumentará hasta un máximo de 0,3 Mtpa de capacidad en la producción de mineral para 2026. También existe una fase II planeada después de este avance, y podría llegar a una capacidad de producción de 6 Mtpa de mineral.

Figura 19 Participación de mercado regional de la producción de mineral de cromo, 2017

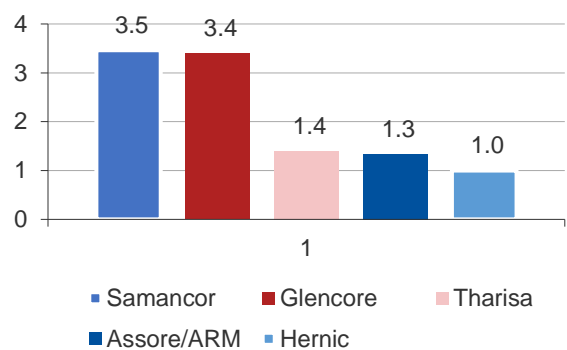
Producción total: 34 Mt de material



Fuente: CRU

Figura 20 Principales empresas sudafricanas de cromo, 2017

Producción total: 10.6 Mt de mineral



Fuente: CRU

La producción de mineral de cromo se vio fuertemente afectada por la Crisis Financiera Mundial en 2008. Por esto la producción en 2009 fue un 16% inferior a la de 2008. La industria se recuperó al nivel anterior a la crisis en recién tres años después, en 2011, y se mantuvo en el mismo nivel en 2012.

La producción de mineral en 2013 fue significativamente mayor debido al aumento de la producción de las minas de Glencore y Samancor. Esto se vio reforzado por la ampliación de Tharisa, que comenzó en 2011, y el inicio del proyecto Mecklenburg de Afarak, la producción disminuyó en 2014, debido a huelgas en varios proyectos (Glencore y Afarak), pero también debido a un cambio en la estrategia de algunas empresas de cromo, ya que hubo un exceso de oferta en el mercado y los precios se mantuvieron bajos de forma importante. Este significativo exceso de oferta se debió en parte a la ola de nuevos proyectos mencionados y a los crecimientos de producción en operaciones en 2013. Como resultado, algunas compañías optaron por cambiar su enfoque hacia una mayor ley de cromo, y disminuyeron significativamente el tonelaje de los minerales extraídos. Otros han puesto sus minas bajo cuidado y mantenimiento, como Boshock y Horizon de Glencore. Helena también se puso bajo cuidado y mantenimiento también. En

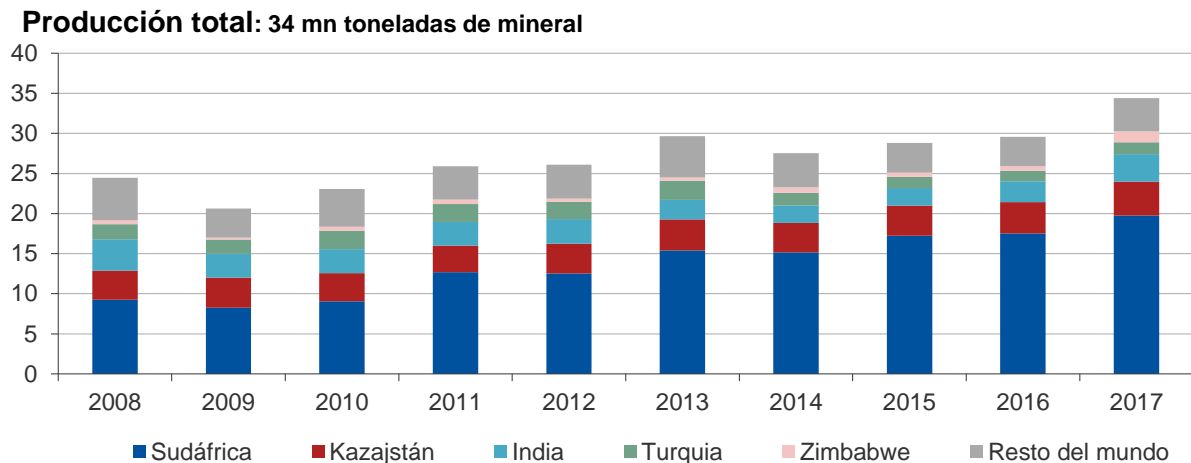
particular, el Sky Chrome de IFM detuvo la producción en 2014, y el depósito a tajo abierto de Rustenburg de Assore se estaba agotando.

La producción de mineral de cromo en 2017 volvió a aumentar debido a las expansiones de la capacidad y a los incrementos de algunos nuevos proyectos. Dwarsrivier de Assore amplió su capacidad, y la planta de Rustenburg reanudó la producción (ahora subterránea). Nkomati de ARM ha experimentado una expansión de capacidad durante años. Zimbabue en 2017 también experimentó un gran aumento en la producción de mineral. Esto se debió a que el gobierno levantó la prohibición de exportación de mineral de cromo y también reasignó los depósitos sin utilización y con excesos que antes eran propiedad de Zimasco a pequeños productores.

Además de estas "minas convencionales", la inversión en nuevas fuentes de unidades de cromo UG2 también se tradujo en un aumento de la oferta. Históricamente tratada como residuo por los productores de platino, la producción de concentrado de UG2 ha pasado de menos de 1 Mt a principios/mediados de la década de 2000 a 2,8 Mt en 2010, 3,9 Mt en 2015 y alrededor de 4,5 Mt en 2017. Los concentrados de cromo UG2 representaban alrededor del 14% de toda la producción primaria de cromo y el 23% de la producción total de Sudáfrica en 2017. Esto fue posible gracias a:

- **Más fundiciones con capacidad de sinterización y peletización integrada.** Al adaptar la tecnología, los productores de ferrocromo (en especial en China) han podido utilizar en sus hornos una proporción mucho mayor de concentrados de baja ley y más baratos (y una relación Cr:Fe bajo).
- **Bajo CAPEX y OPEX asociado a la adición de circuitos de recuperación de cromo.** Dependiendo del contenido de cromo en la alimentación y recuperaciones, los gastos de operación (excluyendo regalías) se estiman en alrededor de US\$ 20-25/t de concentrado con una ley de 40-42% de Cr, asumiendo que no se agregan costos prorrateados de la minería de platino. Esto se compara con alrededor de US\$ 50-55/t y US\$ 80-85/t para la minería a rajo abierto y subterránea de cromita en Sudáfrica. Incluso después de aplicar descuentos por la menor ley de cromo y la baja proporción de Cr:Fe en los concentrados UG2 (alrededor de 1,3; comparado con 1,5-1,6 para la cromita en Sudáfrica, 2,5 en Turquía y 3,5 en Kazajstán), es el cromo de menor costo en el mercado (normalizado por unidad de cromo contenido). Los márgenes de explotación de los productores que venden a precios de mercado se mantuvieron sanos incluso durante la reciente recesión y se proyecta que se mantendrán elevados durante el período de proyección, con una media del 40-50% (para las ventas a China).

