



Tungsteno

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

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

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

Copyright CRU Internacional Limited 2017. 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 tungsteno	1
Resumen ejecutivo de la industria del tungsteno	1
Introducción	2
1.1. Demanda de tungsteno	2
1.1.1. Determinantes de la demanda de tungsteno y usos finales	2
1.1.2. Intensidad de uso & el ciclo de desarrollo del tungsteno	5
1.1.3. Sustitución y elasticidad de la demanda de tungsteno.....	7
1.1.4. Demanda histórica de tungsteno	9
1.1.5. Proyección de demanda de tungsteno.....	12
1.2. Oferta de tungsteno.....	18
1.2.1. Recursos y reservas de tungsteno: evolución, tasas de descubrimiento, presupuesto de exploración	18
1.2.2. Métodos de extracción y procesamiento de tungsteno	21
1.2.3. Cadena de valor del tungsteno	23
1.2.4. Costo de capital de tungsteno	25
1.2.5. Comercialización del tungsteno	25
1.2.6. Producción histórica de tungsteno.....	28
1.2.7. Proyección de producción de tungsteno	30
1.3. Balance del mercado y precio del tungsteno	35
1.3.1. Descripción de la estructura y mecanismos de precio del tungsteno	35
1.3.2. Balance de mercado y precio histórico del tungsteno	36
1.3.3. Proyección de balance de mercado y precio del tungsteno	39
1.4. Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del tungsteno.....	45
Anexo I. Glosario	47
Anexo II. Bibliografía	48

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, tungsteno	9
Tabla 2 Demanda histórica de tungsteno, 2008-2017 (toneladas)	12
Tabla 3 Proyección de demanda de tungsteno, 2018-2035 (toneladas)	15
Tabla 4 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (kt)	16

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (kt)	18
Tabla 6 Estimaciones de reservas de tungsteno en 2008-2017 (toneladas)	19
Tabla 7 Costo económico para proyectos de tungsteno	25
Tabla 8 Importaciones de mineral y concentrado de tungsteno (toneladas)	27
Tabla 9 Exportaciones de tungsteno (toneladas)	28
Tabla 10 Producción histórica de tungsteno, 2008-2017 (toneladas)	30
Tabla 11 Proyección de producción de tungsteno, 2018-2035 (toneladas)	32
Tabla 12 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (kt)	33
Tabla 13 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (kt)	34
Tabla 14 Balance de mercado histórico y precios en China, 2008-2017	37
Tabla 15 Balance de mercado histórico y precios en el resto del mundo, 2008-2017	38
Tabla 16 Balance de mercado pronosticado y precios en China, 2018-2035	40
Tabla 17 Balance de mercado pronosticado y precios en el resto del mundo, 2018-2035	42
Tabla 18 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (2017 US\$/t)	43
Tabla 19 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (2017 US\$/t)	44

Índice de figuras

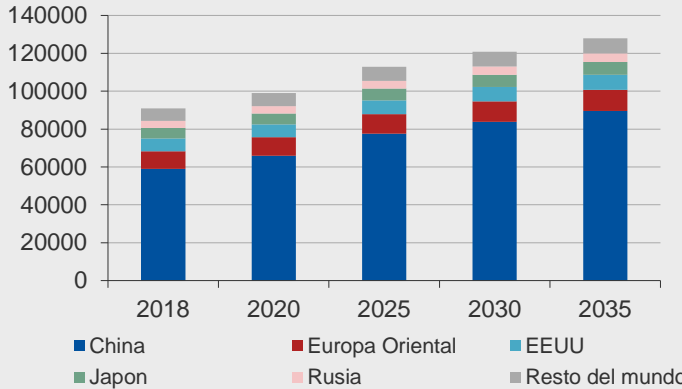
Figura 1 Demanda de tungsteno por país, 2017	4
Figura 2 Demanda de tungsteno por uso final, 2017	4
Figura 3 Determinantes macroeconómicos globales	5
Figura 4 Intensidad de uso según PIB/cápita, 2017	6
Figura 5 Demanda histórica de tungsteno, 2008-2017 (toneladas)	12
Figura 6 Proyección de demanda del tungsteno, 2018-2035 (toneladas)	15
Figura 7 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (kt)	16
Figura 8 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (kt)	17
Figura 9 Mapa de las reservas de tungsteno de los principales productores a 2017 (en miles de toneladas)	20
Figura 10 Presupuestos de exploración del tungsteno, 2008-2035 (MUS\$, real 2017)	21
Figura 11 Método de procesamiento	22
Figura 12 Cadena de valor del tungsteno	23
Figura 13 Importaciones de minerales y concentrados de tungsteno	26

Figura 14 Exportaciones de minerales y concentrados de tungsteno	26
Figura 15 Participación de producción de tungsteno por país, 2017 (toneladas)	28
Figura 16 Producción de tungsteno por país, 2017 (toneladas)	28
Figura 17 Producción histórica de tungsteno, 2008-2017 (toneladas)	30
Figura 18 Proyección de producción de tungsteno, 2018-2035 (toneladas)	32
Figura 19 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (kt)	33
Figura 20 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (kt)	34
Figura 21 Balance de mercado histórico y precios en China, 2008-2017	37
Figura 22 Balance de mercado histórico y precios en el resto del mundo, 2008-2017	38
Figura 23 Balance de mercado pronosticado y precios en China, 2018-2035	40
Figura 24 Balance de mercado pronosticado y precios en el resto del mundo, 2018-2035	41
Figura 25 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (2017 US\$/t)	43
Figura 26 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (2017 US\$/t)	44
Figura 27 Análisis de 5 fuerzas de Porter, tungsteno	45

1. Mercado del tungsteno

Resumen ejecutivo de la industria del tungsteno

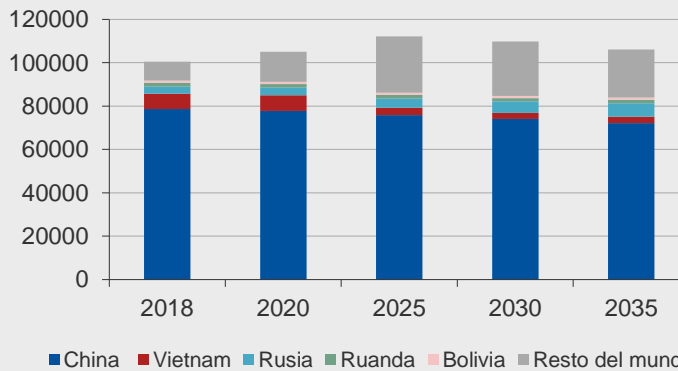
Proyección de demanda (toneladas)



DEMANDA

1. El consumo total de tungsteno alcanzará las 128 kt en 2035, aumentando desde 90,9 kt en 2018.
2. La actividad futura está asociada a la evolución de indicadores macroeconómicos relevantes, incluyendo el crecimiento de la producción industrial en sectores usuarios.
3. China se mantendrá como el mercado más grande. La demanda aumentará, de 59 kt en 2018 a 89,5 kt en 2035.
4. China también representará la mayor parte del crecimiento en la demanda, con su consumo incrementándose a una TCAC 2,5%.
5. Los sectores de la fabricación de aceros y metales duros serán los impulsores clave para la demanda a largo plazo, y mantendrán alrededor del 35% y el 45% de la demanda total de tungsteno, respectivamente. La demanda global en la fabricación de aceros crecerá de 24,2 kt en 2018 a 44,9 kt en 2035. La demanda de metales duros aumentará de 46 kt en 2018 a 57,5 kt para 2035.

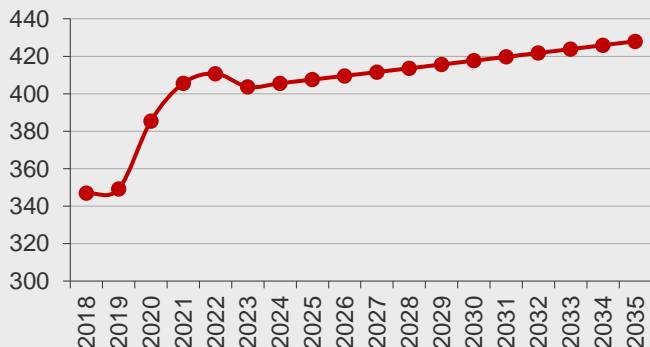
Proyección de producción (toneladas)



OFERTA

1. La producción total de tungsteno alcanzará las 106,2 kt en 2035 comparado con 100,5 kt en 2018. El principal contribuyente al crecimiento de la oferta será Rusia y otros países en el resto del mundo.
2. La producción de tungsteno en Rusia aumentará, de 3,2 kt en 2018 a 6,3 kt para 2035 favorecida por la reciente orden emitida por el presidente de este país de continuar impulsando esta industria.
3. China se mantendrá como el principal productor, pero con una baja en la producción de 6,4 kt, equivalente a una TCAC de -0,5%.
4. La producción en otros países principales como Vietnam, Ruanda y Bolivia caerá. La producción combinada de estos países caerá de 10 kt a 5,4 kt durante el periodo 2018-2035.
5. CRU evalúa que existe una posible limitante en la disponibilidad de minerales de tungsteno para un horizonte de 17 años.

Proyección de precio
US W APT 88.5% WO₃ EXW (2017 US\$/mtu)



PRECIOS

1. Se proyecta que los precios aumentarán de US\$347/mtu en 2018 a US\$428/mtu para 2035 (real, 2017).
2. Existe un riesgo importante en la proyección de precios, ya que la mayoría de la producción se encuentra en China. Los cambios en la dinámica de mercado pueden tener un efecto severo en la industria, tanto al alza como a la baja. Dada la popularidad que atrae la materia prima, es más probable que se adopten políticas de gobierno relacionadas a la industria del tungsteno.
3. Se considera que la producción de los depósitos remanentes de tungsteno no podrá mantenerse estable en el tiempo, por lo que el riesgo de demoras o cancelaciones de proyectos podría resultar en un déficit anticipado o en menores stocks disponibles, llevando a una situación de volatilidad.

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 tungsteno

1.1.1. Determinantes de la demanda de tungsteno y usos finales

El tungsteno se usa en una amplia gama de productos finales, donde sus cualidades especiales lo hacen altamente apto y, en caso de algunos usos finales clave, **difícil de reemplazar**. Los usos principales del tungsteno son:

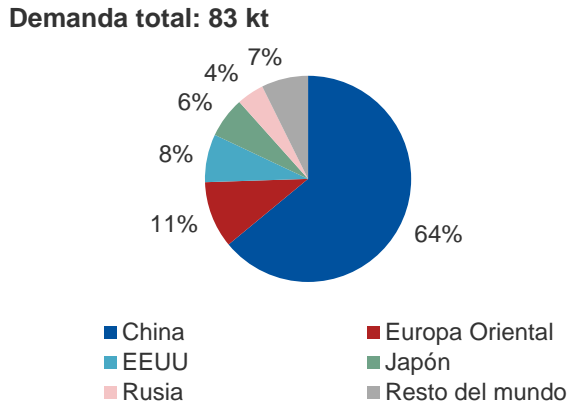
- **Metales duros (o carburos cementados):** se refiere a carburos de tungsteno, que poseen una dureza similar a la del diamante, en aleación con cobalto y a veces con carburo de niobio o tántalo. Los carburos cementados son materiales duros, resistente y refractarios que se producen a partir de granos de carburo metálico monocristalino. Se usan en una variedad de taladros (desde los perforadores para la minería a los taladros más finos usados en la ortodoncia) y en herramientas de corte para el trabajo de acero y otros metales y para cortar piedras. También se usan en moldes, punzones y rodillos en la industria del acero, armamento y puntas de bolígrafos. Las industrias más importantes en términos de consumo de carburos cementados son la automotriz, mecánica y aeronáutica, que representan algo más del 50% de la demanda total de este segmento.

- **Acero de alta resistencia y superaleaciones:** el tungsteno se usa por las mismas propiedades por las que es utilizado en carburos cementados. El tungsteno imparte dureza y resistencia a altas temperaturas para los aceros de corte y las superaleaciones. Dentro de las aleaciones hay cuatro grupos de aceros con aleación de tungsteno: las herramientas, aceros inoxidable y resistentes al calor, aleaciones de tungsteno (superaleaciones) y las aleaciones pesadas. De estos grupos, las herramientas son el segmento principal en términos de consumo. Estas se dividen en tres tipos, dependiendo del uso deseado y que determina el contenido de tungsteno: las herramientas de trabajo en frío (0,5-3,0% W), herramientas de trabajo en caliente (1,8-18,0% W) y el acero de alta velocidad (sobre 7% de aleación, combinando W, Mo y V). Los aceros inoxidable y resistentes al calor se usan principalmente en la infraestructura oceánica y para el tratamiento de agua de mar y residual. Las aleaciones de tungsteno se usan en los motores aeronáuticos, en submarinos y en estaciones termoeléctricas, así como también en piezas de hornos, ya que pueden mantener su comportamiento a altas temperaturas, mostrando una buena resistencia a la deformación y a la fatiga térmica. Por último, las aleaciones pesadas por lo general tienen un alto contenido de tungsteno (90-98% W) y se usan debido a su alta densidad. Algunos de sus usos incluyen el lastre en aviones, protección de rayos X y radiación, palos de golf y munición perforadora de blindaje.
- **Aplicaciones eléctricas y electrónicas:** el tungsteno se usa en cantidades pequeñas pero vitales en un amplio rango de tubos de rayos catódicos, electrodos, contactos eléctricos, placas de circuitos y otras aplicaciones electrónicas.
- **Aplicaciones químicas.**
- **Filamentos de ampollitas:** desde comienzos del siglo 20 se han usado filamentos de tungsteno en las ampollitas incandescentes. Este producto es efectivo para emitir luz, pero ineficiente en su uso de energía. Hoy en día está siendo reemplazado por una gama de ampollitas mucho más eficientes, muchas de las cuales contienen algo de material con tungsteno en varias formas, pero en cantidades mucho menores.

El tungsteno es una materia prima de alto precio, por lo que se usa sólo en productos donde su rendimiento justifica el costo de la materia prima. Es poco probable que emerja una nueva aplicación que consuma grandes volúmenes de este material – la munición es la única posibilidad en esta categoría. También es poco probable que la sustitución afecte sus mercados principales hasta 2035. Incluso en la iluminación se seguirá usando tungsteno. La demanda a futuro, por lo

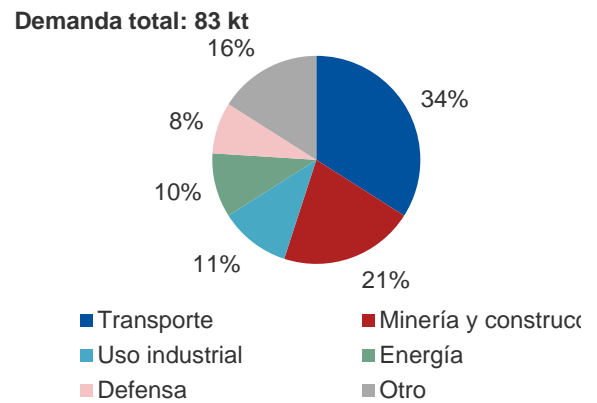
tanto, estará estrechamente relacionada a las tendencias de la actividad económica. Las mayores incertidumbres en la industria del tungsteno se relacionan a la oferta futura.

Figura 1 Demanda de tungsteno por país, 2017



Fuente: CRU

Figura 2 Demanda de tungsteno por uso final, 2017

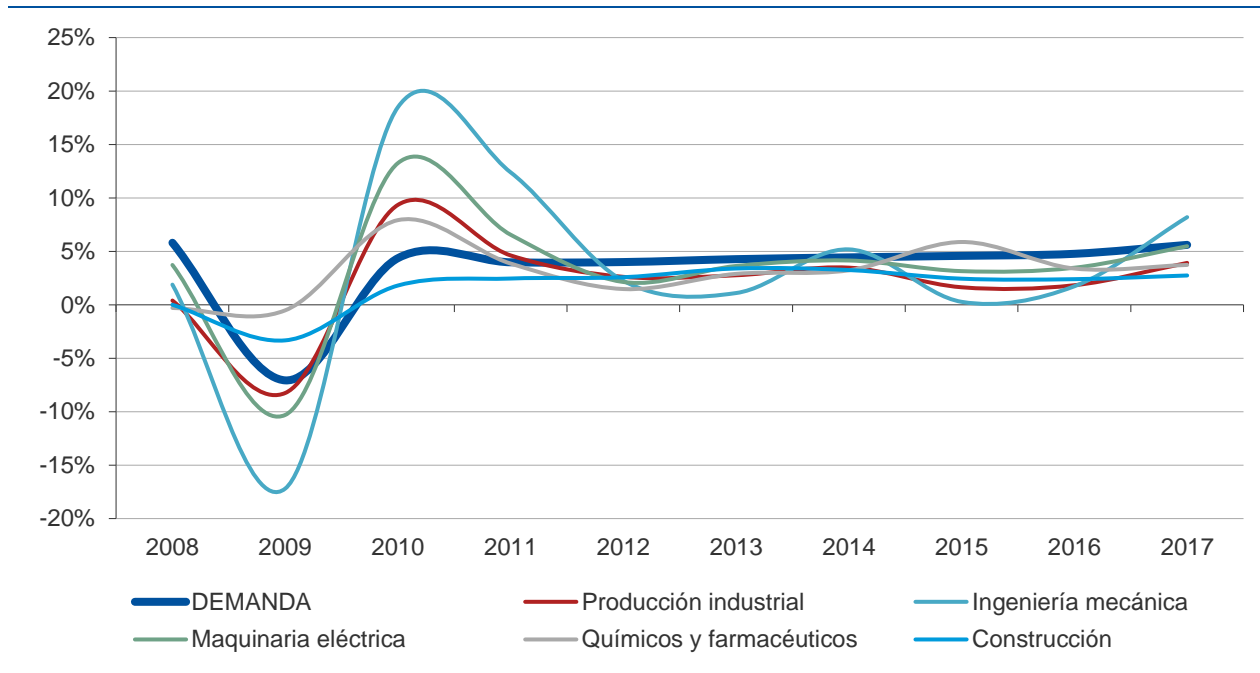


Fuente: CRU

Alrededor de un tercio de la demanda de tungsteno se consume en el sector de transporte que hace uso de muchas herramientas de carburo, las que tienen un alto contenido de tungsteno. Los sectores de la minería y construcción son el segundo mayor sector de uso final, con un 21% de la demanda global. Los productos de tungsteno son de alto consumo para uso industrial, así como también para la defensa y otros sectores.

La figura que se encuentra a continuación muestra que cambios en el consumo de tungsteno están correlacionados a los cambios en la producción industrial, lo que es de esperar, ya que sus usos finales principales están relacionado a la manufactura. La demanda de tungsteno también tiene lazos con la ingeniería mecánica y la producción industrial en general, así como también con las proyecciones de las actividades de construcción.

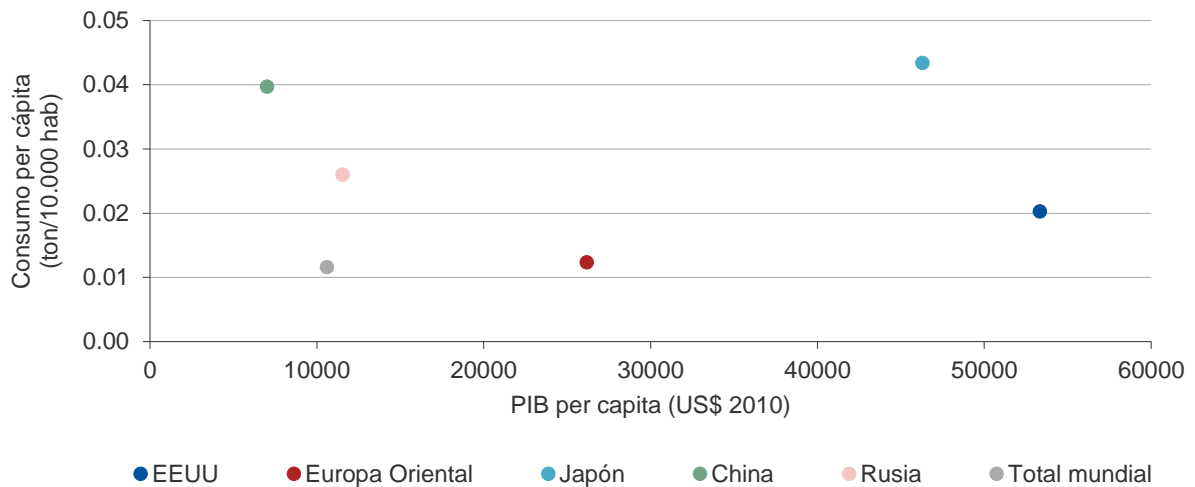
Figura 3 Determinantes macroeconómicos globales



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

Siguiendo las principales tasas de aumento en la demanda, China está rápidamente aumentando en términos de intensidad per cápita, principalmente debido al aumento en la demanda de fabricación de aceros y metales duros. La intensidad en China ha aumentado, de 21 kg cada mil habitantes en 2008 a 40 kg para 2017. Las intensidades en los países desarrollados han caído en un promedio de 10kg/mil habitantes durante el mismo periodo. Los otros países principales, así como también la intensidad global, se han mantenido relativamente estables desde 2008, con una ligera caída en Japón.

Figura 4 Intensidad de uso según PIB/cápita, 2017



EE. UU. y Canadá tienen un PIB/cápita similar, pero la intensidad por mil habitantes en Japón es considerablemente mayor debido a su dominio en el mercado automotriz. El PIB también es comparable entre Japón y Europa Occidental, donde esta última tiene un PIB per cápita equivalente a la mitad de Japón.

La economía en desarrollo de China tiene un PIB/cápita considerablemente por debajo de las naciones desarrolladas que se mencionan anteriormente, aunque sus cifras de intensidad están más cerca del promedio. La demanda por cada mil habitantes para China en 2017 fue de alrededor de 40 kg, comparados a los 20 kg para EE. UU., 10 kg para Europa Occidental, 40 kg para Japón y 26 kg para Rusia. Esperaríamos que la intensidad en los países desarrollados siguiera creciendo con fuerzas a largo plazo, mientras que es más probable que las economías en desarrollo se estabilicen.

1.1.3. Sustitución y elasticidad de la demanda de tungsteno

Sustitución

Las propiedades del tungsteno, de las cuales las más importantes son su dureza y resistencia a las altas temperaturas, hacen que sea difícil de reemplazar con otros materiales. La sustitución con otros materiales, cuando es factible técnicamente, implica un balance entre el costo y el rendimiento del producto. Este es el caso en particular en industrias donde un alto rendimiento del producto es importante, como en las aplicaciones de la aeronáutica y defensa.

Los cerámicos, carburos de titanio y aceros de alta velocidad (HSS) pueden representar una amenaza al carburo de tungsteno en aplicaciones de herramientas de corte, aunque no se espera que le quiten una participación de mercado significativa a los carburos cementados para el período proyectado. El precio es el principal determinante de una sustitución potencial: una vez que la demanda se recupera, los altos precios sostenidos del tungsteno en comparación a otros materiales podrían resultar en una preferencia por materiales alternativos. El principal riesgo para el consumo de tungsteno primario en los carburos cementados es la tendencia a la economización y a la miniaturización en las herramientas de corte (incluyendo el uso extenso de recubrimientos y puntas intercambiables que extienden la vida útil de las herramientas) y el uso de chatarra para su fabricación. La chatarra representa una amenaza significativa al uso de material primario en esta aplicación, dados los avances que ya ha logrado en los últimos años.

El molibdeno se suele considerar como el sustituto más cercano al tungsteno. Durante la segunda guerra mundial, la alta demanda de tungsteno y la oferta limitada del mismo llevó a los fabricantes de acero en Europa y EEUU a usar molibdeno como sustituto. Esto fue ventajoso para los fabricantes de acero, debido al bajo precio del molibdeno en esa época, así como también debido a su menor peso. Desde entonces, el molibdeno ha ganado terreno en el sector de los aceros para herramientas.

En los últimos años hemos visto que el consumo de ampolletas ha pasado por una transformación como resultado de una mayor conciencia ambiental, lo que está llevando a nuevas legislaciones relacionadas a las ampolletas. Los gobiernos están incentivando o, en algunos casos, obligando a sus ciudadanos a dejar de usar ampolletas incandescentes y a usar dispositivos de iluminación más eficientes en su lugar.

Elasticidad de la demanda

La opinión de CRU es que la elasticidad del precio de la demanda de la mayoría de nuestras materias primas es cero o casi cero a corto plazo, e incluso a largo plazo.

La razón fundamental de ello es que los productos básicos no se consumen como bienes finales, sino como insumos de los bienes finales o de los bienes de capital que prestan servicios finales. Como tal, debemos tener en cuenta que la demanda de materias primas es una demanda derivada.

Como tal, los argumentos presentados por Lord Alfred Marshall en el primer texto de economía "Principios de la Economía" (donde inventó el concepto de la elasticidad de precios de la demanda) siguen siendo válidos. Sus argumentos implicaban que la elasticidad de precios de la demanda de un insumo (la elasticidad de precios de la demanda derivada) sería menor si se cumplieran las siguientes dos condiciones:

- a. Si ese insumo o un producto intermedio derivado de él se utiliza como complemento para producir el producto final (baja sustituibilidad).
- b. La parte (share) de ese insumo en el bien y servicio final es pequeña (parte de bajo valor).

Estos son los dos criterios principales. La primera significa que no hay sustitución de precios. El segundo significa que no hay ningún efecto sobre los ingresos. La exclusión de ambos significa una elasticidad de precios no significativas.

Pero incluso si uno de los dos no es válido, hay otros criterios que también podrían descartar una elasticidad significativa de los precios de un producto básico:

- c. Incluso si el producto tiene sustitutos, si esos sustitutos son de suministro fijo (baja elasticidad del suministro de sustitutos). En este caso, una subida del precio de una materia prima significará que el precio de sus rivales también subirá. En general, requerimos que el precio de un producto básico suba de manera significativa y permanente por encima de sus rivales en un uso final para que se produzca la sustitución de precios.
- d. Incluso en el raro caso de que la materia prima forme gran parte de la demanda final, si la elasticidad del precio de la demanda de ese bien o servicio final es baja (baja elasticidad del precio final), entonces hay poco efecto en los ingresos de cualquier manera.

Para la mayoría de los productos de este estudio, todas estas circunstancias, o bastantes, se aplican para hacer que la elasticidad de los precios sea menos sensible.

Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, tungsteno

Factor de análisis	Características específicas del tungsteno
Usos principales	Carburos cementados, aleaciones de acero, productos de fundición, otros usos menores
Baja sustituibilidad	Sí, el único riesgo de sustitución relevante para el tungsteno primario es la chatarra y la miniaturización
Participación de bajo valor	Sí
Baja elasticidad de la oferta de sustitutos	No
Baja elasticidad precio final	Sí

1.1.4. Demanda histórica de tungsteno

Principales consumidores por actividad económica en los últimos diez años

Tal como se plantea en la sección “Determinantes de la demanda de tungsteno y usos finales” de este reporte, los principales sectores económicos ligados al consumo de tungsteno están relacionado a la industria manufacturera y aplicaciones industriales. La demanda de tungsteno también tiene lazos con la ingeniería mecánica y la producción industrial en general, así como también con las proyecciones de las actividades de construcción y extracción.

Principales países y/o regiones consumidoras de tungsteno

En esta sección se presentan los principales países y/o regiones consumidoras de tungsteno 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.

La demanda total ha aumentado en un promedio de 3,1% anual desde 2008. El segmento que más ha contribuido a este crecimiento ha sido el de los carburos cementados y aleaciones de acero, que crecieron a una TCAC del 2% y del 6,5%, respectivamente. Durante 2017, estos segmentos representaron más del 77% de la demanda total.

China ha sido, por un amplio margen, el principal consumidor de tungsteno en los últimos 10 años, con una demanda total de 56 kt en 2017 equivalente a un 64% del consumo global. Esto representa un crecimiento de la TCAC del 7,8% durante el periodo 2008 y 2017. El consumo de tungsteno en China está dominado por los carburos cementados y aceros especiales, que en conjunto representan un 78% del consumo doméstico en 2017 (basados en el consumo en la producción de productos de uso final). Se destaca que el crecimiento más rápido también se vio

en estas dos áreas, en especial en la producción de aceros especiales, donde el consumo de tungsteno aumentó a una TCAC del 9,1% entre 2008 y 2017.

El creciente volumen de tungsteno que se procesa en China se ha convertido en una de las características que han definido la industria en la última década. El gigante asiático solía proveer sólo concentrados pero su oferta ha ido cambiando cada vez más hacia una amplia gama de productos de tungsteno con valor agregado. El crecimiento en el consumo doméstico ha sido vital para apoyar la política de gobierno de promover el procesado aguas abajo. Los carburos cementados y los aceros especiales son los principales puntos de consumo de tungsteno en China, y los sectores de uso final para consumo de más rápido crecimiento.

Más aún, dada la preocupación de China respecto a la vida útil de sus recursos locales de tungsteno, la exitosa expansión de productos aguas abajo no será considerada como benigna si la mayoría de su producción se exporta. El gobierno de China está ansioso por asegurar que el consumo de recursos domésticos se realiza en la forma de productos que se producen y consumen dentro de China. Para evitar que el crecimiento de la producción simplemente fluya a los mercados de exportación, el gobierno de China ha tomado un papel activo en formar y dirigir el crecimiento del procesado aguas abajo.

Europa, específicamente Europa Occidental, es un importante consumidor global de tungsteno, con una demanda de 9,2 kt en 2017. Sin embargo, la región ha experimentado una caída en la demanda en la última década del -3,7% anual. Europa tiene una oferta doméstica limitada de concentrado, los que provienen de minas en Austria, Portugal, España y el Reino Unido. La demanda de Europa representa el 11% de la demanda total global en 2017, una caída de 6 puntos porcentuales comparado con 2008 donde representaba 17% del consumo mundial.

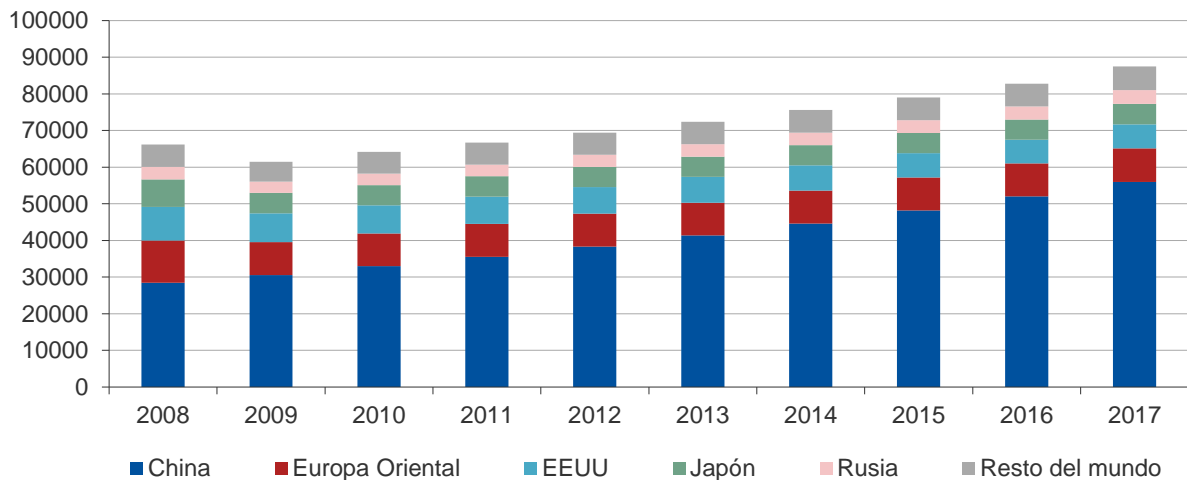
Estados Unidos es el tercer principal consumidor de tungsteno a nivel global. Basados en las estimaciones de CRU, el consumo de tungsteno primario en los EEUU cayó a una TCAC del 2,5% en el período 2008-2017. Para 2017, representó un total de menos de 6,6 kt de metal contenido. Se puede apreciar una situación muy similar en Japón, donde la demanda ha mostrado una tendencia a la baja, cayendo a una TCAC del 3,2% para el mismo periodo. Ya no hay minas de tungsteno en operación en Japón, y la única oferta de material doméstico proviene de la chatarra que se genera localmente. Entre tanto, para el mismo periodo en Rusia (y en el resto de la antigua Unión Soviética), el consumo y producción de tungsteno se mantuvo relativamente plano. La demanda cayó fuertemente en 2009, recuperándose tras las turbulencias de la crisis financiera global.