Figura 21 Producción histórica de mineral de cromo, Mt de mineral, 2008-2017



Fuente: CRU

Tabla 11 Producción histórica de mineral de cromo, millones de toneladas de mineral, 2008-2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Sudáfrica	9,3	8,2	9,1	12,7	12,5	15,4	15,2	17,3	17,5	19,7	8,8%
Kazajistán	3,6	3,8	3,5	3,3	3,7	3,8	3,7	3,7	3,9	4,2	1,8%
India	3,9	3,0	3,0	3,0	3,1	2,4	2,2	2,2	2,6	3,4	-1,4%
Turquía	1,9	1,7	2,3	2,2	2,1	2,4	1,6	1,4	1,3	1,5	-2,6%
Zimbabue	0,5	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,7	0,5	0,6	1,4	12,1%
Resto del mundo	5,3	3,6	4,7	4,2	4,2	5,1	4,3	3,7	3,6	4,2	-2,7%
Total mundial	24	21	23	26	26	30	28	29	30	34	3,9%
% cambio anual		-15,6%	11,7%	12,3%	0,7%	13,6%	-7,1%	4,6%	2,6%	16,4%	

Fuente: CRU

1.2.7. Proyección de producción de cromo

Escenario 1 – Continuidad

Proyectamos que la oferta aumentará gradualmente a corto plazo para mantenerse al ritmo de la demanda. Alcanzará una producción de mineral de 41 Mt en 2022, y luego alcanzará un máximo de 41,3 Mt en 2024, lo que representa ~7 Mt de oferta adicional de mineral requerido. Como se explicó en las secciones anteriores, el 95% de las reservas totales se concentran en dos países:

Sudáfrica y Kazajstán. Esta última, como se comentó anteriormente, no tiene mucho potencial de crecimiento debido a su ubicación geográfica. Por lo tanto, la nueva demanda debería provenir principalmente de Sudáfrica. Sin embargo, a medida que la demanda de mineral primario se debilita a largo plazo, en consecuencia, la oferta también disminuirá.

Sudáfrica – no UG2. La disponibilidad de mineral de cromo convencional barato se ha vuelto más limitada en Sudáfrica. Algunos comerciantes han estado financiando recientemente operaciones básicas para la producción de material grueso de baja ley en bruto, pero no creemos que estos proyectos sean sostenibles a largo plazo.

Para el aumento de la demanda a mediano plazo, las minas convencionales de mineral de cromo en Sudáfrica tendrían que aumentar y las operaciones existentes tendrían que desarrollar la minería subterránea convencional. Será necesario realizar inversiones, la demanda de logística nacional de mineral se intensificará y, como resultado, los costos de producción y entrega de mineral aumentarán. Sin embargo, pocos proyectos nuevos de mineral de cromo convencional parecen estar progresando en este momento. Esto se debe a la persistencia del bajo precio del mineral y al actual exceso de oferta en el mercado.

Sudáfrica – UG2. En nuestra opinión, existe un potencial limitado para que la oferta de UG2 crezca lo suficiente en los próximos años. Existe una considerable incertidumbre sobre la producción de concentrado de UG2. Este año se están poniendo en marcha nuevos proyectos (por ejemplo, la planta de tratamiento de relaves de Lonmin / Chromtech), y existen planes para reiniciar la producción en varios lugares (Crocodile River, Eland).

El reprocesamiento de relaves históricos ha sido limitado hasta la fecha, en gran medida debido a un histórico mal control de calidad sobre la acumulación de relaves. Un aumento en el reprocesamiento de los relaves históricos requerirá, en nuestra opinión, incentivos de precio significativos para que sean comercialmente viables.

Minería artesanal en Sudáfrica. El crecimiento de la oferta también podría provenir de operaciones artesanales legales o ilegales, aunque es probable en este caso que los costos también aumenten. La minería ilegal ya es un gran problema en Sudáfrica, no sólo por la cantidad de accidentes que se producen y las tensiones en las comunidades. Algunas estimaciones en un artículo reciente sugieren que hasta 30.000 personas están involucradas en esta actividad. La minería ilegal está generalmente asociada a la delincuencia y la corrupción y, según los informes, se lleva a cabo a través de sindicatos bien organizados, a veces con socios internacionales. Las estimaciones sobre el tamaño de la minería artesanal oscilan entre 0,35 Mt y 1,4 Mt de mineral.

Está sólidamente posicionada en el radar político y, según la Cámara de Minas sudafricana, se ha formado un equipo de varias agencias para coordinar los esfuerzos del gobierno para combatirlo. Mientras que la minería ilegal es más común en la extracción de oro (con alguna evidencia anecdótica que sugiere que alrededor del 10% de la producción de oro proviene de minas ilegales), el cromo también es comúnmente "extraído" en minas a tajo abierto y subterráneas abandonadas.

La forma en que el gobierno abordará el tema es poco clara. Desde el punto de vista del gobierno, la minería artesanal significa a una renuncia a ingresos por impuestos y regalías, se producen problemas ambientales y puede haber un alto costo en términos de pérdida de vidas y desorganización de la comunidad. Considerando lo anterior, podría ser atractivo abordar el tema mediante la "legalización" de esta actividad de tal manera que los pequeños mineros puedan desempeñar un papel en la economía y pagar impuestos, emitiendo permisos para que algunas áreas sean minadas y ordenando su rehabilitación para otras. Sin embargo, la delincuencia y la corrupción en el sector pondrán a prueba la capacidad del gobierno para aplicar esas medidas con rapidez y eficacia. Por consiguiente, suponemos que el *statu quo* continuará en un futuro previsible.

Otros países. Fuera de Sudáfrica, se espera que el crecimiento de la producción provenga de varias fuentes, como Zimbabue, la India y Kazajstán. Hemos discutido a Kazajstán en secciones anteriores.

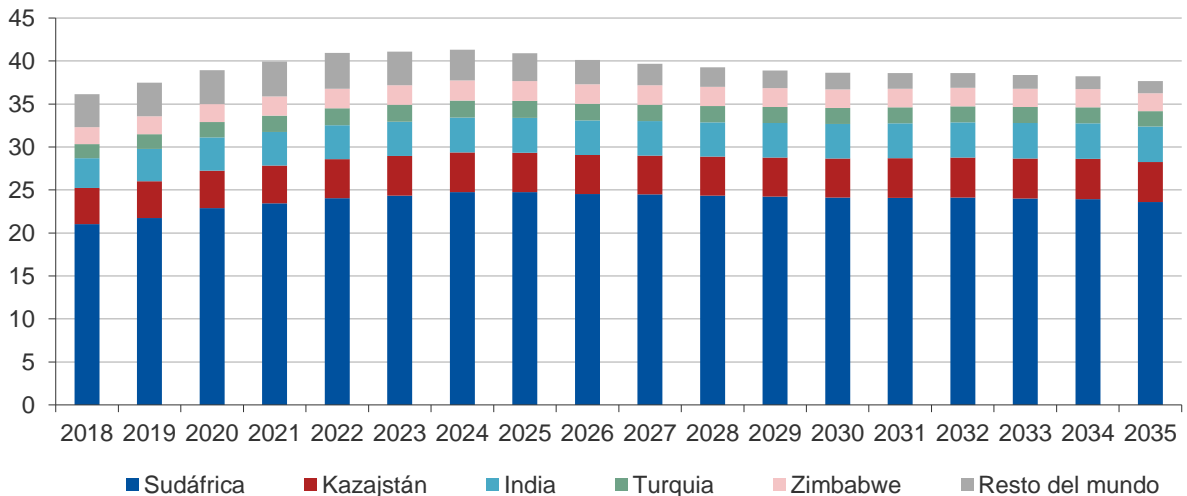
En Zimbabue, los cambios recientes en el liderazgo político podrían apoyar las inversiones necesarias en la infraestructura de minas, fundición y logística en el futuro. Sin embargo, las reservas han sido extraídas selectivamente en las últimas dos décadas y (a pesar de los importantes depósitos aluviales) el traslado a la producción subterránea requerirá inversión y elevará los costos. Es probable que la inversión china y las operaciones de ferrocromo fomenten este crecimiento (por ejemplo, Sinosteel), aunque todavía quedan muchos obstáculos por superar, entre ellos la reglamentación sobre propiedad, la incertidumbre legislativa sobre las exportaciones, la disponibilidad de energía y la intermitencia y la deficiente logística para el transporte de mineral. Muchos de estos desafíos tardarán en resolverse. Impulsados por los aumentos de costos proyectados y las posibles limitaciones de la oferta, proyectamos que los precios del mineral de cromo aumentarán a largo plazo.

También es probable que la producción aumente en la India debido a su creciente demanda interna. Esto se ve aún más reforzado por el hecho de que las exportaciones de minerales están sujetas a derechos de aduana. Sin embargo, las expansiones de minas y el desarrollo de

proyectos en la India son comúnmente un proceso muy lento. Por lo tanto, proyectamos que la India seguirá necesitando algunas importaciones de mineral de cromo, sobre todo de las exportaciones sudafricanas redireccionadas.

A largo plazo. Como se discutió en la Sección 1.1.5, la demanda de cromo a largo plazo se debilita a medida que 1) la tasa de reciclaje en acero inoxidable aumenta, reduciendo así la demanda de mineral primario, 2) es relativamente más fácil encontrar sustituciones al cromo en aplicaciones químicas, 3) mejoras en la eficiencia en varios usos finales, y 4) la demanda china eventualmente se desacelerará. El suministro de mineral de cromo a largo plazo se enfrenta a la competencia del reciclaje. Gradualmente las operaciones de alto costo se cerrarán. Los minerales "convencionales" de baja ley también se verán afectados, ya que son de menor calidad y no pueden permitirse un precio tan bajo como UG2.

Figura 22 Proyección de producción de cromo escenario de Continuidad, 2017-2035, Mt de mineral



Fuente: CRU

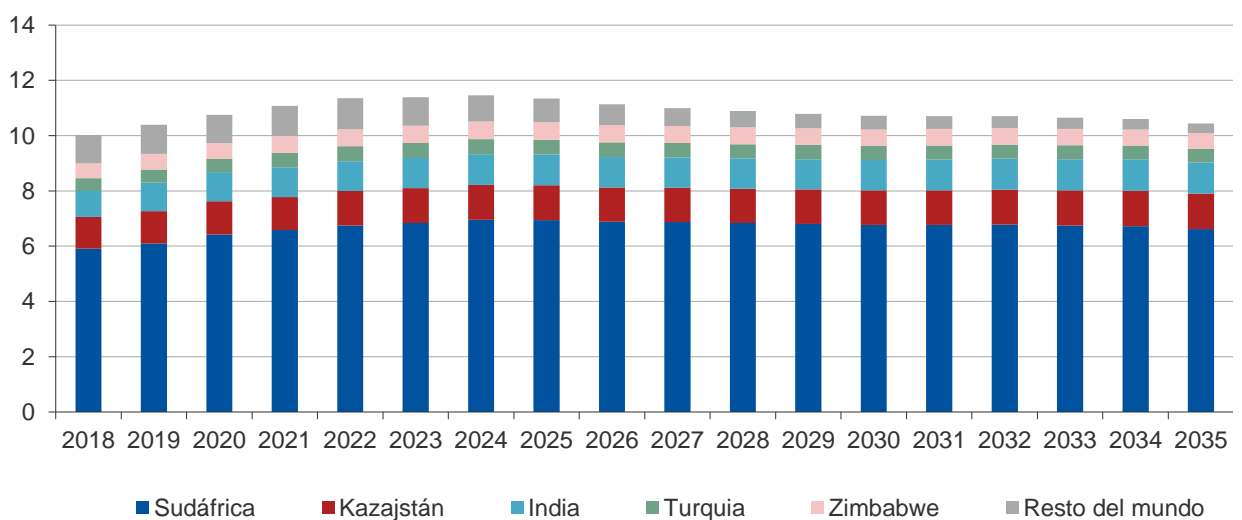
Tabla 12 Proyección de producción de cromo escenario de Continuidad, 2018-2035, Mt de mineral

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Sudáfrica	21,0	21,7	22,9	23,4	24,0	24,4	24,7	24,7	24,5	24,5
Kazajistán	4,2	4,3	4,4	4,4	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5	4,5
India	3,4	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,1	4,1	4,0	4,0
Turquía	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9
Zimbabue	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Resto del mundo	3,9	3,9	3,9	4,1	4,2	3,9	3,6	3,2	2,8	2,5
Total mundial	36,2	37,5	38,9	40,0	41,0	41,1	41,3	40,9	40,1	39,7
% cambio anual		3,6%	3,9%	2,6%	2,5%	0,3%	0,6%	-1,0%	-1,9%	-1,2%

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Sudáfrica	24,3	24,2	24,1	24,1	24,1	24,0	23,9	23,6	0,7%
Kazajistán	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,7	4,7	0,6%
India	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	1,1%
Turquía	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	0,5%
Zimbabue	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	0,4%
Resto del mundo	2,3	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	-5,8%
Total mundial	39,3	38,9	38,6	38,6	38,6	38,4	38,2	37,7	0,2%
% cambio anual	-1,0%	-0,9%	-0,7%	-0,1%	0,1%	-0,6%	-0,4%	-1,5%	

Fuente: CRU

Figura 23 Proyección de producción de cromo escenario de Continuidad, 2017-2035, Mt de cromo contenido



Fuente: CRU

Tabla 13 C Proyección de producción de cromo escenario de Continuidad, 2017-2035, Mt de cromo contenido