En los sectores de uso final, el sector de los metales duros (carburos cementados) ha sido por amplio margen el más relevante. Los carburos cementados se pueden producir a partir de otros componentes metalúrgicos duros en polvo sinterizado, sin contenido de tungsteno. No obstante, el uso de tungsteno para este uso final está bastante asegurado, debido a sus características de alto rendimiento. Por este motivo los carburos de tungsteno representan un estimado de hasta un 95% del mercado. La demanda de tungsteno en este sector ha experimentado un crecimiento fuerte, en particular en China, y representa un 51% de la demanda global total. El consumo de tungsteno primario en los metales duros ha crecido a una TCAC del 2% entre 2008 y 2017. Como resultado, el requerimiento de tungsteno llegó a un total de 44,4 kt en 2017, frente a las 22,9 kt de 2008.

El sector de la fabricación de aceros ahora representa el segundo sector de uso final más importante en la demanda de tungsteno, representando alrededor del 26% de la demanda total global de tungsteno en 2017. El tungsteno se usa como elemento de aleación en aceros de los siguientes tipos: aceros para herramientas, aceros de alta velocidad (HSS), aceros resistentes al calor y a la deformación, aceros inoxidable resistentes a la corrosión y aceros para válvulas. Estos aceros tienen una amplia gama de aplicaciones, pero se usan principalmente para el trabajo, corte y formado de componentes metálicos donde se requiere una resistencia extrema al desgaste y a las altas temperaturas. El uso de tungsteno en los aceros de herramientas también mejor la eficiencia de corte, la velocidad de las herramientas y el rendimiento y resistencia a la tensión de los aceros. La demanda general de tungsteno primario del sector de aceros ha crecido a una TCAC del 6,5%, de 13 kt en 2008 a 22,9 kt en 2017. La mayor parte de este crecimiento se puede atribuir a un fuerte crecimiento en la producción de acero en China.

La categoría de productos de fabricación incluye los aplicaciones de metal de tungsteno, como varillas de metal, láminas y placas. También incluye aleaciones de tungsteno que se usan en aplicaciones que requieren de una alta densidad y resistencia a la temperatura, como en el caso de electrodos, filamentos, alambres y otros componentes para aplicaciones eléctricas y de soldadura. La demanda global para el tungsteno primario para en este segmento ha crecido a una TCAC promedio del 1,8% entre 2008 y 2017. Esto ha sido impulsado por el aumento en el uso de fuentes de iluminación con tungsteno, debido al rápido crecimiento en la demanda en países desarrollados, donde la electrificación de áreas rurales está en expansión. La demanda de tungsteno para su uso en otras aplicaciones eléctricas, como las placas de circuitos y chips de computador se mantiene sostenida. Para 2017, el consumo global de tungsteno primario en productos del sector final de fundición alcanzó las 13,4 kt de metal contenido.

Figura 5 Demanda histórica de tungsteno, 2008-2017 (toneladas)



Fuente: CRU

Tabla 2 Demanda histórica de tungsteno, 2008-2017 (toneladas)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
China	28.480	30.578	32.961	35.539	38.329	41.350	44.620	48.162	52.000	55.985	7,8%
Europa Occidental	11.503	8.957	8.963	8.969	8.975	8.981	8.987	8.993	9.000	9.159	-3,7%
EEUU	9.200	7.859	7.649	7.444	7.244	7.051	6.862	6.679	6.500	6.580	-2,5%
Japón	7.446	5.578	5.563	5.549	5.536	5.525	5.516	5.507	5.500	5.579	-3,2%
Rusia	3.450	3.056	3.129	3.202	3.278	3.356	3.435	3.517	3.600	3.746	0,9%
Resto del mundo	6.094	5.467	5.917	6.031	6.041	6.107	6.161	6.184	6.215	6.410	0,6%
Total mundial	66.173	61.496	64.180	66.734	69.404	72.369	75.581	79.042	82.815	87.459	3,1%
% cambio anual		-7,1%	4,4%	4,0%	4,0%	4,3%	4,4%	4,6%	4,8%	5,6%	

Fuente: CRU

1.1.5. Proyección de demanda de tungsteno

Escenario 1 - Continuidad

CRU ha creado un modelo de proyección para estimar la demanda de tungsteno primario para el período 2018-2035. El modelo estima la demanda de tungsteno primario para cada sector de uso final, catalogando la demanda histórica en las proyecciones relevantes para los indicadores macroeconómicos e industriales clave. En muchos casos la demanda está asociada a las proyecciones de crecimiento para la producción industrial (PI) o para el crecimiento de PI de un sector en particular para una región o país específico.

La segunda y tercera etapas en la metodología de proyección de CRU toman en consideración los efectos de sustitución por chatarra, otros productos y otros materiales en el consumo de tungsteno primario. CRU considera tolerancias para cualquier sustitución esperada, ya sea en contra o a favor del tungsteno para un uso final en particular, o en contra o a favor de cualquier otro producto.

Enfocados a futuro, la demanda total de tungsteno aumentaría a un ritmo lento, mostrando una TCAC del 2% y alcanzando un total de 128 kt para 2035. Como se mencionó previamente, la demanda de tungsteno está altamente concentrada en China. CRU proyecta que China representará el 69% de la demanda global total de tungsteno primario en 2035.

La región siguiente es Europa Occidental que se espera constituya un 8,7% de la demanda total. Se estima que el consumo europeo de tungsteno primario crecerá a una TCAC de 0,5% para el periodo proyectado. Las perspectivas para el consumo de tungsteno en el sector de transporte en Europa Occidental son pobres. Esto debilitará la demanda de superaleaciones. Para el transporte terrestre, la producción acumulada de vehículos de Alemania, Francia, España, Italia y el Reino Unido se proyecta como relativamente plana. Los fabricantes de automóviles se enfrentan a una competencia de productores de menor costo en países emergentes. Consecuentemente, se espera que el crecimiento en el consumo de tungsteno en el sector automotriz sea débil para el periodo proyectado. Esto tiene implicaciones para los sectores de acero para herramientas y carburo cementado, que abastecen de herramientas de corte a los fabricantes de automóviles. El potencial para un menor crecimiento en los productos de fundición es mayor en Europa, donde existe una prohibición de ampolletas incandescentes a nivel de la Unión Europea. Sin embargo, todavía se espera que haya algo de crecimiento en la demanda para otros usos finales en productos de fundición, incluyendo aeroespaciales y militares, impresoras, fotocopiadoras y otros dispositivos con cargas, hornos, electrodos, equipos de radiación y otros hechos en tungsteno.

Estados Unidos requerirá 1,2 kt adicionales para 2035, llegando a un total de 7,9 kt. Se espera que la demanda de material primario en los EE. UU. se recupere de forma estable para el periodo proyectado, siguiendo las proyecciones de crecimiento de la producción industrial.

La demanda de tungsteno en Japón se proyecta como plana, creciendo a una TCAC de 0,6% hasta 2035. Los carburos cementados representan la mayor parte de la demanda total en Japón (~70% en 2017), y el sector está estrechamente relacionado al sector automotriz, que ha sufrido en los últimos años y que se proyecta relativamente plano para el periodo proyectado. Alrededor del 40% de los envíos de herramientas de corte de Japón terminan en manos de fabricantes

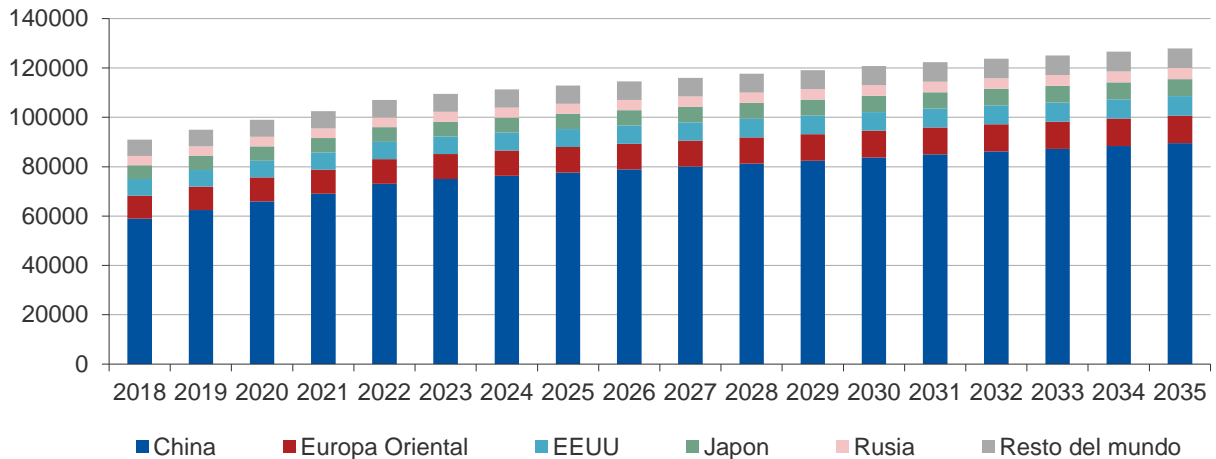
automotrices, lo que significa que tanto el sector de metales duros como el de herramientas de acero está sufriendo por la contracción en la producción de vehículos en Japón.

Se proyecta que el consumo de tungsteno primario en Rusia se mantenga igual durante 2018 y 2035, con una TCAC del 1,0% a medida que la economía retoma su crecimiento. Aunque se espera algo de consumo adicional de chatarra en Rusia, se espera que las ganancias sean más moderadas a las de otras regiones, con una nueva capacidad de concentrado doméstico potencial. Para 2035 se proyecta que el consumo primario de Rusia alcance las 4,5 kt de metal contenido.

Desde el punto de vista de los sectores de uso final, se espera que la demanda en el sector de metales duros aumente de 46 kt en 2018 a 57,5 kt en 2035. Esto representa una TCAC del 1,3%. El índice que se usa para proyectar el consumo en metales duros se asocia a la ingeniería mecánica y a la producción industrial en general, así como también a las proyecciones de las actividades de construcción y extracción. Para reflejar estos impulsores hemos creado un índice ponderado (donde están disponibles los índices para una región o país), para proyectar la demanda sectorial de tungsteno.

Para poder proyectar el consumo de tungsteno en el sector de la fabricación de aceros, se asocia el consumo histórico a los índices de producción industrial relevantes. En general, se espera que la demanda primaria del sector de acero experimente una desaceleración en su crecimiento comparado con la última década pero aún conserve una saludable expansión de 3,7% anual para el periodo 2018-2035. De esta manera, se proyecta que la demanda de tungsteno alcance un total de 44,9 kt en 2035, representando un 35,1% de la demanda global.

Figura 6 Proyección de demanda del tungsteno, 2018-2035 (toneladas)



Fuente: CRU

Tabla 3 Proyección de demanda de tungsteno, 2018-2035 (toneladas)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
China	58.975	62.470	65.972	68.982	73.000	74.966	76.335	77.571	78.844	80.008
Europa Occidental	9.321	9.486	9.654	9.826	10.000	10.138	10.270	10.371	10.465	10.560
EEUU	6.662	6.745	6.829	6.914	7.000	7.088	7.167	7.253	7.335	7.415
Japón	5.660	5.742	5.826	5.912	6.000	6.075	6.149	6.221	6.289	6.361
Rusia	3.789	3.790	3.837	3.883	3.929	3.974	4.018	4.062	4.105	4.147
Resto del mundo	6.510	6.691	6.863	7.023	7.114	7.225	7.310	7.391	7.465	7.545
Total mundial	90.917	94.925	98.981	102.539	107.043	109.465	111.249	112.868	114.503	116.036
<i>% cambio anual</i>		4,4%	4,3%	3,6%	4,4%	2,3%	1,6%	1,5%	1,4%	1,3%

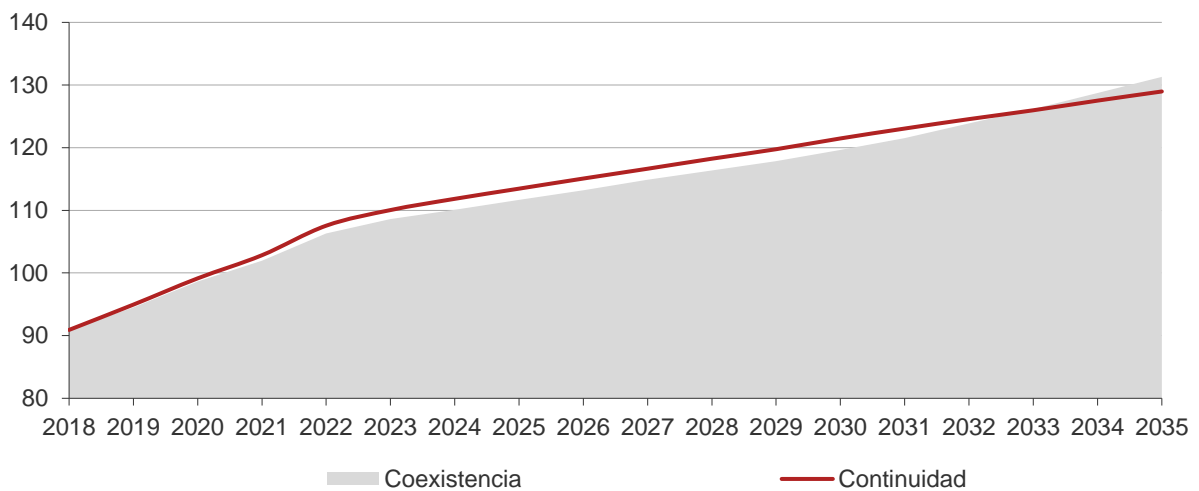
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
China	81.236	82.383	83.747	85.003	86.167	87.237	88.415	89.549	2,5%
Europa Occidental	10.650	10.733	10.809	10.880	10.950	11.029	11.105	11.180	1,1%
EEUU	7.489	7.554	7.611	7.663	7.714	7.765	7.814	7.861	1,0%
Japón	6.431	6.496	6.558	6.622	6.687	6.756	6.826	6.897	1,2%
Rusia	4.189	4.229	4.271	4.317	4.367	4.420	4.468	4.512	1,0%
Resto del mundo	7.618	7.688	7.751	7.803	7.849	7.895	7.930	7.971	1,2%
Total mundial	117.612	119.084	120.747	122.287	123.734	125.101	126.559	127.969	2,0%
<i>% cambio anual</i>	1,4%	1,3%	1,4%	1,3%	1,2%	1,1%	1,2%	1,1%	

Fuente: CRU

Escenario 2 - Coexistencia

La demanda de tungsteno se mantiene en niveles cercanos a los observados en el escenario Continuidad, levemente por debajo en el período 2018-2033. Al igual que en el escenario de Continuidad se observa un crecimiento monótonico. Hacia el término del periodo de análisis esperamos un repunte de la demanda en el escenario de Coexistencia – alimentado por una tasa de crecimiento del PIB global más elevada – con lo cual el consumo en este escenario llega a sobrepasar al del escenario de Continuidad a partir de 2033. Al final del período la demanda de tungsteno en el escenario Coexistencia alcanzaría 131.000 t (+2.300 t versus Continuidad).