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Sudáfrica	5.909	6.102	6.427	6.582	6.750	6.840	6.949	6.948	6.885	6.872
Kazajistán	1.148	1.170	1.196	1.200	1.250	1.257	1.266	1.256	1.245	1.242
India	944	1.029	1.056	1.072	1.079	1.093	1.111	1.110	1.100	1.098
Turquía	453	471	489	521	539	541	544	539	528	522
Zimbabue	534	573	570	613	619	628	638	639	626	617
Resto del mundo	1.036	1.050	1.017	1.091	1.121	1.037	954	855	749	650
Total mundial	10.025	10.396	10.755	11.079	11.358	11.395	11.463	11.348	11.133	11.002
% cambio anual		3,7%	3,5%	3,0%	2,5%	0,3%	0,6%	-1,0%	-1,9%	-1,2%

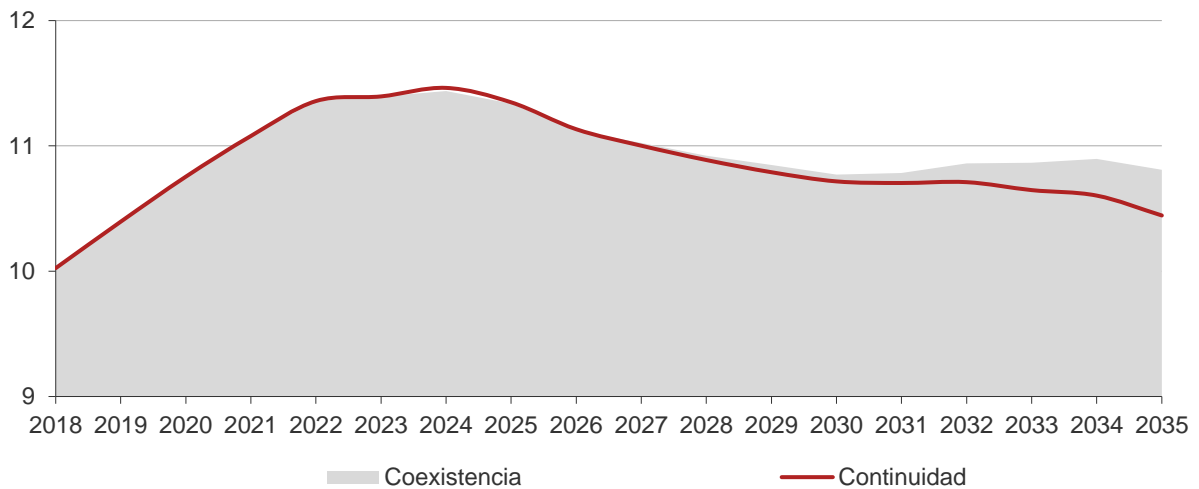
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Sudáfrica	6.835	6.807	6.768	6.766	6.778	6.744	6.723	6.623	0,7%
Kazajistán	1.242	1.243	1.247	1.258	1.271	1.276	1.284	1.277	0,6%
India	1.098	1.099	1.102	1.112	1.124	1.128	1.135	1.129	1,1%
Turquía	517	512	509	508	508	505	503	496	0,5%
Zimbabue	609	603	597	596	593	586	581	570	0,4%
Resto del mundo	587	526	494	464	437	407	377	351	-6,2%
Total mundial	10.887	10.790	10.717	10.704	10.711	10.647	10.603	10.445	0,2%
% cambio anual	-1,0%	-0,9%	-0,7%	-0,1%	0,1%	-0,6%	-0,4%	-1,5%	

Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

Para el mediano plazo, se asume que la oferta no tendrá la opción 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 mantiene igual al escenario de Continuidad hasta 2023. A partir de entonces, la oferta sigue de cerca a la demanda, creciendo paulatinamente hasta 2030, para luego despegarse de forma más relevante por el resto del periodo de pronóstico.

Figura 24 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 14 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (kt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	10.025	10.396	10.755	11.079	11.358	11.395	11.463	11.348	11.133	11.002
Coexistencia	10.025	10.396	10.755	11.079	11.358	11.395	11.438	11.338	11.120	11.024
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	- 25	- 10	- 13	23
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035	
Continuidad	10.887	10.790	10.717	10.704	10.711	10.647	10.603	10.445	0,2%	
Coexistencia	10.922	10.847	10.771	10.783	10.861	10.865	10.897	10.809	0,4%	
Diferencia*	35	57	55	79	150	218	293	364		

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

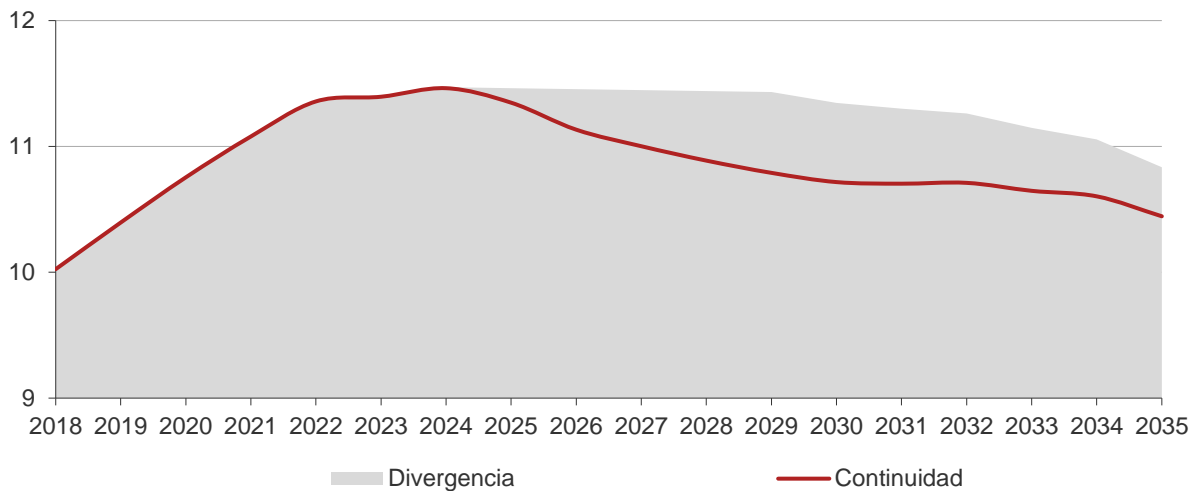
Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

Tal como en el caso Coexistencia, se asume que la oferta no tendrá la capacidad de ajustarse a posibles cambios en la demanda en el mediano plazo. Por lo tanto, tanto el escenario Continuidad como el Divergencia muestran la misma oferta hasta 2023.

En el largo plazo, la oferta sigue la tendencia establecida por la demanda. Para este escenario, esto significa que la producción esperada se mantiene por sobre el escenario de Continuidad y por sobre el de Coexistencia, en ambos casos por todo el periodo de pronóstico.