Figura 7 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (kt)



Fuente: CRU

Tabla 4 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (kt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	91	95	99	103	108	110	112	113	115	117
Coexistencia	91	95	99	102	106	109	110	112	113	115
Diferencia*	-	- 0,4	- 0,5	- 0,9	- 1,3	- 1,4	- 1,7	- 1,8	- 1,9	- 1,8

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	118	120	121	123	125	126	128	129	2,1%
Coexistencia	116	118	120	122	124	126	129	131	2,2%
Diferencia*	- 1,9	- 1,9	- 1,8	- 1,5	- 0,7	0,2	1,2	2,3	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

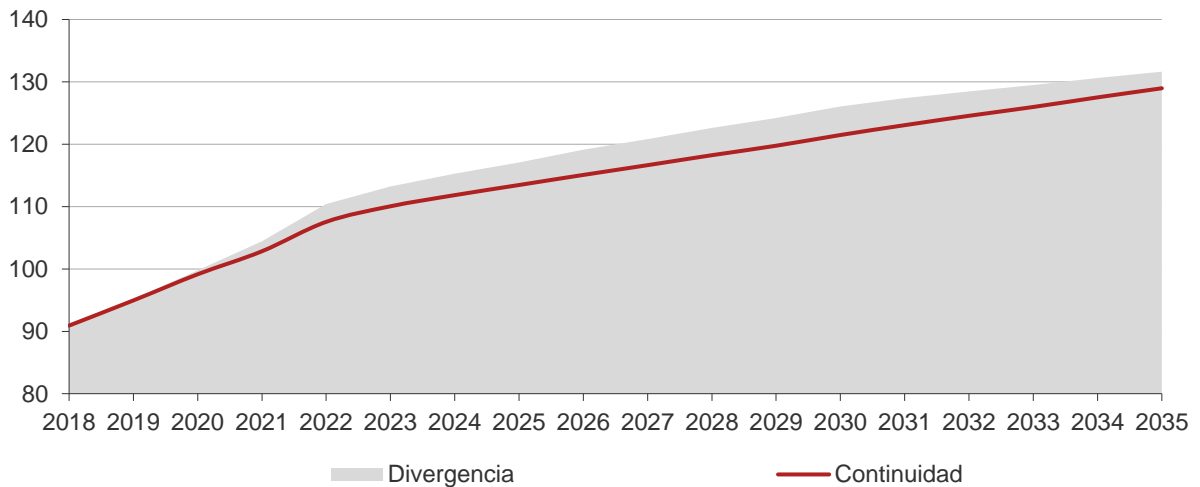
Fuente: CRU

De acuerdo con lo explicado en el resto del capítulo, la demanda del tungsteno proviene del sector metalúrgico en una proporción importante. Para este análisis se ha considerado el impacto de cambios puntuales en la demanda de acero en particular los aceros en instalación de capacidad de aceros especiales como los utilizados en generación eléctrica. También se cuantificaron estas desviaciones con respecto al escenario Continuidad mientras que el consumo restante ha sido relacionado a los distintos patrones de crecimiento del PIB.

Escenario 3 – Divergencia

La demanda de tungsteno en el escenario Divergencia se mantiene en niveles levemente superiores a los observados en el escenario Continuidad. 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. Para 2035 se espera que la demanda en el escenario Divergencia sea un 2% mayor a las esperadas en el escenario Continuidad.

Figura 8 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (kt)



Fuente: CRU

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (kt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	91	95	99	103	108	110	112	113	115	117
Divergencia	91	95	100	104	110	113	115	117	119	121
Diferencia*	-	0,2	0,7	1,6	2,8	3,2	3,4	3,6	4,1	4,2

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	118	120	121	123	125	126	128	129	2,1%
Divergencia	123	124	126	127	128	129	131	132	2,2%
Diferencia*	4,4	4,5	4,6	4,3	3,9	3,5	3,1	2,7	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

De acuerdo con lo explicado en el resto del capítulo, la demanda del tungsteno proviene del sector metalúrgico casi en su totalidad. Al igual que en el escenario de Coexistencia, para este análisis se está considerando el impacto de cambios puntuales en la demanda de acero en particular los aceros en instalación de capacidad de aceros especiales como los utilizados en generación eléctrica. Asimismo se han cuantificado estas desviaciones con respecto al escenario Continuidad. El consumo restante ha sido relacionado a los patrones de crecimiento del PIB.

1.2. Oferta de tungsteno

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

El tungsteno se da en la naturaleza solo en forma de compuestos químicos. En la actualidad se conocen más de 30 minerales con tungsteno, aunque se extrae principalmente de la scheelita (CaWO_4) y de la wolframita ($(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$). Los principales tipos de depósitos son las vetas hidrotermales, depósitos en skarn y estratiformes. De estos, las vetas hidrotermales son las más significativas y se cree que representan más del 60% de los recursos globales de tungsteno. Los depósitos de mineral de tungsteno se suelen asociar a las cadenas montañosas más jóvenes, incluyendo los Alpes, el Himalaya y las áreas montañosas en el sur de China.

La USGS estima que las reservas totales a nivel global son ~3,3 millones de toneladas de tungsteno contenido. Estas reservas están geográficamente dispersas, aunque China concentra alrededor del 60% de ellas. Este país además posee los depósitos más extensos del mundo. El tungsteno se suele explotar como producto primario, pero en algunas ocasiones se puede explotar en minas polimetálicas como co-producto.

Tabla 6 Estimaciones de reservas de tungsteno en 2008-2017 (toneladas)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008- 17
Reservas											
China	1.800.000	1.800.000	1.900.000	1.900.000	1.900.000	1.900.000	1.900.000	1.900.000	1.900.000	1.800.000	0,0%
Canadá	260.000	110.000	120.000	120.000	120.000	290.000	290.000	290.000	290.000	290.000	1,2%
EE. UU.	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	ND	ND	170.000	2,2%
Vietnam	-	-	-	-	-	-	87.000	100.000	95.000	95.000	
Rusia	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	83.000	160.000	-4,8%
Bolivia	53.000	53.000	53.000	53.000	53.000	53.000	53.000	ND	ND	ND	
Reino Unido	-	-	-	-	-	-	-	51.000	51.000	43.000	
España	-	-	-	-	-	-	-	32.000	32.000	54.000	
Austria	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	0,0%
Portugal	4.700	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	2.700	3.100	-4,5%
Ruanda	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	
Otros países	440.000	400.000	400.000	600.000	760.000	840.000	520.000	670.000	680.000	660.000	4,6%
Total mundial	2.957.700	2.767.200	2.877.200	3.077.200	3.237.200	3.487.200	3.254.200	3.307.200	3.143.700	3.285.100	1,2%
% cambio anual		-6%	4%	7%	5%	8%	-7%	2%	-5%	4%	

Fuente: USGS

Canadá y Estados Unidos representan cada uno un 9% de las reservas globales; ambos son países productores. EE. UU. indica tener un 5% de las reservas, pero solo tiene una pequeña mina en operación. Más allá de los países que se detallan en la tabla siguiente, existen reservas o recursos significativos en Tailandia, Laos, Corea del Sur, Mongolia, Australia, Ruanda, España y el Reino Unido.

Las reservas estimadas fuera de China serían suficientes para más de 80 años de consumo actual. Por lo tanto, y en consideración de esto, no existe una amenaza de falta por carencia de reservas o recursos. Sin embargo, existen preocupaciones respecto a la sustentabilidad de las reservas de China. China posee los recursos y reservas de tungsteno más extensas del mundo. Hasta el momento, casi todos los tipos geológicos conocidos de depósitos de tungsteno a nivel global (con la excepción de los depósitos sedimentarios termales y depósitos de salmuera evaporada con wolframio) se han encontrado en China. Sin embargo, el tamaño real de las reservas de China es un tema en discusión. CRU cree que la posición real de las reservas de mineral de China es más débil que los datos que publica la USGS. Se cree que una proporción significativa del material clasificado como reserva posee una ley demasiado baja como para ser comercialmente explotable, o se encuentra en depósitos demasiado pequeños para su extracción.

comercial. La longevidad de estas reservas también depende de la efectividad de las políticas del gobierno de China para sostenerlas. Por lo tanto, el problema para los procesadores y consumidores fuera de China se relaciona su disposición de depender de China como fuente principal del tungsteno primario para el futuro previsible.

Figura 9 Mapa de las reservas de tungsteno de los principales productores a 2017 (en miles de toneladas)

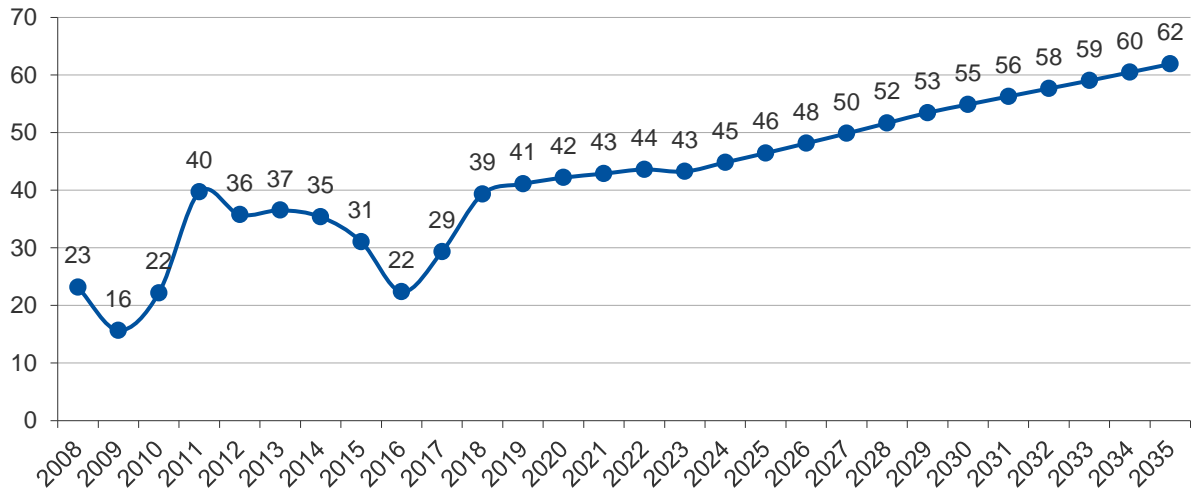


Fuente: USGS

El presupuesto de exploración en la industria del tungsteno es reducido (inferior a los US\$40 millones por año) 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 tungsteno ha presentado volatilidad entre desde 2008, influenciado tanto por movimientos de precio como de demanda. Posteriormente a este periodo de inestabilidad, se pronostica un crecimiento basado en el crecimiento del mercado. Se espera que el gasto en exploración crezca de forma monotónica a lo largo del periodo de pronóstico.

Figura 10 Presupuestos de exploración del tungsteno, 2008-2035 (MUS\$, real 2017)



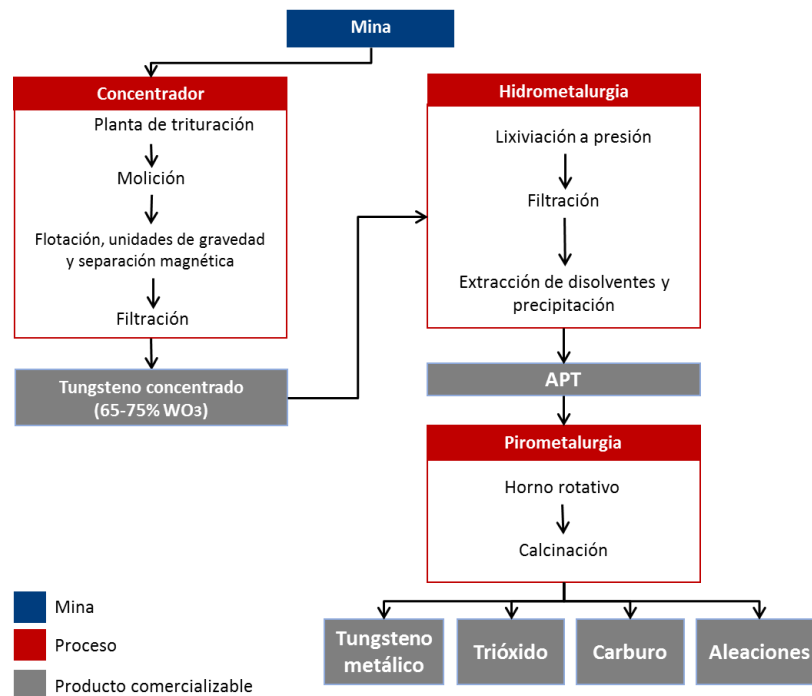
Fuente: MinEx Consulting, CRU

1.2.2. Métodos de extracción y procesamiento de tungsteno

Las propiedades físicas del tungsteno son su alto punto de fundición, alta resistencia a la tensión y a las altas temperaturas, dureza, resistencia a la corrosión y propiedades eléctricas deseables y que le hacen útil en la producción de filamento para ampollitas, herramientas de acero, superaleaciones, aleaciones refractarias, contactos eléctricos, boquillas para cohetes, bordes de corte y recubrimientos resistentes al desgaste.

El tungsteno no se encuentra como metal libre. El tungsteno está normalmente presente en la scheelita y el mineral de wolframita. La scheelita es un tungstato de calcio (CaWO_4), también conocido como "mineral blanco". El grupo de la wolframita es una serie de solución sólida de tungstatos ricos en hierro y manganeso ($(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$). El primer grupo es el mineral de tungsteno más abundante, y representa alrededor del 70% de los depósitos globales de tungsteno.

Figura 11 Método de procesamiento



Fuente: CRU

La minería del tungsteno y los métodos de procesado son similares a los de muchos otros metales. Dependiendo del tamaño, ley y otras propiedades químicas y físicas del mineral, el proceso de extracción podrá variar.

La ruta de la producción del tungsteno empieza con la extracción del mineral, ya sea por minería a rajo abierto o subterránea, donde la segunda es la modalidad más común.

Tras su extracción, el mineral debe pasar por una etapa de beneficiación para aumentar el contenido de tungsteno. El mineral se tritura y muele en circuitos cerrados con pantallas vibratorias, espirales y clasificadores. El lodo se concentra hasta un 65% de trióxido de tungsteno, usando métodos como la gravedad, flotación de espuma y/o separación magnética, dependiendo del contenido de impurezas en el material. El concentrado podrá ser directamente transportado a una fundición, donde el concentrado (por lo general wolframita) se podrá fundir con coque o carbón en un horno de arco eléctrico para producir ferrotungsteno. Entre tanto, la concentración de scheelita se puede añadir directamente al acero fundido.

Sin embargo, si se requiere de tungsteno puro, el concentrado deberá pasar por etapas adicionales de procesado. En las plantas modernas de conversión de tungsteno, la scheelita, el

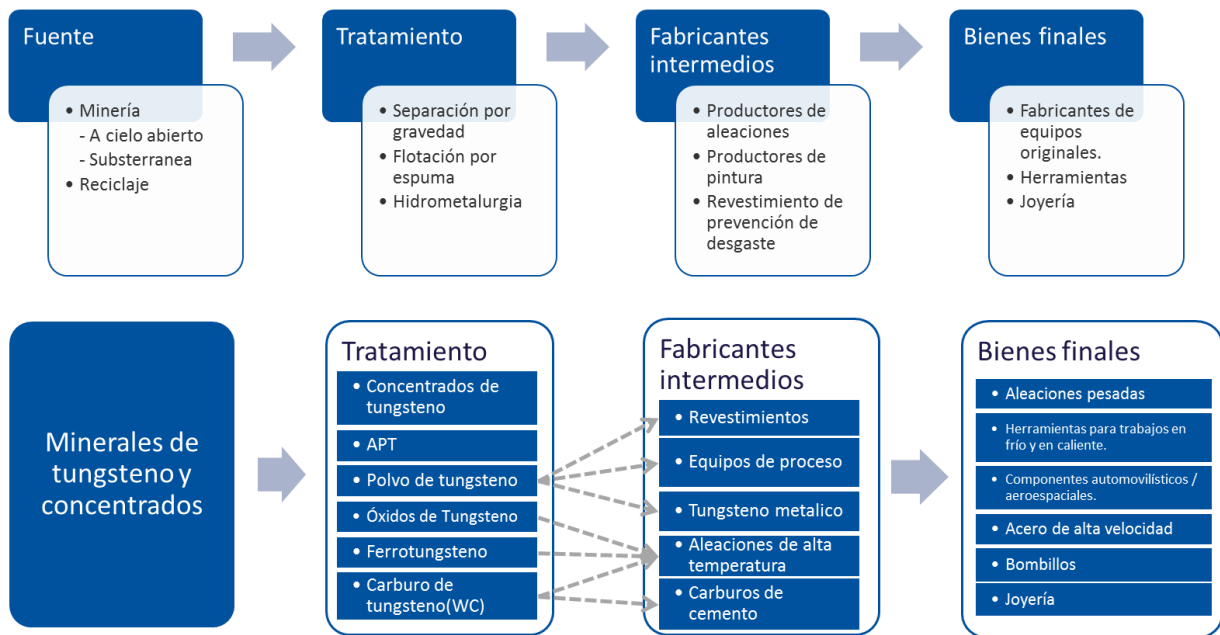
concentrado de wolframita y la chatarra se usarán como materiales brutos para la producción de productos de tungsteno. El concentrado pre-tratado pasa por un proceso hidrometalúrgico que incluye la lixiviación a presión, filtrado, extracción por solvente y precipitación para producir paratungstato de amonio (APT). Este producto se calcina y reduce con hidrógeno para producir un polvo metálico de tungsteno: óxido de tungsteno. Por último, este polvo se sinteriza, compacta o funde para obtener tungsteno metálico.

1.2.3. Cadena de valor del tungsteno

El tungsteno (símbolo químico W) es un mineral comparativamente raro, representando solo el 0,00013% de la corteza terrestre. En forma metálica posee muchas propiedades valiosas. Tiene el punto de fundición más alto de todos los elementos, a 3422°C, con la excepción del carbón. Tiene el coeficiente de expansión más bajo de todos los metales y es extremadamente pesado (su densidad es de 19,25 g/cm³) y duro.

Una vez que el mineral de tungsteno se ha extraído de la tierra, suele pasar por varias etapas de procesado antes de alcanzar a los usuarios finales en diferentes formas. Las etapas principales en la cadena de valor para el tungsteno se muestran en la siguiente figura.

Figura 12 Cadena de valor del tungsteno



Fuente: CRU

- **Mineral/Concentrado de Tungsteno** - El tungsteno ocurre de forma natural en más de treinta minerales con tungsteno, pero se suele extraer para su uso industrial de los minerales de scheelita y de wolframita. El mineral se tritura y muele para liberar los cristales de mineral de tungsteno. El mineral de scheelita se suele concentrar por métodos gravimétricos, en combinación con la flotación por espuma, mientras que el mineral de wolframita se concentra por gravedad, a menudo usando la separación magnética.

Los concentrados comerciables por lo general contienen un 65-60% de óxido de tungsteno (WO_3). Los concentrados solían ser el principal producto comercializado, pero hoy en día estos han sido reemplazados por el paratungstato de amonio (APT), que se deriva de los concentrados (ver a continuación).

- **Paratungstato de amonio (APT)** - El proceso inicial de separar el tungsteno de su mineral produce APT. Este es el precursor más importante para la mayoría de los productos de tungsteno, ya que es fácilmente convertible a polvo elemental de tungsteno por descomposición termal, así como también en otros químicos de tungsteno por medio del procesado químico.
- **Polvo de Metal de Tungsteno (Polvo de W)** – El APT se calcina por oxidación para producir trióxido de tungsteno o óxido de tungsteno azul. Estos óxidos de tungsteno se reducen usando hidrógeno para derivar en polvo de metal de tungsteno. El polvo de metal de tungsteno es un intermedio muy versátil que se usa en la producción de ferrotungsteno, superaleaciones y productos de fundición. No obstante, el uso principal del polvo de metal de tungsteno es en el polvo de carburo para su uso en carburos cementados.
- **Polvo de Carburo de Tungsteno (Polvo de WC)** - El polvo de carburo de tungsteno más convencional que se usa en la producción de carburo cementado se hace a partir de la carburización del polvo de tungsteno (esto es, la reacción termal del polvo con carbono de alta pureza). El tamaño de grano promedio para el polvo se determina a partir del tamaño original del grano en el polvo de tungsteno a carburizar.
- **Ferrotungsteno** - El ferrotungsteno se obtiene de los concentrados de mineral de tungsteno y del polvo de metal de tungsteno. El ferrotungsteno es el material de aleación principal para la producción de aceros con contenido de tungsteno. El ferrotungsteno comerciable por lo general contiene un 75-85% de tungsteno.

- **Químicos de tungsteno** - Se producen una variedad de sales de tungsteno a partir del concentrado de tungsteno y del APT. Los químicos de tungsteno se usan en una variedad de aplicaciones, incluyendo catalizadores, pigmentos, lubricantes y otros químicos.

1.2.4. Costo de capital de tungsteno

Un gran número de proyectos sin desarrollar podrían entrar en operación en los próximos 5 a 10 años, aunque la mayoría de estos requieren de precios por sobre los niveles actuales para generar un retorno aceptable de la inversión. La ley del recurso, producción potencial, ubicación e infraestructura se combinan para afectar una de las métricas más importantes para un proyecto de minería: el costo de capital. Haciendo uso de la intensidad de capital como métrica (costo de capital dividido por producción), estimamos el gasto de capital de proyectos clave comprometidos o probables. El costo de capital promedio por tonelada de producto es de USD 35,4/t.

Tabla 7 Costo económico para proyectos de tungsteno

Proyecto	Propietario	País	Primera producción	Producción Capacidad (Mtpa)	CAPEX US\$ M	CAPEX Intensidad (US\$/tpa)
La Parilla -	W Resources	España	2019	3,5	46	13,1
Northern Dancer	Largo Resources	Canadá	Cuidado y mantenimiento	30,0	555	18,5
Hemerdon	Wolf Minerals	Reino Unido	2015	3,0	135	45,0
Mactung	North American Tungsten	Canadá	2022+	0,7	310	453,7
Dolphin	King Island Scheelite	Australia	2022+	0,4	130	325,0
Sangdong	Almonty	Corea del Sur	2021	1	151	125,8
Molyhill	Thor Mining	Australia	2023	0,3	49	153,1
Barruecopardo	Ormonde Resources	España	2019	1,1	60	54,5
Watershed	Tungsten Mining	Australia	2023	2,5	74	28,7

Fuente: CRU

1.2.5. Comercialización del tungsteno

Principales sectores importadores y usos de las importaciones de tungsteno

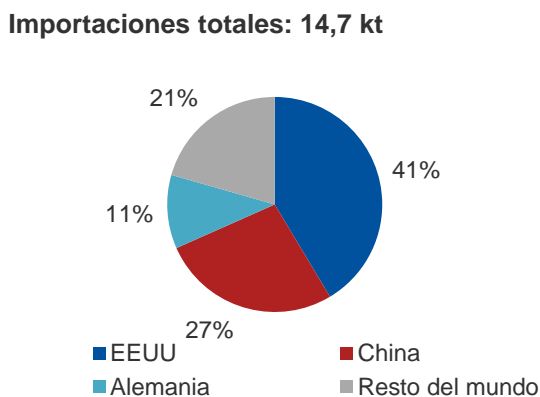
Dada la naturaleza global del mercado del tungsteno, los principales sectores importadores y los principales usos de las importaciones son los mismos sectores y usos de la oferta total disponible. Estos sectores y usos finales son los definidos en la sección “Determinantes de la demanda de tungsteno y usos finales” de este reporte. Para el caso del tungsteno, están relacionado a la manufactura y aplicaciones industriales. La demanda de tungsteno también tiene lazos con la

ingeniería mecánica y la producción industrial en general, así como también con las actividades de construcción y extracción.

Importaciones y exportaciones por país

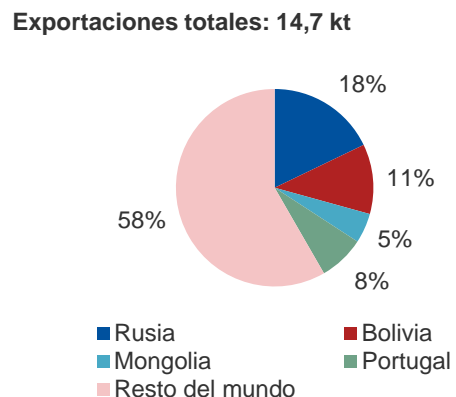
En 2017, el comercio global de tungsteno se estimó en 14,7 kt. Según se puede observar a continuación, EEUU, China y Alemania representan poco menos el 80% de la importación total de mineral y concentrado de tungsteno. Los requerimientos de importación son satisfechos principalmente por la oferta de Rusia, Bolivia, Mongolia y Portugal. Estos cinco países productores representan poco menos de la mitad del mercado total de exportación. En las secciones siguientes, presentaremos nuestro breve resumen de las importaciones y exportaciones de concentrado de tungsteno.

Figura 13 Importaciones de minerales y concentrados de tungsteno



Fuente: IHS Markit, UN Comtrade, CRU

Figura 14 Exportaciones de minerales y concentrados de tungsteno



Fuente: IHS Markit, UN Comtrade, CRU

Importaciones de tungsteno

Las importaciones de tungsteno llegaron a una máxima en 2008, principalmente en forma de concentrados. La importación de productos intermedios también aumentó, pero se vio eclipsada en términos de volumen por la importación de materia bruta. Esto apoya la idea de que la producción minera de China se ha visto limitada por cuotas de explotación y posiblemente también por limitaciones en la disponibilidad de reservas de mineral.

Las importaciones de concentrado de tungsteno entre 2008 - 2017 han caído a una TCAC del 2,6%, de 18,6 kt a 14,7 kt. Esta caída ha sido causada casi en su totalidad por la baja en las importaciones en China, mientras la producción China sigue en aumento, según podemos ver

más adelante en esta sección. Este país es responsable del 41% de las importaciones globales de concentrado de tungsteno. Sin embargo, Estados Unidos ha sido por mucho el principal importador de concentrado de tungsteno. Las importaciones al país se mantuvieron relativamente planas, cayendo de 6,7 kt en 2008 a 6,1 kt para 2017.

Tabla 8 Importaciones de mineral y concentrado de tungsteno (toneladas)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
EEUU	6.722	4.858	4.655	5.938	5.995	6.244	7.264	5.457	5.010	6.077	-1,1%
China	9.630	9.189	6.145	9.564	9.098	10.013	6.655	4.833	4.212	3.951	-9,4%
Alemania	968	411	1.050	991	381	119	357	162	634	1.627	5,9%
Resto del mundo	1.326	2.960	987	2.519	2.036	1.899	3.547	4.807	3.788	3.023	9,6%
Total mundial	18.646	17.417	12.836	19.012	17.510	18.274	17.824	15.259	13.644	14.678	-2,6%
<i>% cambio anual</i>		-6,6%	-26,3%	48,1%	-7,9%	4,4%	-2,5%	-14,4%	-10,6%	7,6%	

Fuente: IHS Markit, UN Comtrade, CRU

Exportaciones de tungsteno

Desde 2008, el comercio de concentrado de tungsteno ha representado entre un 16% y un 28% de la demanda total. Las exportaciones globales de concentrado de tungsteno han sido dominadas por las principales regiones de oferta. La excepción es China, que a pesar de su producción anual de más de 79 kt de tungsteno primario, no exporta prácticamente nada, sino que ocupa la posición de uno de los mayores importadores del mundo.

Como el principal productor global de tungsteno primario, la disposición de China de exportar es vital para la oferta global. Sin embargo, la política del gobierno de China en relación a la industria del tungsteno se enfoca en el control del volumen de producción minera y en incentivar el procesado aguas abajo dentro del país. Por lo tanto, las exportaciones de tungsteno ya no son una prioridad para el gobierno de China, y en efecto, estas están sujetas a impuestos y cuotas de exportación. Aunque la implementación de una política de gobierno para la producción y exportación no ha sido perfecta, el patrón de exportaciones en la última década no deja de reflejar los objetivos generales del gobierno.

En los últimos diez años, los mismos países han sido de forma consistente los cuatro principales exportadores de concentrado de tungsteno: Rusia, Bolivia, Mongolia y Portugal. En conjunto, estos países representan casi la mitad de las exportaciones globales cada año desde 2008.

Mongolia ha sido el exportador de más rápido crecimiento en términos de porcentajes, haciendo aumentado a una TCAC del 20,2% entre 2008 y 2017.

Tabla 9 Exportaciones de tungsteno (toneladas)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Rusia	2.352	4.939	2.894	3.218	4.737	3.790	3.433	1.966	3.903	2.621	1,2%
Bolivia	1.905	1.728	2.030	1.823	2.142	2.071	2.135	2.056	1.712	1.679	-1,4%
Mongolia	137	133	193	685	353	329	1.452	1.986	1.675	717	20,2%
Portugal	1.663	1.437	1.271	1.288	1.342	1.201	1.095	819	1.064	1.101	-4,5%
Resto del mundo	12.590	9.608	6.634	12.560	10.066	11.195	9.943	9.360	6.993	8.560	-4,2%
Total mundial	18.646	17.845	13.022	19.573	18.640	18.586	18.058	16.185	15.347	14.678	-2,6%
% cambio anual		-4,3%	-27,0%	50,3%	-4,8%	-0,3%	-2,8%	-10,4%	-5,2%	-4,4%	

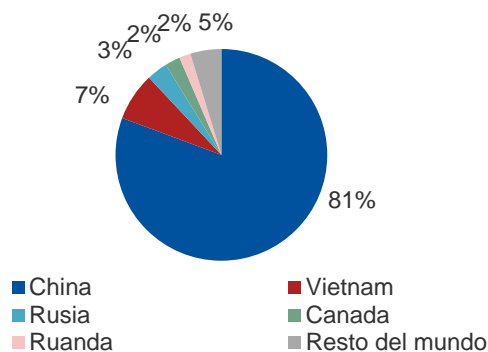
Fuente: IHS Markit, UN Comtrade, CRU

1.2.6. Producción histórica de tungsteno

La producción global de tungsteno fue de 98 kt en 2017. China representó un 81% de la producción global. A pesar de ser el determinante más importante en el mercado global del tungsteno, la producción minera de China es uno de los aspectos menos certeros de la industria. Este comentario aplica tanto a la producción minera histórica como a la producción futura.

Figura 15 Participación de producción de tungsteno por país, 2017 (toneladas)

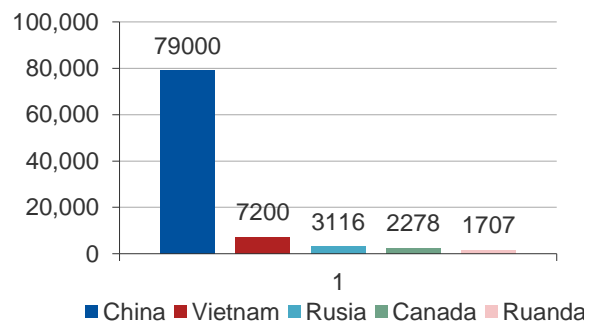
Producción total: 98.000 t



Fuente: CRU

Figura 16 Producción de tungsteno por país, 2017 (toneladas)

Producción total: 98.000 t



Fuente: CRU

La producción global es indudablemente dependiente de nuestras suposiciones para la producción China, ya que el país representa un 81% de la producción minera global. Esta participación aumentó en 2 puntos porcentuales desde 2008, cuando China produjo 43,5 kt de metal contenido (sobre un total mundial de 55 kt). La minería en China cubre una amplia variedad de operaciones, que van desde las grandes empresas estatales hasta las pequeñas operaciones privadas y de minería artesanal que emergen y retroceden con la fluctuación de los precios. Las

cifras históricas para la producción se reportan con diferentes niveles de precisión, y a veces la producción no se registra en lo absoluto. La escala exacta de producción minera de tungsteno en China es, por lo tanto, incierta. Las cifras de producción nacional publicadas por la Asociación de la Industria del Tungsteno de China (CTIA) y la USGS son de aceptación general.