Figura 25 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (Mt)



Fuente: CRU

Table 15 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (kt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	10.025	10.396	10.755	11.079	11.358	11.395	11.463	11.348	11.133	11.002
Divergencia	10.025	10.396	10.755	11.079	11.358	11.395	11.471	11.463	11.455	11.447
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	8	115	322	445

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
Continuidad	10.887	10.790	10.717	10.704	10.711	10.647	10.603	10.445	0,2%
Divergencia	11.439	11.431	11.345	11.300	11.262	11.147	11.055	10.834	0,5%
Diferencia*	552	641	629	596	551	500	452	389	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

1.3. Balance del mercado y precio del cromo

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

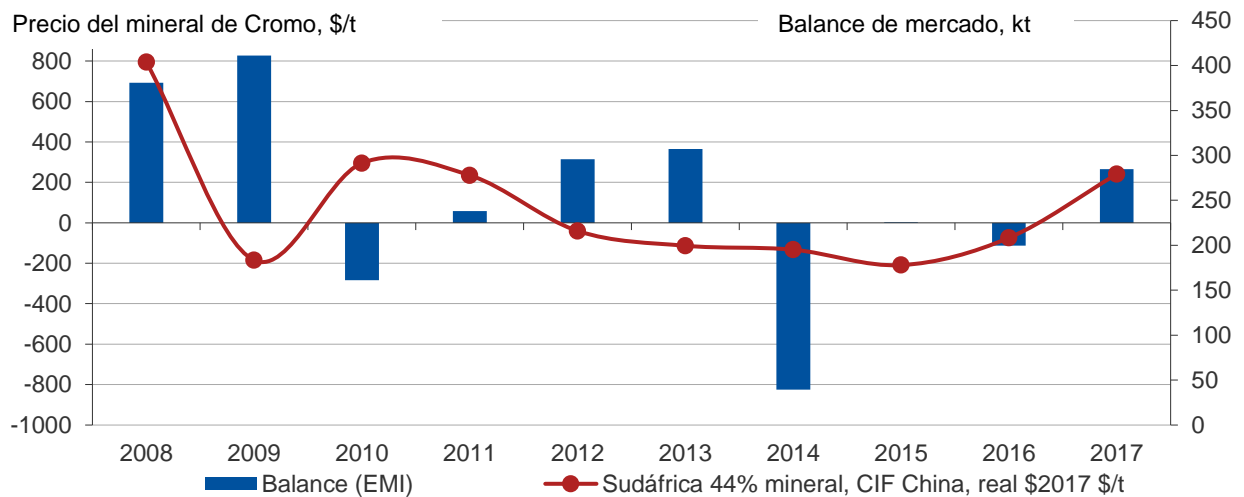
Los precios del mineral de cromo se diferencian en función de su ley. El mineral de baja ley se negocia bajo un descuento. Las especificaciones de calidad más utilizadas para la fijación de precios son: 40-42% mineral turco, 44% mineral sudafricano y mineral UG2 (42% base) sudafricano. Como China consume aproximadamente el 90% del cromo exportado, todos los precios del cromo se cotizan sobre la base de China CIF, es decir, el precio del mineral entregado en el puerto chino.

Dado que Sudáfrica es actualmente el mayor productor de mineral de cromo (58%) y el mayor exportador (87%), y que el 44% de la ley metalúrgica constituye la mayoría del mineral exportado, utilizaríamos el precio CIF China para el 44% del mineral sudafricano como referencia. Los precios para otras leyes siguen de cerca al precio de referencia, con la diferencia que refleja los descuentos en las leyes inferiores y los diferentes costos de transporte.

1.3.2. Balance de mercado y precio histórico del cromo

El precio del mineral de cromo se hundió inmediatamente después de la crisis financiera de 2008. Se mantuvo bajo durante el período 2010-2014, ya que el mercado generalmente se encuentra con exceso de oferta y el nivel de stock se mantuvo alto. El déficit de mercado en 2014 se debió principalmente a un aumento significativo de la producción de acero inoxidable y ferrocromo. Las huelgas y las interrupciones de la producción minera (en parte debido a la persistencia de los precios bajos) también redujeron la oferta de mineral por debajo del nivel normal. Sin embargo, el precio se mantuvo sin cambios, ya que el nivel de stock se mantuvo alto. En este sentido, 2014 fue un año de "desabastecimiento" de cromo. En 2015, también se debilitó la demanda de cromo, ya que el sector del acero inoxidable y el ferrocromo también sufrió un exceso de oferta. Esto llevó a precios aún más bajos para el cromo desde la segunda mitad de 2015 hasta la primera mitad 2016, lo que redujo la oferta a partir de comienzos de 2016. Sin embargo, cuando el gobierno chino comenzó con su política "Reforma estructural del lado de la oferta" en 2016 y la rentabilidad del sector siderúrgico se recuperó rápidamente, la oferta de mineral de cromo no fue suficiente para satisfacer la recuperación de la demanda. Esto provocó un aumento significativo en el precio del mineral de cromo en la segunda mitad de 2016. A pesar de que la oferta de cromo también respondió aumentando fuertemente en la segunda mitad de 2016, en el año 2016 se registró, igualmente, un déficit de mercado. El repunte de los precios continuó en la primera mitad de 2017 y comenzó a corregirse en la segunda mitad. El balance del mercado volvió a ser positivo, dando lugar a un proceso de "reabastecimiento". El nivel de *stock* también se recuperó de 9 semanas de consumo a 11-12 semanas. Como resultado, el precio volvió a alcanzar el nivel de US\$ 200/t.

Figura 26 Precio histórico del mineral de cromo y balance del mercado de cromo, 2008-2017



Fuente: CRU

Tabla 16 Balance histórico de cromo (kt de Cr contenido) y precio del mineral de cromo (US\$/t mineral sudafricano 44%, China CIF), 2008-2017

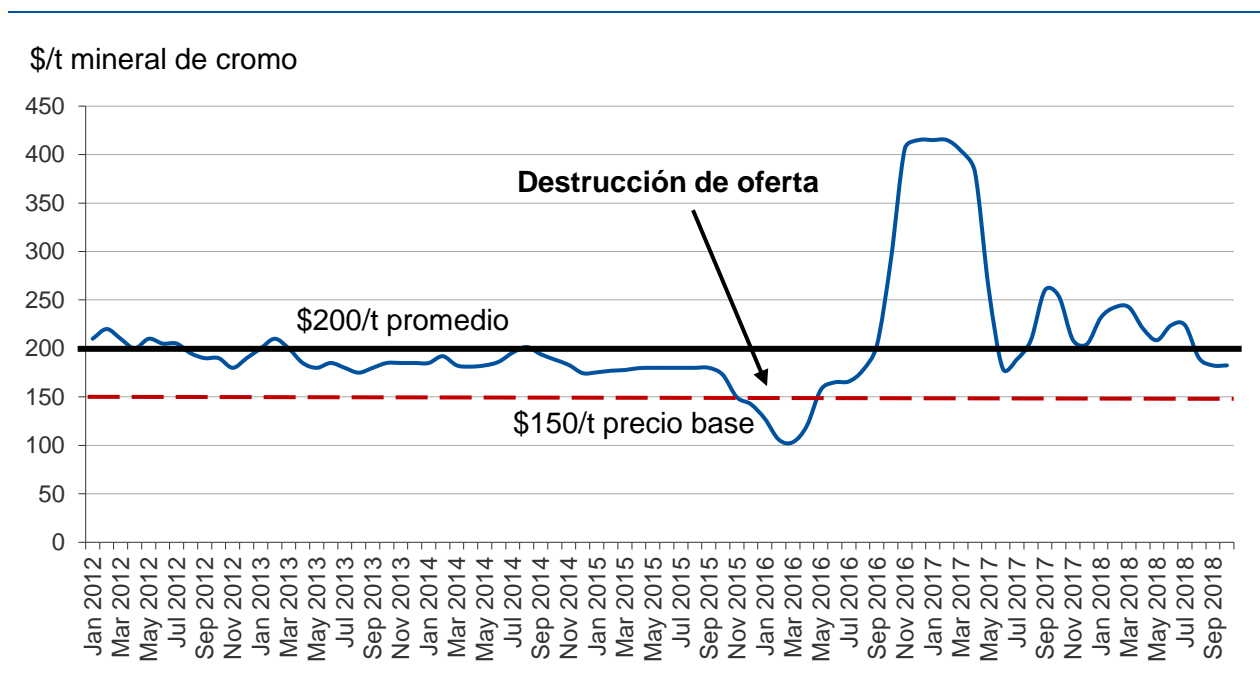
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC
Balance de mercado											
Oferta	6.748	5.708	6.375	7.159	7.205	8.193	7.633	7.994	8.196	9.537	3,9%
Demanda	6.055	4.881	6.659	7.100	6.890	7.827	8.458	7.992	8.309	9.272	4,8%
Equilibrio	693	827	-284	59	315	366	-825	2	-113	265	
Precio del cromo											
Precio del mineral de Cr, 2017 \$/t	404	183	291	278	216	199	195	178	208	279	-4,0%
Precio del mineral de Cr, nominal \$/t	354	162	260	253	200	188	187	173	205	279	-2,6%

Fuente: CRU

La **Figura 27** otorga una visión más detallada del alza en el precio del cromo durante 2016-2017. Como se describió anteriormente, el sector del acero inoxidable se concentra principalmente en China, y los productores chinos tienen un patrón de producción muy cíclico. El nivel de producción en el primer trimestre es generalmente débil debido al Año Nuevo Chino, y las plantas se reabastecen durante el invierno. Sin embargo, no hubo una recuperación del stock significativa en el primer trimestre de 2016. Esto se debe a que ese precio se mantuvo débil en 2015 e incluso

disminuyó. Las plantas esperaban que el precio siguiera una tendencia a la baja y, por lo tanto, retrasó las compras. Esto hizo que el precio bajara aún más en el primer trimestre de 2016 y destruyó la oferta. A medida que la rentabilidad iba en aumento a finales de 2016, el sector del ferrocromo en recuperación se encontró sin stock de mineral de cromo. Esto derivó en un enorme aumento de los precios y distorsionó el precio anual en 2016 y 2017. Sin embargo, a medida que el mercado volvió a registrar un ligero superávit (para mantener el nivel de *stock* a un ritmo saludable), el precio rápidamente volvió al equilibrio de corto plazo en torno a los US\$ 200/t.

Figura 27 Precio trimestral del mineral de cromo, CIF China, Sudáfrica 44% de mineral de cromo, 2012-2018



Fuente: CRU

1.3.3. Proyección de balance de mercado y precio del cromo

Escenario 1 – Continuidad

Proyectamos el precio a corto plazo basándonos en la oferta, la demanda y el balance de mercado. La forma en que el precio reaccionará ante el balance de mercado depende de su elasticidad, que depende principalmente de su sustituibilidad y de la existencia o no de inflexibilidades en los precios del mercado. A largo plazo, asumimos que las restricciones del mercado a corto plazo se aliviarán y que el mercado alcanzará el balance. El costo del productor marginal (que obtiene nullos beneficios económicos por sobre su justo retorno a la inversión) será el precio de mercado. Esto se denomina Costo Marginal de Largo Plazo (CMLP) y se utiliza como

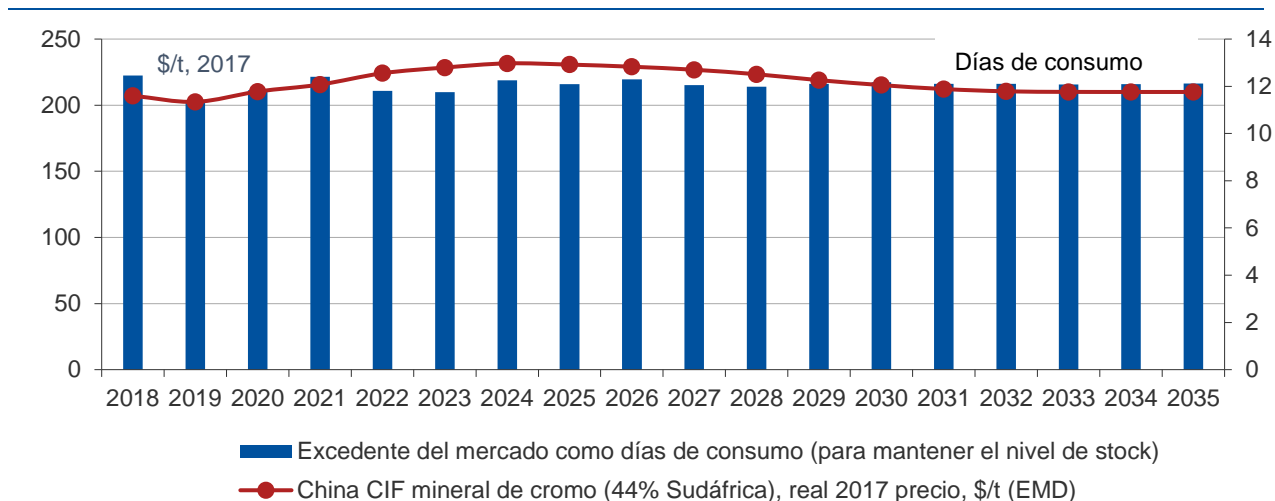
el objetivo hacia el cual evolucionará el precio. El mediano plazo es, por lo tanto, un proceso en el que el precio se desprende gradualmente del balance de mercado de corto plazo y se aproxima gradualmente al CMLP.