Para los propósitos de este reporte, nuestros cálculos para la producción minera de tungsteno en China dependen de un **análisis detallado (bottom-up) de las operaciones mineras formales**. Los datos de producción anual se reportan para la mayoría de las minas de tungsteno de China. Los datos reportados para estas minas "formales" se recolecta y suma para ofrecer una cifra "ascendente" para la producción minera doméstica.

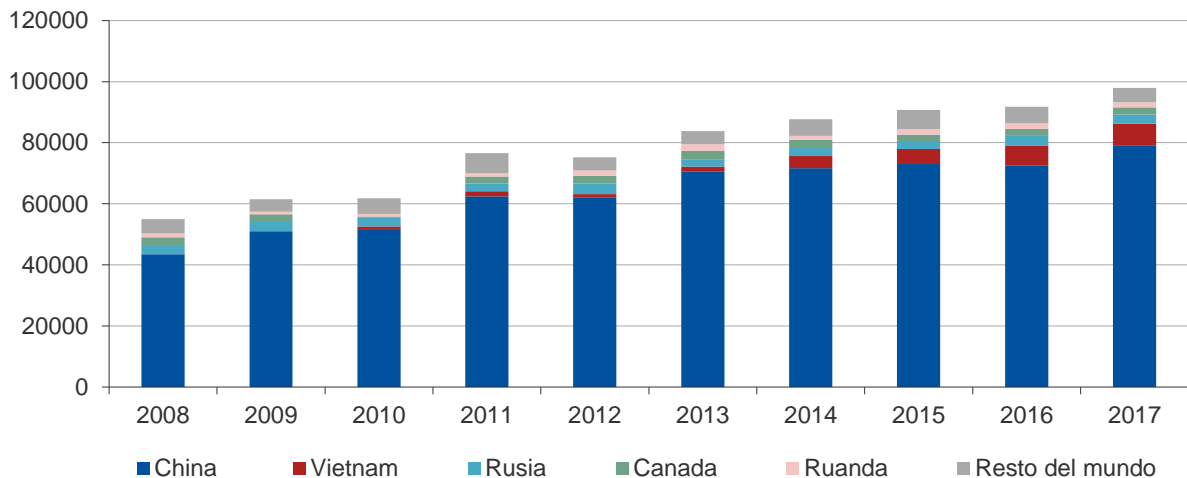
Al sumar todas las cifras de producción individual para las minas reportadas se puede entregar una cifra creíble para la producción minera formal.

Como resultado, la producción de tungsteno primario en China creció a una tasa anual compuesta de 6,9% para 2008-2017 cuando la producción alcanzó un total de 79 kt,

Para el resto del mundo sin incluir a China, la producción de tungsteno primario alcanzó 18,9 kt en 2017, comparado con 11,5 kt en 2008. El periodo post-2009 ha experimentado aumentos en los precios, lo que incentiva que ingresen nuevos actores al mercado y que los actores ya existentes aumenten o vuelvan a resumir su capacidad de producción. Esto afectó de forma particular a países y regiones como Vietnam, Australia y América.

En segundo lugar viene Vietnam, considerablemente lejos de China, con una participación de sólo el 7% de la oferta global. Rusia, Canadá y Ruanda siguen en términos de producción, pero quedan considerablemente atrás de Vietnam. El aumento en la producción en Vietnam en los últimos años se debe a la partida de la mina polimetálica de Núi Pháo, de propiedad de Masan Resources. Esta mina es uno de los depósitos de tungsteno, fluorita y bismuto más extensos, que también produce algo de cobre como subproducto. No se han desarrollado proyectos de importancia en el resto del mundo, con la excepción del Reino Unido. donde la mina Drakelands, de propiedad de Wolf Minerals, entró en operación en 2015.

Figura 17 Producción histórica de tungsteno, 2008-2017 (toneladas)



Fuente: CRU

Tabla 10 Producción histórica de tungsteno, 2008-2017 (toneladas)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
China	43,500	51,000	51,480	62,495	62,095	70,500	71,696	72,979	72,650	79,000	6,9%
Vietnam	-	-	1,150	1,635	1,050	1,660	4,000	5,000	6,500	7,200	
Rusia	2,726	3,090	2,800	2,464	3,485	2,412	2,540	2,615	3,132	3,116	1,5%
Canadá	2,795	2,501	364	2,368	2,505	2,762	2,708	2,114	2,289	2,278	-2,2%
Ruanda	1,308	874	843	1,006	1,750	2,215	1,279	1,784	1,716	1,707	3,0%
Resto del mundo	4,688	4,088	5,165	6,630	4,304	4,286	5,478	6,247	5,460	4,640	-0,1%
Total mundial	55.017	61.553	61.802	76.598	75.189	83.835	87.701	90.739	91.747	97.942	6,6%
% cambio anual		11,9%	0,4%	23,9%	-1,8%	11,5%	4,6%	3,5%	1,1%	6,8%	

Fuente: CRU

1.2.7. Proyección de producción de tungsteno

Escenario 1 - Continuidad

CRU evalúa que hay una posible restricción en la disponibilidad de minerales de tungsteno en un horizonte de 17 años, por lo que asumimos que los niveles de producción futuros no podrán aumentar de acuerdo con nuestra proyección de demanda.

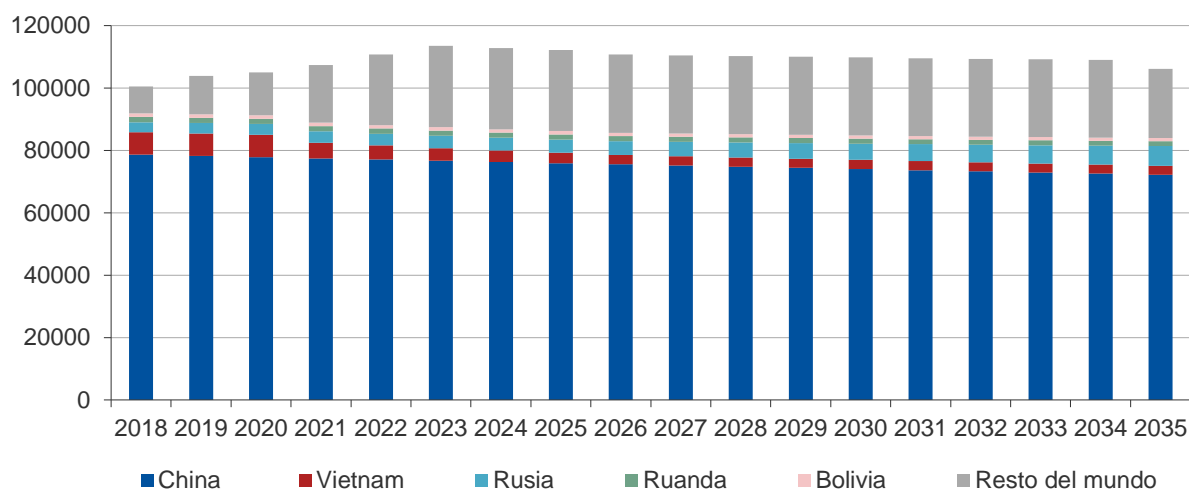
Sin embargo, cabe señalar que las reservas minerales no son estáticas. La cantidad total de reservas cambia con los precios del mercado y las tecnologías que mejoran la viabilidad económica. Además, la delimitación de las reservas es un proceso costoso. Por lo tanto, este proceso no se lleva a cabo a menos y hasta que los potenciales productores lo requieran. Como

resultado, los 3,3 millones de toneladas de reservas podrían ser mucho mayores o menores en diferentes escenarios del mercado.

En años recientes la producción de tungsteno primario ha aumentado y CRU espera que en los próximos 2-3 años la oferta siga creciendo a medida que nuevos proyectos fuera de China entran en operación. Uno de los proyectos más avanzados para minas de tungsteno bajo desarrollo en la actualidad es el proyecto Barruecopardo, en España, bajo operación de Saloro SLU. Esta operación tiene un objetivo de producción de 2 kt anuales de W contenido para una vida de servicio inicial de la mina de 9 años, comenzando en 2019. Otro proyecto importante por entrar en operación es La Parilla en España, bajo operación de W Resources. Se espera que la producción anual en este sitio alcance las 2,6 kt anuales. Pero el crecimiento será superado por el aumento en las limitaciones de oferta, en especial en China. CRU proyecta que la producción global de tungsteno primario alcanzará una máxima en el año 2025, cuando todos los proyectos firmes y probables entren en operación y la oferta pueda alcanzar su máxima. Los países que contribuyen a este aumento en la producción son principalmente Rusia, Zimbabue, Australia y España.

Más allá de la proyección a 2025, la producción caerá ya que no hay proyectos factibles en cartera. La caída en la producción total también será impulsada por China, que está bajando sus cuotas de producción para empezar a limitar su producción total como medida de soporte de precios. El país apunta a bajar su producción total de tungsteno a una TCAC del 0,5% para el periodo 2018-2035, mientras el agotamiento de los recursos domésticos genera dudas sobre la capacidad de China de mantener la oferta a largo plazo. Como resultado, la producción global alcanzará un total de 72,2 kt en 2035, una caída de las 78,6 kt en 2018. A pesar de la baja en la producción de China, el país se mantendrá como el productor global dominante de tungsteno, representando un estimado del 78% de la producción minera global en 2018 y un 72% en 2035.

Sin embargo, los factores principales que limitan la producción de operaciones nuevas incluyen el aumento en los costos de operación y la disponibilidad limitada de mineral de alta ley. Como resultado, no esperamos que la producción de minas nuevas aumente de forma significativa para los próximos 3 años. El incentivo de precios también es un factor importante y un riesgo para nuestra proyección.

Figura 18 Proyección de producción de tungsteno, 2018-2035 (toneladas)

Tabla 11 Proyección de producción de tungsteno, 2018-2035 (toneladas)

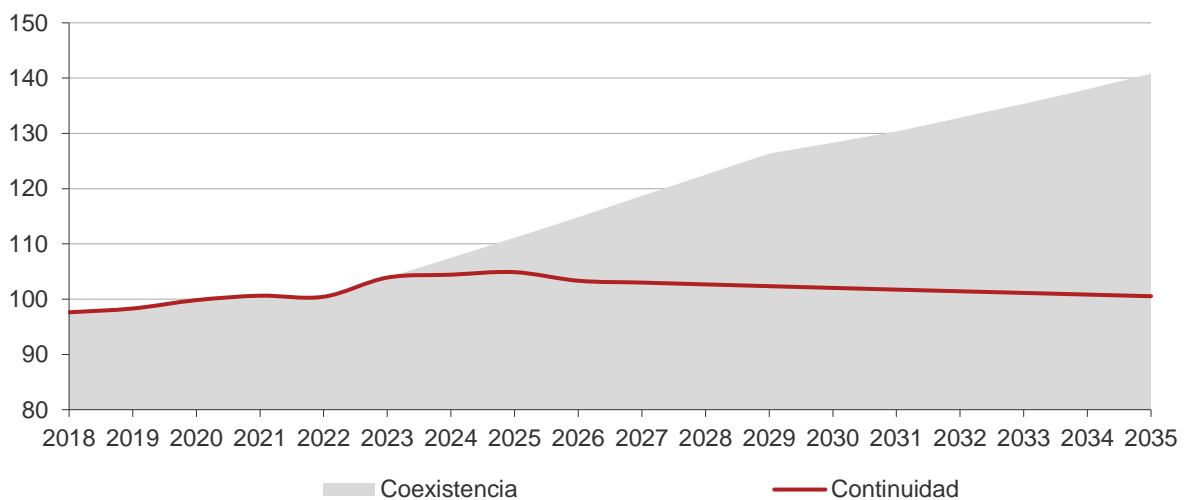
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
China	78.605	78.212	77.821	77.432	77.045	76.659	76.276	75.895	75.515	75.138
Vietnam	7.164	7.164	7.164	5.000	4.514	4.076	3.680	3.323	3.000	2.985
Rusia	3.241	3.371	3.505	3.646	3.792	3.943	4.101	4.265	4.436	4.613
Ruanda	1.699	1.690	1.682	1.674	1.665	1.657	1.649	1.640	1.632	1.624
Bolivia	1.109	1.103	1.098	1.092	1.087	1.081	1.076	1.071	1.065	1.060
Resto del mundo	8.713	12.295	13.760	18.555	22.677	26.080	26.050	26.020	25.082	25.058
Total mundial	97.620	98.310	99.822	100.628	100.431	103.900	104.423	104.883	103.326	102.994
<i>% cambio anual</i>		0,7%	1,5%	0,8%	-0,2%	3,5%	0,5%	0,4%	-1,5%	-0,3%

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
China	74.762	74.388	74.016	73.646	73.278	72.912	72.547	72.184	-0,5%
Vietnam	2.970	2.955	2.940	2.926	2.911	2.897	2.882	2.868	-5,2%
Rusia	4.797	4.989	5.189	5.396	5.612	5.837	6.070	6.313	4,0%
Ruanda	1.616	1.608	1.600	1.592	1.584	1.576	1.568	1.560	-0,5%
Bolivia	1.055	1.049	1.044	1.039	1.034	1.029	1.023	1.018	-0,5%
Resto del mundo	25.033	25.008	24.984	24.960	24.937	24.914	24.890	22.231	5,7%
Total mundial	102.668	102.348	102.033	101.725	101.422	101.127	100.825	100.529	0,2%
<i>% cambio anual</i>	-0,3%	-0,3%	-0,3%	-0,3%	-0,3%	-0,3%	-0,3%	-0,3%	

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. Debido a que el pronóstico del escenario de Continuidad es un pronóstico acotado por la visibilidad actual de proyectos y operaciones se mantiene restringido a lo largo del periodo de pronóstico. Por otro lado, el pronóstico del escenario de Coexistencia sí tiene la capacidad de ajustarse a la demanda, por lo que, en este escenario, la oferta sigue de cerca a la demanda.

Figura 19 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (kt)



Fuente: CRU

Tabla 12 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (kt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	98	98	100	101	100	104	104	105	103	103
Coexistencia	98	98	100	101	100	104	107	111	115	119
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	3,0	6,2	11,5	15,7

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	103	102	102	102	101	101	101	101	0,2%
Coexistencia	123	126	128	130	133	135	138	141	2,2%
Diferencia*	19,8	24,0	26,3	28,6	31,4	34,2	37,2	40,3	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

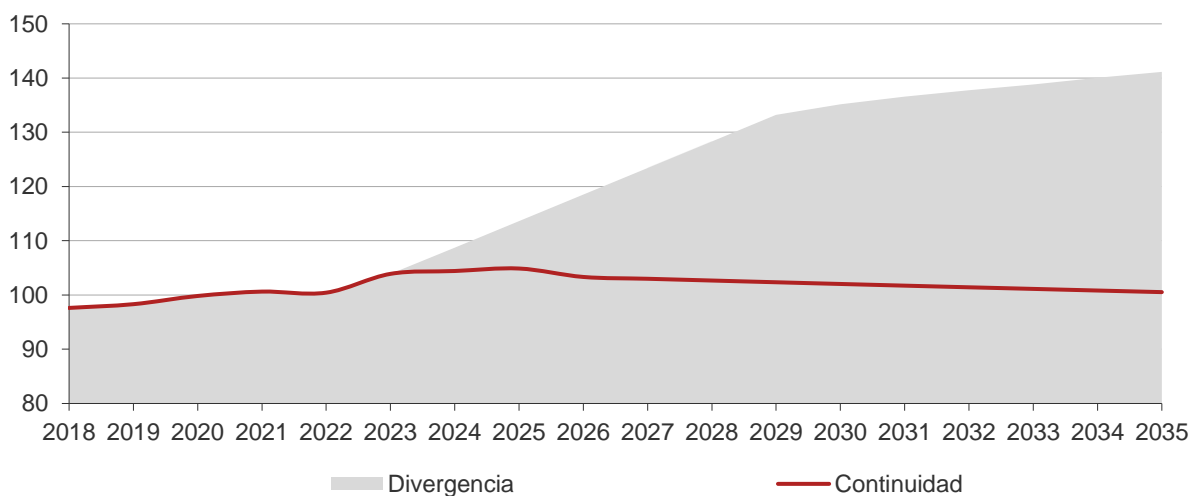
Fuente: CRU

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.