Basándonos en las secciones anteriores sobre demanda y oferta, hicimos la siguiente proyección sobre el precio del mineral de cromo. Se proyecta que el mercado se encuentre en un superávit constante, equivalente a ~12 días de consumo. Esto puede considerarse como la protección contra posibles interrupciones en la producción y el transporte: si se produce una interrupción en la producción de mineral o en su entrega a las plantas de ferrocromo, el nivel de stock (que se proyecta que se mantenga en un nivel de 12 semanas) disminuirá. Este excedente adicional se utiliza para reponer *stocks* y mantener el nivel de consumo saludable de 12 semanas.

Como se discutió en las secciones anteriores, existe suficiente capacidad a corto plazo. Se necesitará capacidad adicional (ya sea a través de nuevos proyectos o de la ampliación de la capacidad actual de las minas) después de 2020. Ambos requieren un precio más conveniente. El precio del mineral de cromo tenderá hacia el promedio quinquenal de \$200/t en los próximos 2 años, a medida que el mercado se calme de la subida anterior. Luego comenzará a aumentar de forma constante entre 2020 y 2024 para incentivar una oferta suficiente. Se proyecta que en 2024 se sitúe ligeramente por sobre los US\$ 230/t reales en 2017, o de los US\$ 265/t en términos nominales.

A largo plazo, a medida que la demanda disminuya gradualmente (como se explica en secciones anteriores), también se eliminarán gradualmente los suministros más costosos. Se proyecta que la oferta y la demanda de minerales se estabilicen alrededor de los 10Mt. Lo que da lugar a un CMLP ligeramente superior al nivel actual, con US\$ 210/t reales en 2017.

Figura 28 Balance de mercado del cromo (contenido) y proyección de precios del mineral de cromo



Fuente: CRU

Tabla 17 Oferta, demanda y balance del mercado del cromo (contenido), 000 toneladas

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Oferta	10.025	10.396	10.755	11.079	11.358	11.395	11.463	11.348	11.133	11.002
Demanda	9.694	10.084	10.417	10.715	11.002	11.039	11.091	10.984	10.770	10.650
Balance	331	312	338	364	356	356	372	364	363	352
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35	
Oferta	10.887	10.790	10.717	10.704	10.711	10.647	10.603	10.445	0,2%	
Demanda	10.541	10.444	10.371	10.360	10.367	10.306	10.263	10.109	0,2%	
Balance	346	346	346	344	344	341	340	336		

Fuente CRU

Tabla 18 Proyección de precios para el mineral de cromo. US\$ real 2017

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Precio real 2017, \$/t	207,1	202,5	210,3	215,6	224,1	228,5	231,6	230,7	229,1	226,8
Precio nominal, \$/t	211,0	210,8	223,6	233,0	240,3	249,9	264,9	269,0	272,4	275,1
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35	
Precio real 2017, \$/t	223,4	218,9	215,2	212,2	210,5	210,1	210,0	210,0	0,1%	
Precio nominal, \$/t	276,4	276,3	277,0	278,6	281,9	286,9	292,6	298,4	2,1%	

Fuente: CRU

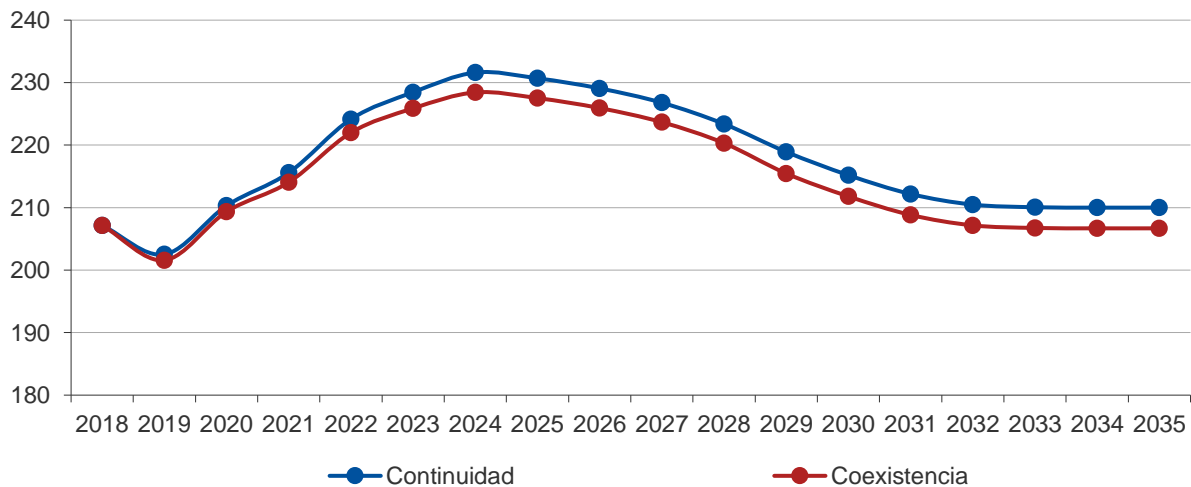
Escenario 2 – Coexistencia

Siguiendo la metodología de estimación de precios propia de CRU, en el mediano plazo el precio está determinado por el balance de mercado. En el largo plazo, por otro lado, depende del CMLP.

En el mediano plazo, la demanda de cromo en el escenario Coexistencia es similar a la del escenario Continuidad, siendo el de Coexistencia menor.

En el largo plazo, el CMLP estimado para este escenario es de US\$207/t (moneda real 2017) en 2029. Al estar por abajo del CMLP del escenario Continuidad, el precio bajo los supuestos del escenario Coexistencia seguirían una tendencia similar a la de Continuidad pero por debajo de los niveles del escenario Continuidad.

Figura 29 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (2017 US\$/t)



Fuente: CRU

Tabla 19 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para cromo (2017 US\$/t)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	207	203	210	216	224	228	232	231	229	227
Coexistencia	207	202	209	214	222	226	228	228	226	224
Diferencia*	-	- 0,9	- 1,0	- 1,5	- 2,2	- 2,6	- 3,2	- 3,2	- 3,1	- 3,1

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	223	219	215	212	210	210	210	210	0,1%
Coexistencia	220	215	212	209	207	207	207	207	0,0%
Diferencia*	- 3,1	- 3,5	- 3,4	- 3,3	- 3,3	- 3,3	- 3,3	- 3,3	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

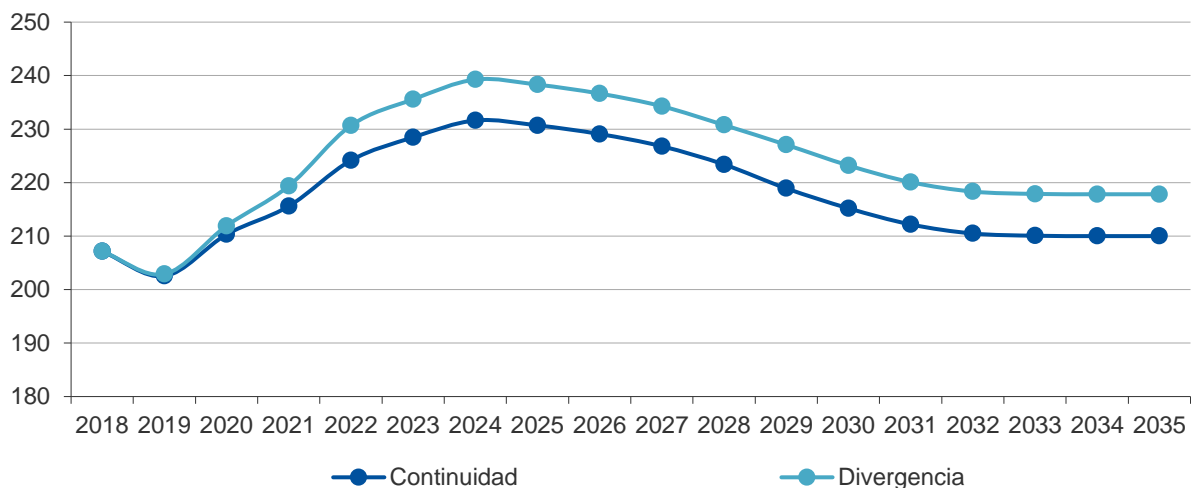
Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

En el mediano plazo, el escenario de Divergencia mantiene la misma oferta que el escenario Continuidad pero con una demanda levemente superior. Esto se traduce en que el escenario Divergencia presenta precios algo mayores al del escenario Continuidad en el mediano plazo.

El CMLP es US\$218/t resultando US\$8/t mayor que el CMLP del caso Continuidad. Esta diferencia en precios de largo plazo se debe a la mayor demanda esperada de cromo en el escenario Divergencia. Dada la mayor demanda y la necesidad de nueva capacidad de la oferta para cubrirla, se necesita un precio incentivo más alto que para la entrada de nuevas inversiones.

Figura 30 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para cromo (2017 US\$/t)



Fuente: CRU

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

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	207	203	210	216	224	228	232	231	229	227
Divergencia	207	203	212	219	231	236	239	238	237	234
Diferencia*	-	0,38	1,6	3,8	6,5	7,1	7,6	7,6	7,6	7,5

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	223	219	215	212	210	210	210	210	0,1%
Divergencia	231	227	223	220	218	218	218	218	0,3%
Diferencia*	7,4	8,2	8,0	7,9	7,8	7,8	7,8	7,8	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

1.3.4. Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del cromo

Para entrar en el mercado de cromo es importante entender sus principales características a nivel de proveedores, compradores, productos sustitutos y competidores. El modelamiento de las cinco fuerzas de la competitividad de Porter aborda estos puntos que se presentan a continuación.

Figura 31 Análisis Porter



Fuente: CRU

Barrera de entrada – Baja

No existen dificultades técnicas en la minería del cromo. La barrera de entrada proviene principalmente de la asignación geográfica de los recursos. Como se discutió en la sección 1.2, los depósitos de cromo se concentran en pocos países, principalmente en Kazajstán y Sudáfrica. Las oportunidades existentes en otras regiones son muy escasas. Para los países con grandes depósitos de cromo, su exportación se ha convertido en una fuente de ingresos muy importante. La inversión extranjera puede tener algunas restricciones. Algunos países (por ejemplo, Zimbabue) también intentaron prohibir la exportación de mineral de cromo en el pasado como un esfuerzo por retener el valor a nivel nacional. Esto aumenta el CAPEX de los nuevos proyectos.

Riesgo de sustitución – Bajo

Como se explica en la Sección 1.1.3, existe baja sustitución del cromo metalúrgico, ya que el cromo es necesario para todas las leyes de acero inoxidable. La principal forma de sustitución es el reciclaje de acero inoxidable. Además, los cambios bruscos de precios de otros metales podrían afectar indirectamente al cromo al convencer a los consumidores que utilicen series diferente de

acero inoxidable (por ejemplo, pasar de la serie 300 a la serie 400). Además, existe poca sustitución del cromo de fundición, como se explica en la sección de demanda. Ninguno de los sustitutos sin cromo produce resultados satisfactorios. Existen algunas sustituciones a productos químicos de cromo, especialmente en pigmentos. Sin embargo, el volumen total de productos químicos de cromo ya es bastante pequeño. Es probable que el impacto de estas sustituciones sea insignificante.

Poder de negociación del proveedor – Bajo (alto para los compradores)

Como se explicó en la sección 1.2, el mineral de cromo se encuentra con exceso de oferta. A mediano plazo se necesitará cierta capacidad adicional, pero la diferencia es pequeña. Además, el cromo UG2 se produce como subproducto de los metales del grupo del platino. Estos productores pueden seguir siendo rentables a un precio del mineral de cromo muy bajo. Además, las empresas de ferrocromo y de acero inoxidable también confían cada vez más en los mecanismos de fijación de precios basados en contratos para garantizar un suministro estable de materias primas. La proporción de mineral de cromo que se negocia al contado ha disminuido. Por último, la minería artesanal en Sudáfrica posee un volumen significativo. Esto también reduce el poder de negociación de los productores no artesanales.

Desde el punto de vista del comprador, las empresas de acero inoxidable se están consolidando rápidamente en China. A medida que el número total de compradores de cromo disminuye y el tamaño promedio de cada comprador aumenta, los compradores tendrán mayor poder de negociación que los vendedores de mineral de cromo menos concentrado. Estos fabricantes de acero inoxidable también están cambiando hacia un modelo de negocio más integrado. Compañías como Sinosteel se dedican activamente a la producción aguas arriba para asegurar un suministro constante de cromo.

Anexo I. Glosario

Monedas y medidas de valor

Sigla	Significado
US\$	Dólar estadounidense
US\$/t	Dólar estadounidense por tonelada

Empresas e Instituciones

Sigla	Significado
ERG	Eurasian Resources Group
UE	Unión Europea
USGS	<i>United States Geological Service</i> / Servicio Geológico Estadounidense

Medidas de peso

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

Otros

Sigla	Significado
AFS	Numero de Finura de Grano
MGP	Metales Grupo Platino
GTIS	<i>Global Trade Information Services</i>
LME	<i>London Metal Exchange</i> / Bolsa de metales de Londres
LRMC – CMLP	<i>Long run marginal cost</i> / Costo marginal de largo plazo
PIB	Producto Interno Bruto
SRMC – CMCP	<i>Short run marginal cost</i> / Costo marginal de corto plazo
TCAC	Tasa de Crecimiento Anual Compuesto
China CIF	<i>Cost Insurance and Freight</i> / Costo, seguro y flete
UG2	Grupo superior #2 (Upper Group) del estrato del arrecife de Merensky en el complejo ígneo Bushveld en Sudáfrica

Anexo II. Bibliografía

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