Debido a que el pronóstico del escenario de Continuidad es un pronóstico acotado por la visibilidad actual de proyectos y operaciones se mantiene restringido a lo largo del periodo de pronóstico. Por otro lado, el pronóstico del escenario de Coexistencia si tiene la capacidad de ajustarse a la demanda, por lo que, en este escenario, la oferta sigue de cerca a la demanda. Es por este motivo que se observa un punto de inflexión hacia 2030, en el que disminuye de forma importante la producción – lo que va en línea con la demanda.

Figura 20 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (kt)



Fuente: CRU

Tabla 13 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (kt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	98	98	100	101	100	104	104	105	103	103
Divergencia	98	98	100	101	100	104	109	114	119	123
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	4,3	8,7	15,2	20,4

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	103	102	102	102	101	101	101	101	0,2%
Divergencia	128	133	135	137	138	139	140	141	2,2%
Diferencia*	25,6	30,8	33,1	34,9	36,3	37,7	39,2	40,6	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

1.3. Balance del mercado y precio del tungsteno

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

El tungsteno no se transa en mercados abiertos y, por lo tanto, el precio se suele establecer por negociación directa para cada contrato o transacción. Por lo tanto, el único método para determinar precios es a través de encuestas a los actores del mercado.

China ya no exporta concentrados y el volumen de venta de concentrados de terceros fuera de China es ahora mucho menor, por lo que se ha vuelto muy difícil para las fuentes independientes adquirir suficientes datos de precios para establecer una cifra independiente para los concentrados. En su lugar, el APT se ha convertido en el formato de producto de comercio más extenso y se usa como base para los precios de productos aguas arriba y aguas abajo.

La recolección de datos de precios de parte de organismos independientes como forma de determinar los precios está lejos de ser perfecta, pero es el mejor método disponible. Los datos de precios se recolectan de una variedad de fuentes, idealmente con evidencia por escrito de los volúmenes y precios transados. El proceso depende de la cooperación voluntaria de comerciantes, productores y consumidores, algunos de los cuales podrían tener interés en ocultar información o en dar información imperfecta. Los precios publicados pueden retrasar los movimientos de los precios de transacción. Más aún, el determinar precios confiables depende de un volumen que sea lo suficientemente alto y que sea transado y reportado para generar datos suficientes como para producir un precio realista. Las cifras independientes podrían, por lo tanto, ser menos confiables cuando la actividad del mercado es muy baja. No obstante, actualmente no hay un mejor método para establecer el precio de las materias primas de tungsteno.

En China los precios también se determinan por negociación directa, aunque se discutió la idea de establecer un mercado transparente en la ciudad de Chenzhou, en Hunan. Por el momento se recolectan los precios domésticos y de exportación para los concentrados y APT. La precisión de estos precios está sujeta a las mismas consideraciones ya explicadas. Asimismo, se publican precios diferentes para el mineral y concentrado de scheelita y wolframita, donde el material de wolframita tiene un valor más alto.

Para los propósitos de este reporte, los precios APT se recolectan y se basan en unidades de toneladas métricas de contenido de metal. El precio de referencia es el precio DAP de China para el APT con un 88,5% de contenido de metal. Para derivar al precio de concentrado se usa la fórmula siguiente (la fórmula es para precios en RMB):

$$\text{Precio del concentrado} = (\text{Precio APT} - 13.000)/1,45$$

1.3.2. Balance de mercado y precio histórico del tungsteno

Como se menciona anteriormente, el precio del concentrado de tungsteno se deriva del precio del APT, ya que el comercio de concentrado de tungsteno ha disminuido. Por lo tanto, en esta sección reportamos los precios de APT como precio de referencia.

Ante el auge de la demanda en China, los precios se mantuvieron relativamente bajos. Debido a los cambios estructurales en la industria, las tendencias históricas ya no reflejan la situación actual, porque China eliminó actores del mercado local, pero continuó siendo el principal proveedor en el mercado. Sin embargo, la oferta en China no puede seguir el ritmo de la demanda debido al agotamiento de las reservas y a regulaciones ambientales más estrictas. Lo que hace es necesario desarrollar proyectos fuera de China. Sin embargo, los costos de inversión fuera de China son mucho más altos que en China, por eso la tendencia de crecimiento en oferta, precios y costos no puede mantenerse a los niveles de la década del 2000. Por lo que es importante identificar el equilibrio del mercado en China por separado del resto del mundo.

En años recientes los precios del APT han sido bastante volátiles, cayendo hasta los \$185/mtu durante la crisis financiera global de 2008/2009 y alcanzando un máximo histórico en términos nominales de más de \$4332/mtu en 2011. Esta alza que se vio en el mercado incentivó a las empresas a asegurar su posición a largo plazo y, como resultado, el mercado vio un ingreso de inversiones fuera de China, con nuevos actores ingresando al mercado. La volatilidad se debió en parte al hecho que el tungsteno depende de gran manera en la dinámica de mercado de China por lo tanto el precio se puede considerar como altamente influenciado por una cantidad relativamente baja de factores.

Desde 2008, los nuevos picos en los precios se atribuyeron principalmente a restricciones de suministro o actividad especulativa. Tras un notable descenso entre 2011 y 2012 a medida que las perspectivas económicas mundiales se deterioraron, los precios han estado en el rango de \$350-380/mtu durante casi tres años. Más recientemente, el precio ha disminuido aún más a \$185-290/mtu durante 2015-2016. Las fluctuaciones de los precios han sido causadas por una variedad de factores, que incluyen cambios reales y anticipados en la oferta y la demanda, el comportamiento de los inversionistas y el desempeño del mercado financiero.

Se puede considerar que el clima de tungsteno está influenciado en gran medida por un número relativamente alto de factores. En primer lugar, el mercado chino estuvo apretado en 2017 cuando las regulaciones ambientales más estrictas afectaron al mercado obligando a las fundiciones de APT a cerrar debido a los grandes acopios de escoria, los precios comenzaron a recuperarse. En segundo lugar, la demanda global ha sido relativamente débil para soportar los precios. Con

respecto a la primera, los precios se vieron fuertemente afectados por la estrechez del mercado debido a la inspección ambiental en 2017, y los precios chinos aumentaron a US\$231/mtu.

Figura 21 Balance de mercado histórico y precios en China, 2008-2017

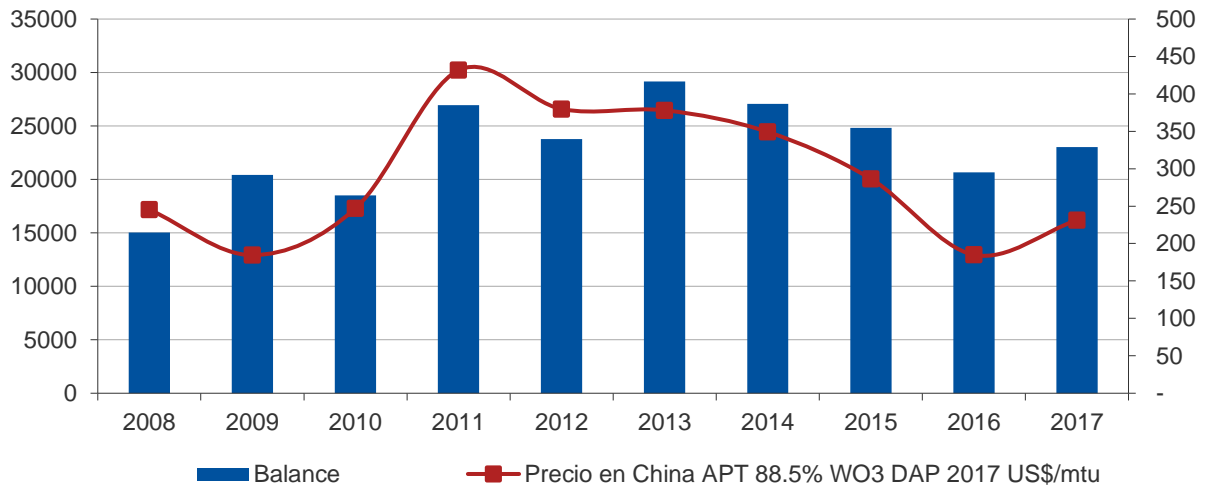


Tabla 14 Balance de mercado histórico y precios en China, 2008-2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Balance de Mercado (toneladas)											
Oferta	43.500	51.000	51.480	62.495	62.095	70.500	71.696	72.979	72.650	79.000	6,9%
Demanda	28.480	30.578	32.961	35.539	38.329	41.350	44.620	48.162	52.000	55.985	7,8%
Balance	15.020	20.422	18.519	26.956	23.766	29.150	27.076	24.817	20.650	23.015	4,9%
Precio											
China APT 88.5% WO3 DAP (2017 US\$/mtu)	245	185	247	432	380	378	349	287	185	231	-0,7%
China APT 88.5% WO3 DAP (US\$/mtu)	215	163	220	393	352	356	335	278	182	231	0,8%

En el resto del mundo, se utiliza el precio APT de EEUU. Tiene una tendencia muy similar al precio chino con la excepción de 2015, 2016 y 2017. Hubo una disponibilidad limitada de mineral en el resto del mundo, lo que dio como resultado un mayor diferencial entre los precios de EEUU y los precios chinos.

Figura 22 Balance de mercado histórico y precios en el resto del mundo, 2008-2017

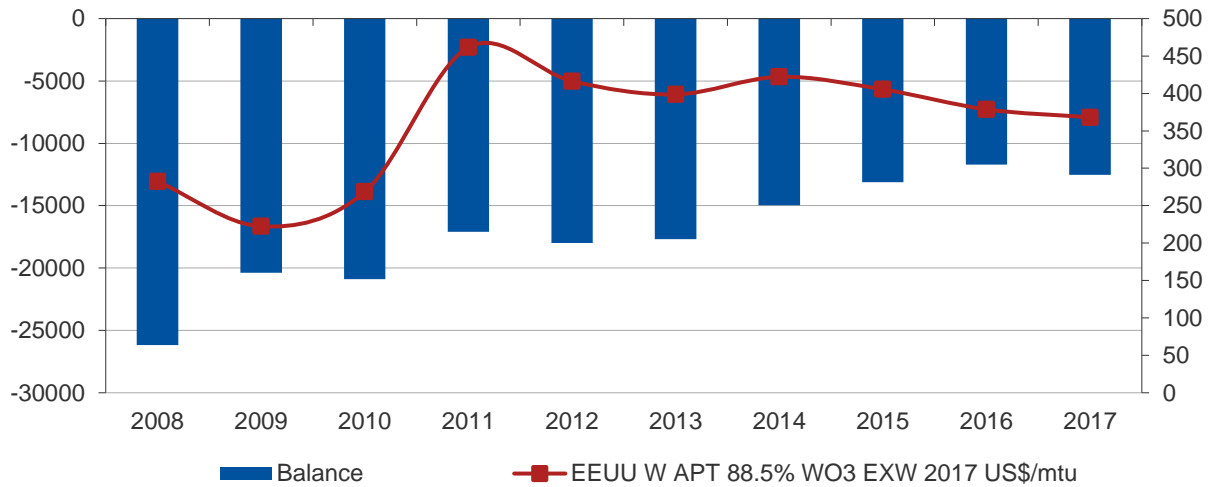


Tabla 15 Balance de mercado histórico y precios en el resto del mundo, 2008-2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Balance de Mercado (toneladas)											
Oferta	11.517	10.553	10.322	14.103	13.094	13.335	16.005	17.760	19.097	18.942	5,7%
Demanda	37.693	30.918	31.219	31.195	31.075	31.019	30.961	30.880	30.815	31.474	-2,0%
Balance	(26.176)	(20.365)	(20.897)	(17.092)	(17.981)	(17.684)	(14.956)	(13.120)	(11.718)	(12.532)	-7,9%
Precio											
EEUU W APT 88.5% WO3 EXW 2017 US\$/mtu	282	222	269	462	416	399	422	405	379	368	3,0%
EEUU W APT 88.5% WO3 EXW US\$/mtu	247	196	240	421	386	376	405	393	372	368	4,5%

1.3.3. Proyección de balance de mercado y precio del tungsteno

Escenario 1 - Continuidad

Si bien CRU reconoce que los precios reales del tungsteno continuarán siendo determinados por una compleja interacción entre la oferta y la demanda, se vuelve cada vez menos confiable tratar de proyectar los ciclos de precios generados por estas interacciones en un horizonte de largo plazo. El mercado del tungsteno ha pasado por importantes cambios estructurales en la última década. Por lo tanto y a largo plazo, es más preciso centrarse en los elementos estructurales que determinan la tendencia subyacente, partiendo del entendimiento de que, en la práctica, se espera que los precios oscilen en torno a esta tendencia.

La razón de la utilización de este concepto es que el precio de una materia prima actúa en teoría como una señal para la inversión a largo plazo. En un mercado con exceso de oferta, se puede esperar que los precios bajen hasta el punto en que el productor marginal no pueda generar flujo de caja, reduciendo así la oferta. En un mercado sub-abastecido, los precios subirán para fomentar una mayor inversión en la capacidad de producción. Los precios altos también favorecen a los clientes a ser más eficientes en el uso de la materia prima y/o en la reducción de su consumo.

CRU entiende que el superciclo subyacente del tungsteno ha cambiado en la última década debido a los cambios estructurales de la industria. En 2011, los precios alcanzaron una selección incentivando a los nuevos productores a entrar en línea. A largo plazo, pronosticamos que el mercado chino estará en déficit, lo que dará como resultado una mayor necesidad de importaciones. A medida que aumenta el requerimiento de China, el mercado fuera de China se volverá aún más ajustado, a pesar de todos los proyectos que hay en carpeta.

En 2019, el mercado chino estará más ajustado debido a la mayor demanda. Como resultado, estimamos que China pasará del superávit al déficit en 2024. Para el 2033, estimamos que el déficit chino llegará a más de 17,000 toneladas. Como resultado, estimamos que el precio aumentará de \$290/mtu en 2018 a \$390/mtu en 2035.

Figura 23 Balance de mercado pronosticado y precios en China, 2018-2035

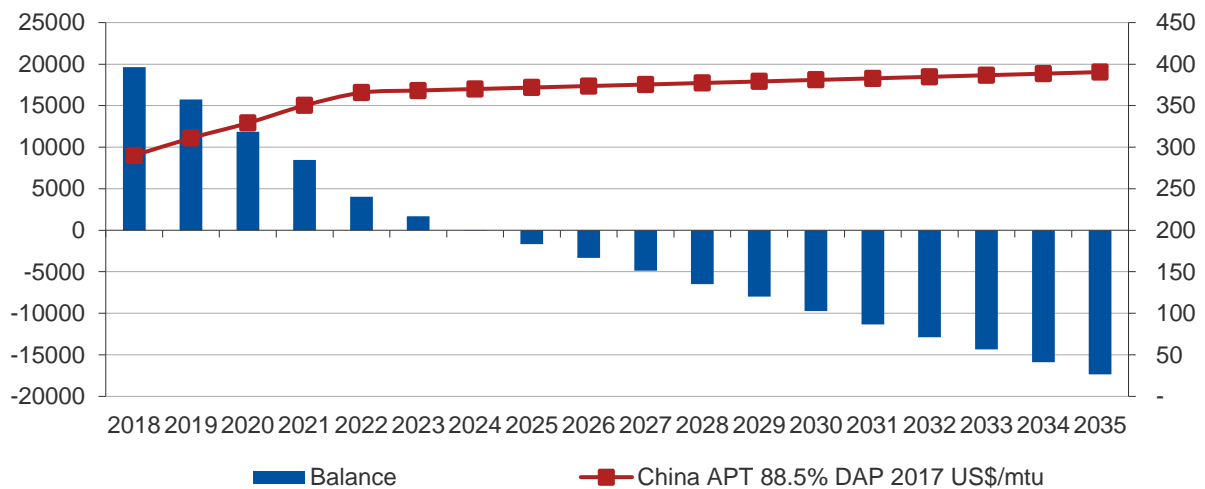


Tabla 16 Balance de mercado pronosticado y precios en China, 2018-2035

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Producción China	78.605	78.212	77.821	77.432	77.045	76.659	76.276	75.895	75.515	75.138
Demanda China	58.975	62.470	65.972	68.982	73.000	74.966	76.335	77.571	78.844	80.008
Balance	19.630	15.742	11.849	8.450	4.045	1.693	(59)	(1.676)	(3.329)	(4.871)

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC
									2018-35
Producción China	27.906	27.959	28.017	28.079	28.145	28.215	28.278	28.345	-5,8%
Demanda China	36.377	36.700	37.000	37.284	37.567	37.863	38.144	38.420	-2,5%
Balance	(8.470)	(8.741)	(8.983)	(9.206)	(9.423)	(9.648)	(9.867)	(10.075)	

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
China APT 88.5% WO3 DAP 2017 US\$/mtu	290	311	329	350	366	368	370	372	374	375
China APT 88.5% WO3 DAP US\$/mtu	297	325	350	380	405	416	426	437	448	459

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC
									2018-35
China APT 88.5% WO3 DAP 2017 US\$/mtu	377	379	381	383	385	387	389	390	1,8%
China APT 88.5% WO3 DAP US\$/mtu	470	482	494	507	519	532	546	559	3,9%

En el resto del mundo, el mercado se mantendrá en déficit. En 2018, había 13,000 toneladas de déficit. Sin embargo, a medida que nuevos proyectos entren en funcionamiento en los próximos

5 años, el déficit disminuirá a 6.300 en 2025. Aunque la producción en el resto del mundo aumentará, la dinámica del mercado en China afectará los precios en el resto del mundo. A medida que aumentan los requisitos de importación de China – el mercado se vuelve más apretado – lo que ejercerá una presión al alza en ambos precios de referencia. El precio en EEUU aumentará de \$347/mtu en 2018 a \$408/mtu a 2025. Más allá de 2025, la carpeta de proyectos se vuelve menos factible. Pronosticamos que 10.000 toneladas de producción adicional tendrán que estar en línea para el 2035. Como resultado, se espera que el precio en Estados Unidos aumente a \$428/mtu ese mismo año.

Sin embargo, existe un gran riesgo para el pronóstico del precio, ya que la mayor parte de la producción se encuentra en China. Cualquier cambio en la dinámica del mercado, incluidas las políticas ambientales, como la del procesamiento de escoria, puede afectar gravemente a la industria, ya sea hacia arriba o hacia abajo. Y dada la popularidad que el tungsteno está atrayendo, las políticas gubernamentales relacionadas con la industria del tungsteno tienen una mayor probabilidad de ocurrencia – ambos factores combinados significan que el tungsteno está sujeto a una incertidumbre importante en los precios.

Además, está el riesgo de retraso o cancelación de proyectos comprometidos o probables, que podría generar un déficit antes de lo esperado o que se acumulen acopios más pequeños, lo que provocaría que los precios se recuperen.

Figura 24 Balance de mercado pronosticado y precios en el resto del mundo, 2018-2035

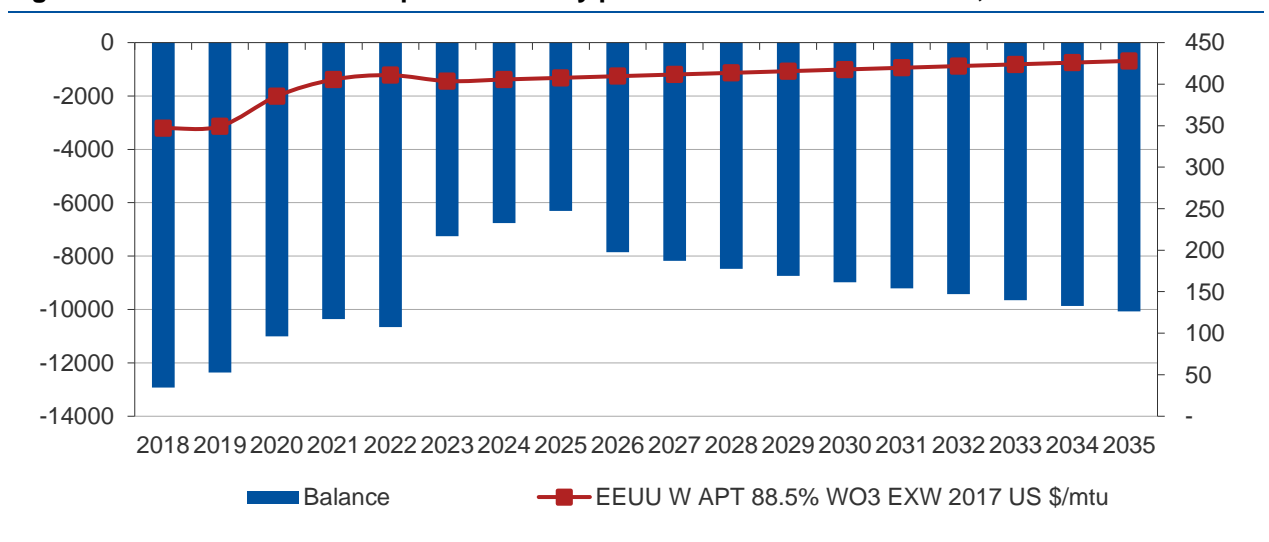


Tabla 17 Balance de mercado pronosticado y precios en el resto del mundo, 2018-2035

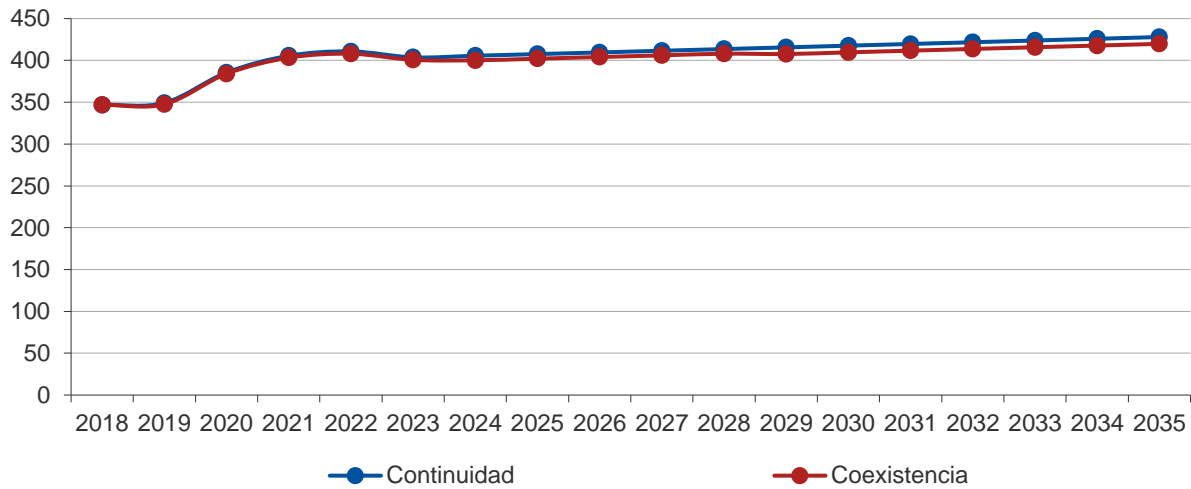
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Producción (ex-China)	19.015	20.098	22.002	23.196	23.386	27.240	28.146	28.988	27.811
Demanda (ex-China)	31.942	32.455	33.009	33.558	34.043	34.499	34.914	35.297	35.659
Balance	(12.927)	(12.357)	(11.008)	(10.362)	(10.657)	(7.259)	(6.768)	(6.309)	(7.848)
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	CAGR 2018-35
Producción (ex-China)	27.906	27.959	28.017	28.079	28.145	28.215	28.278	28.345	2,4%
Demanda (ex-China)	36.377	36.700	37.000	37.284	37.567	37.863	38.144	38.420	1,1%
Balance	(8.470)	(8.741)	(8.983)	(9.206)	(9.423)	(9.648)	(9.867)	(10.075)	
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EEUU W APT 88.5% WO3 EXW 2017 US \$/mtu	347	349	385	406	411	404	406	408	410
EEUU W APT 88.5% WO3 EXW US \$/mtu	355	365	410	440	455	456	467	479	491
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	CAGR 2018-35
EEUU W APT 88.5% WO3 EXW 2017 US \$/mtu	414	416	418	420	422	424	426	428	1,2%
EEUU W APT 88.5% WO3 EXW US \$/mtu	516	529	542	555	569	584	598	613	3,3%

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 costo marginal de largo plazo (CMLP).

En el mediano plazo, la demanda de tungsteno en el escenario Coexistencia es levemente inferior a la del escenario Continuidad. En el largo plazo, el CMLP estimado para este escenario es de ~RMB155.000/t (moneda real 2017). 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 aproximadamente un 2% por debajo de los niveles de este último.

Figura 25 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (2017 US\$/t)



Fuente: CRU

Tabla 18 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para tungsteno (2017 US\$/t)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	347	349	385	406	411	404	406	408	410	412
Coexistencia	347	348	384	403	408	401	400	402	404	406
Diferencia*	-	-2	-1	-2	-3	-3	-5	-5	-5	-6

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC2018-35
Continuidad	414	416	418	420	422	424	426	428	1,2%
Coexistencia	408	408	410	412	414	416	418	420	1,1%
Diferencia*	-6	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

Fuente: CRU

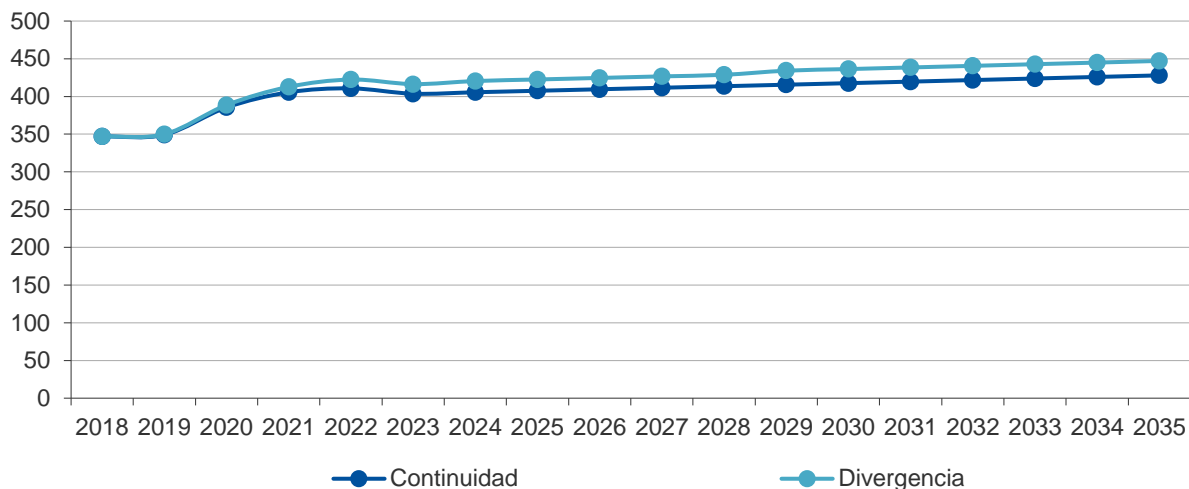
Escenario 3 - Divergencia

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 ~RMB165.000/t resultando ~RMB7.000/t mayor que el CMLP del caso Continuidad. Esta diferencia en precios de largo plazo se debe a la mayor demanda esperada de tungsteno 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 26 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para tungsteno (2017 US\$/t)



Fuente: CRU

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

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	347	349	385	406	411	404	406	408	410	412
Divergencia	347	350	389	413	422	416	420	423	425	427
Diferencia*	-	1	3	7	12	13	15	15	15	15

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC2018-35
Continuidad	414	416	418	420	422	424	426	428	1,2%
Divergencia	429	434	436	438	441	443	445	447	1,5%
Diferencia*	15	19	19	19	19	19	19	19	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

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

Figura 27 Análisis de 5 fuerzas de Porter, tungsteno



Fuente: CRU

Rivalidad competitiva: Alta

El mercado está dominado por productores chinos que compiten tanto en calidad como en precio. Como se discutió en capítulos anteriores, será necesario una oferta adicional después de 2024. Los altos precios y el cambio hacia la escasez de oferta incentivarán a los productores existentes a aumentar la producción y al ingreso de nuevos actores al mercado.

Barreras de entrada - Alta

La industria del tungsteno se encuentra actualmente con un exceso de capacidad. Sin embargo, no vemos nuevas inversiones en el mercado en los próximos 2-4 años para llenar la creciente brecha en la demanda. Las relaciones establecidas entre clientes y proveedores también tienen un papel clave. Entre los factores que crean grandes barreras se encuentran: elevados costos de

capital, actores existentes poseen economías de escala, que pueden beneficiarse de una ventaja de costos con respecto a los nuevos actores.

Productos sustitutos - Baja

Como mencionamos antes, el tungsteno tiene propiedades como su dureza y resistencia a las altas temperaturas, por lo que es difícil de reemplazar con otros materiales para algunos productos de uso final clave. La sustitución con otros materiales resulta en un compromiso entre el costo y el rendimiento del producto. Los cerámicos, carburos de titanio y aceros de alta velocidad (HSS) pueden representar una amenaza al carburo de tungsteno en aplicaciones de herramientas de corte. El principal riesgo para el consumo de tungsteno primario en los carburos cementados es la tendencia a la economización y a la miniaturización en las herramientas de corte (incluyendo el uso extenso de recubrimientos y puntas intercambiables que extienden la vida útil de las herramientas) y el uso de chatarra para su fabricación. La chatarra representa una amenaza significativa al uso de material primario en esta aplicación, dados los avances que ya ha logrado en los últimos años.

Poder de negociación de los proveedores - Moderado y bajo

El mercado está dominado por productores de China. Ya que se proyecta que el mercado entrará en déficit en los próximos 5-6 años, los productores tendrán en sus manos el poder de negociación, aumentando los precios. Sin embargo, en ambientes de precios bajos, es el comprador quien tiene el poder, haciendo que los productores compitan por asignar su producción.

Anexo I. Glosario

Monedas y medidas de valor

Sigla	Significado
US\$	Dólar estadounidense
US\$/t	Dólar estadounidense por tonelada
RMB	Renminbi chino (Nombre oficial)
RMB/t	Reminibi chino por tonelada
Yuan	Unidad básica del Renminbi (nombre por el que también se conoce a la moneda)

Empresas e Instituciones

Sigla	Significado
USGS	United States Geological Service / Servicio Geológico estadounidense

Medidas de peso

Sigla	Significado
Kt	Miles de Toneladas
Mt	Millones de toneladas
T/Ton	Tonelada

Otros

Sigla	Significado
APT	Aratungstato de amonio
FOB	Free on Board / Libre a bordo
HSS	Aceros de alta velocidad
LME	London Metal Exchange / Bolsa de Metales de Londres
LRMC – CMLP	Long run marginal cost / Costo marginal de largo plazo
PI	Producción industrial
SRMC – CMCP	Short run marginal cost / Costo marginal de corto plazo
TCAC	Tasa de Crecimiento Anual Compuesto
WC	Carburo de Tungsteno
W	Símbolo del tungsteno

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 – 2016. Disponible en Internet: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf>