



Mineral de hierro

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

Final 4 de diciembre de 2018

CRU Consulting



Contrato #: C-378359-003-2018

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

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

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

Copyright CRU International Limited 2018. Todos los derechos reservados.

Augusto Leguía Norte N° 100 Of. 506, Las Condes, Santiago, Chile

Tel: +56 2 2231 3900

Tabla de Contenidos

1. Mercado del mineral de hierro	1
Resumen ejecutivo de la industria del hierro.....	1
Introducción.....	2
1.1. Demanda de hierro	2
1.1.1. Determinantes de la demanda de hierro y usos finales	2
1.1.2. Intensidad de uso y el ciclo de desarrollo del hierro	8
1.1.3. Sustitución y elasticidad de la demanda del hierro	9
1.1.4. Demanda histórica del hierro	11
1.1.5. Proyección de demanda del hierro.....	13
1.2. Oferta de hierro.....	20
1.2.1. Recursos y reservas de hierro: evolución, tasas de descubrimiento, presupuestos de exploración	20
1.2.2. Métodos de extracción y procesamiento del hierro.....	23
1.2.3. Cadena de valor del hierro	25
1.2.4. Costos de capital del hierro.....	26
1.2.5. Comercialización del hierro	26
1.2.6. Producción histórica de hierro	29
1.2.7. Proyección de producción de hierro	32
1.3. Balance de Mercado y precio del hierro	37
1.3.1. Descripción de la estructura y mecanismos de precio del hierro	37
1.3.2. Balance de mercado y precio histórico del hierro	37
1.3.3. Proyección de balance de mercado y precio del hierro	39
1.4. Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del hierro.....	43
Anexo I. Glosario	45
Anexo II. Bibliografía	46

Índice de Tablas

Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, Hierro.....	10
Tabla 2 Demanda histórica de mineral de hierro, 2008-2017, (Mt).....	13
Tabla 3 Proyección de la demanda de mineral de hierro, 2018-2035, (Mt).....	15
Tabla 4 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para el mineral de hierro, (Mt).....	17

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para hierro, (Mt)	19
Tabla 6 Recursos y reservas de mineral de hierro, 2008-2017, (miles de millones de toneladas).....	21
Tabla 7 Costos de capital de proyectos de mineral de hierro, 2017.....	26
Tabla 8 Importaciones de hierro, 2008-2017 (Mt).....	28
Tabla 9 Exportaciones de hierro, 2008-2017, (Mt).....	29
Tabla 10 Producción por producto y país en 2017, (Mt).....	30
Tabla 11 Producción histórica, 2008-2017, (Mt).....	32
Tabla 12 Proyección de la oferta de hierro, 2018-2035, (Mt).....	34
Tabla 13 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para Carbón metalúrgico (Mt)	35
Tabla 14 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para hierro (Mt).....	36
Tabla 15 Balance del mercado y precios del hierro, 2008-2017.....	39
Tabla 16 Proyección del balance de mercado del hierro, 2018-2035, (Mt).....	40
Tabla 17 Pronóstico de precios, 2018-2035	41
Tabla 18 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para hierro (2017 US\$/t)	42
Tabla 19 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para hierro (2017 US\$/t).....	43

Índice de Figuras

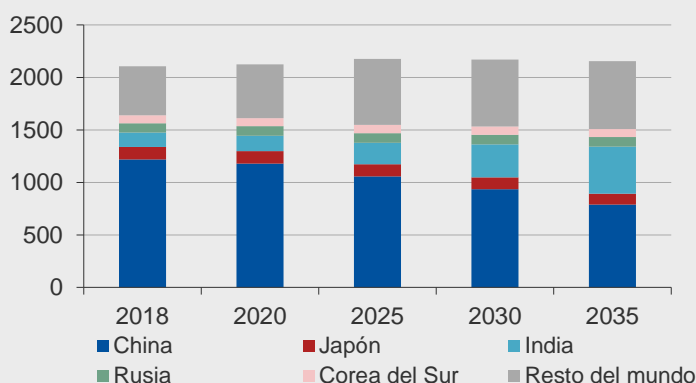
Figura 1 Correlación entre la producción global de acero y la demanda de hierro (Mt).....	3
Figura 2 Proceso simplificado de producción de acero	4
Figura 3 Demanda total por país, 2017.....	4
Figura 4 Correlación entre la producción de acero BOF China y la demanda global de hierro, (Mt).....	5
Figura 5 Descripción de los principales productos de hierro	6
Figura 6 Intensidad de uso según el PIB en 2017.....	9
Figura 7 Demanda por producto, 2008	12
Figura 8 Demanda por producto, 2017	12
Figura 9 Demanda histórica de mineral de hierro, 2008-2017 (Mt).....	12
Figura 10 Proyección del índice de hierro en Altos Hornos, 2018-2035, (kg/thm)	14
Figura 11 Proyección de la demanda de mineral de hierro, 2018-2035 (Mt)	14
Figura 12 Demanda por producto, 2017	16
Figura 13 Demanda por producto, 2035.....	16
Figura 14 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para el mineral de hierro, (Mt).....	17
Figura 15 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el hierro – Caso Continuidad ..	18

Figura 16 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el hierro – Caso Coexistencia .	18
Figura 17 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para el hierro, (Mt)	19
Figura 18 Mapa de reservas globales de hierro en 2017 (miles de millones de toneladas)	22
Figura 19 Presupuestos de exploración del hierro, 2008-2035, (MUS\$, real 2017)	22
Figura 20 Cadena de valor del hierro	25
Figura 21 Importaciones de hierro 2017.....	27
Figura 22 Exportaciones de hierro 2017	27
Figura 23 Exportaciones totales por empresa, 2017	29
Figura 24 Producción por país, 2017.....	30
Figura 25 Producción por empresa, 2017	30
Figura 26 Producción histórica de mineral de hierro, 2008-2017, (Mt).....	32
Figura 27 Proyección de la oferta de hierro, 2018-2035, (Mt)	33
Figura 28 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para hierro, (Mt).....	35
Figura 29 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para hierro (Mt)	36
Figura 30 Balance del mercado de hierro, 2008-2017, (Mt).....	38
Figura 31 Proyección del balance de mercado y precios del hierro, 2018-2035	40
Figura 32 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para hierro (2017 US\$/t)...	41
Figura 33 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para hierro (2017 US\$/t)	42
Figura 34 Modelo de las Cinco fuerzas de Porter.....	43

1. Mercado del mineral de hierro

Resumen ejecutivo de la industria del hierro

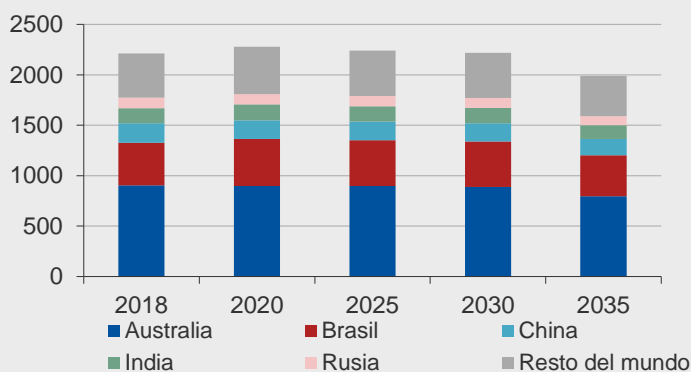
Proyección de demanda, (Mt)



DEMANDA

1. La demanda global de mineral de hierro alcanzará las 2.042 Mt en 2035 (-18 Mt vs 2017), arrastrada a la baja por una importante disminución en China.
2. La demanda de mineral de hierro en China tendrá una importante baja de 443 Mt a 2035, pasando de representar un 60% de la demanda total en 2017 a un 39% en 2035.
3. India verá el mayor crecimiento en su demanda, pasando de las 119 Mt en 2017 a 446 Mt en 2035. Este aumento será impulsado por un fuerte crecimiento de la industria acerera doméstica.
4. Se espera una creciente preponderancia de productos de mayor calidad (>65% Fe, *pellets*) debido la búsqueda de mayor productividad de alto horno por parte de las siderúrgicas.

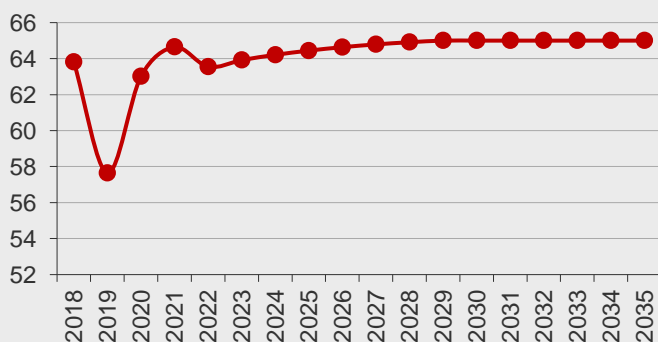
Proyección de oferta, (Mt)



OFERTA

1. La oferta de mineral de hierro alcanzará su máximo en 2025, con 2.240 Mt. Posterior a esta fecha, se espera un progresivo descenso hasta alcanzar las 1.991 Mt en 2035 (-226 Mt vs 2017).
2. Las operaciones existentes y el *pipeline* de proyectos permiten proyectar un mercado sin problemas de oferta hasta finales de la década próxima.
3. Ninguno de los principales productores verá un aumento en su producción a 2035, lo que se reflejará en un descenso anual de un 0,5% en la producción global.

CFR China spot, 62% Fe finos (real)



PRECIO

1. Se espera un mercado en superávit por, al menos, 10 años más producto de una oferta robusta combinada con una demanda en lento declive.
2. CRU pronostica que el precio estimado a largo plazo del *benchmark* Fe 62% CFR China tendrá un valor de \$65/t, en línea con el costo marginal de largo plazo de la industria. Los índices 65% y 58% Fe, tendrán precios de \$77/t y \$55/t respectivamente.

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”:

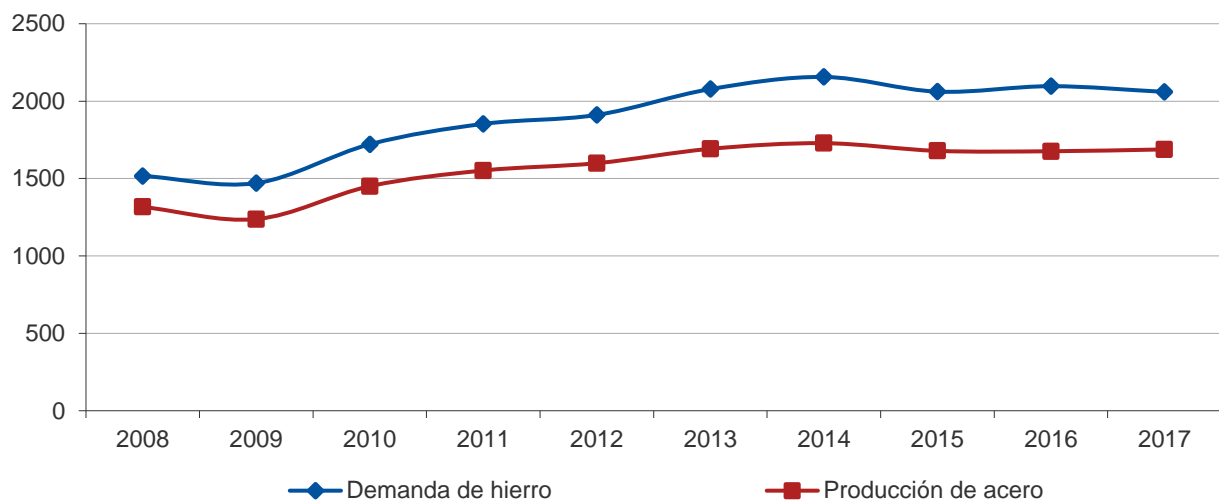
- El documento “Metodología y plan de trabajo detallado” explica en detalle la metodología utilizada para obtener tanto los datos históricos como proyectados de demanda, oferta y precio.
- El documento “Análisis de escenarios” presenta los tres escenarios bajo los cuales se llevan a cabo las proyecciones 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 hierro

1.1.1. Determinantes de la demanda de hierro y usos finales

El hierro puro tiene escasos usos, por lo que su principal aplicación está en la producción de acero a través de la siderurgia.

A mediados del siglo XVIII, con el surgimiento de la Revolución Industrial, el acero se comienza a producir y utilizar de forma masiva como un elemento estructural. La fabricación de ferrocarriles, infraestructura ferroviaria, barcos, y estructuras de edificación, son algunas de las utilidades que surgieron en esa época. Otros usos actuales incluyen la fabricación de armamento, camiones, automóviles, electrodomésticos y maquinarias varias, siendo el metal más utilizado tanto en cantidad como por sus múltiples aplicaciones. En resumen, la demanda de acero (y, consecuentemente, la de mineral de hierro) está principalmente determinada por la salud de la economía global, dada la enorme cantidad de aplicaciones finales que posee.

Figura 1 Correlación entre la producción global de acero y la demanda de hierro (Mt)


Fuente: CRU

Producto de esta importancia fundamental en los procesos industriales, la demanda de hierro ha estado históricamente determinada por el consumo de las acerías en economías industrializadas, con países como Japón, EEUU, Rusia y Unión Europea impulsando la demanda global de mineral de hierro. Sin embargo, la emergencia de China como el líder indiscutido en la producción de acero durante la última década, ha transformado al gigante asiático en el principal determinante de la demanda de hierro a nivel global, representado un 60% del consumo total en 2017.

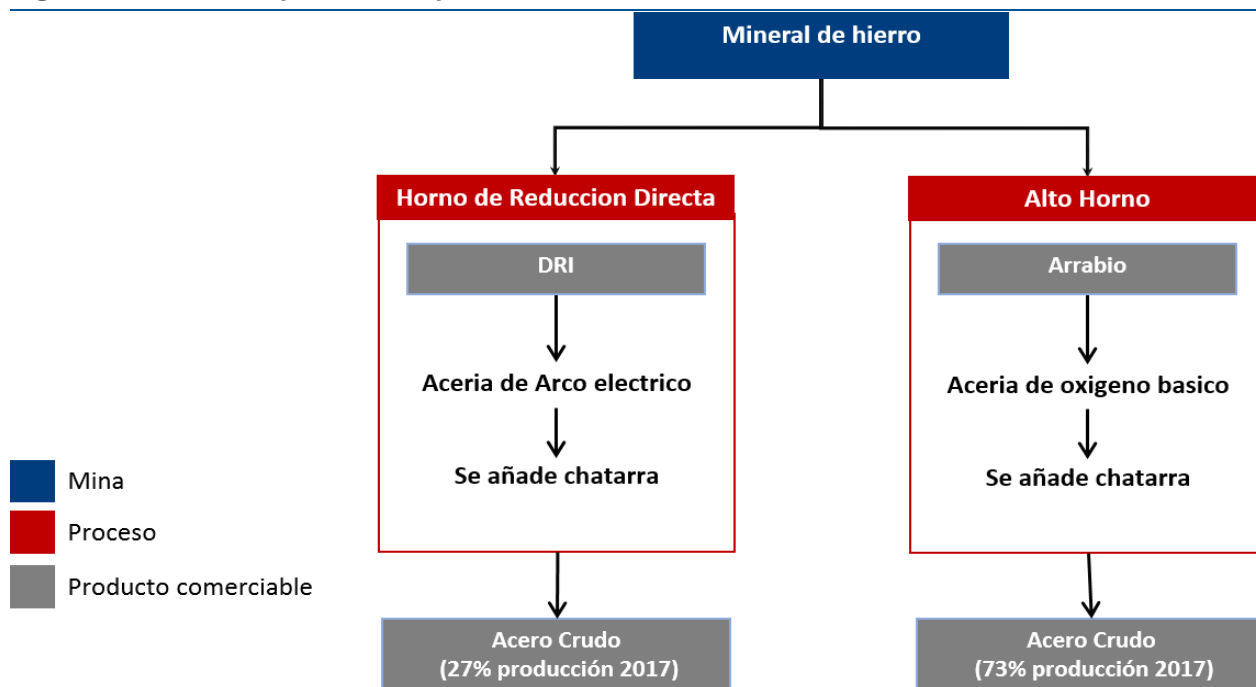
Si bien la producción de acero es el principal determinante de la demanda de mineral de hierro a nivel global, cabe resaltar que los procesos productivos del acero tienen distintos requerimientos de hierro, por lo que es importante diferenciar entre el proceso del Alto Horno / Acería de Oxígeno Básico (BOF, por sus siglas en inglés) y Horno de Arco Eléctrico (EAF, por sus siglas en inglés).

- El proceso Alto Horno/BOF, tiene como principales materias primas el mineral de hierro y el carbón metalúrgico. El acero producido por esta ruta representó un 73% de la producción total en 2017.
- El proceso EAF, a diferencia del BOF, utiliza chatarra de acero como principal insumo, el cual es complementado por otras materias primas (arrabio, DRI/HBI). En 2017, la producción de acero EAF representó el 27% de la producción total.

Por lo tanto, la demanda de hierro va a estar determinada principalmente por la producción de acero a través de la ruta del Alto Horno. Para graficar este punto, basta mirar a las dos mayores economías mundiales: EEUU y China. Este último es el principal productor de acero BOF a nivel global, representando un 63% de la producción total en 2017 y por ende consumiendo gran parte del suministro global de hierro mina, importando un 71% de la producción total en 2017. EEUU, por su parte, al contar con una gran disponibilidad de chatarra (resultado del alto nivel de

desarrollo de su economía), produce el 67% de su acero a través del proceso EAF. Como resultado, EEUU prácticamente no importa mineral de hierro y tiene un consumo por tonelada de acero producida mucho menor al de China.

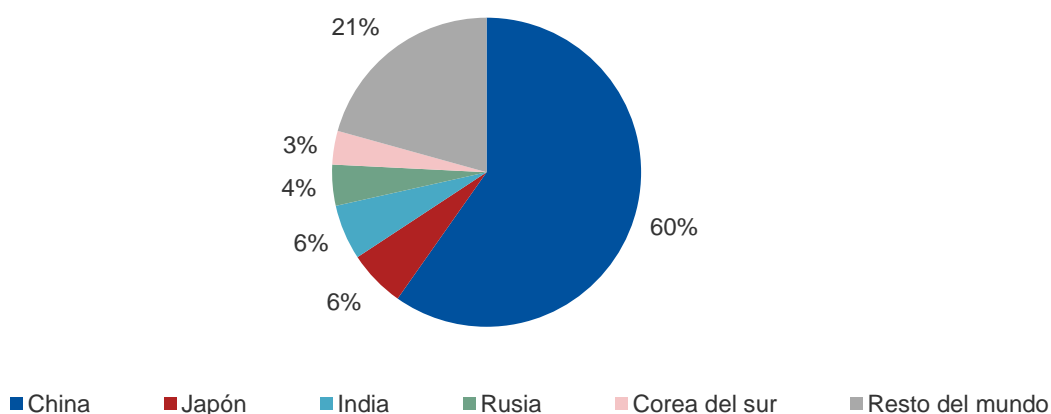
Figura 2 Proceso simplificado de producción de acero



Fuente: CRU

Figura 3 Demanda total por país, 2017

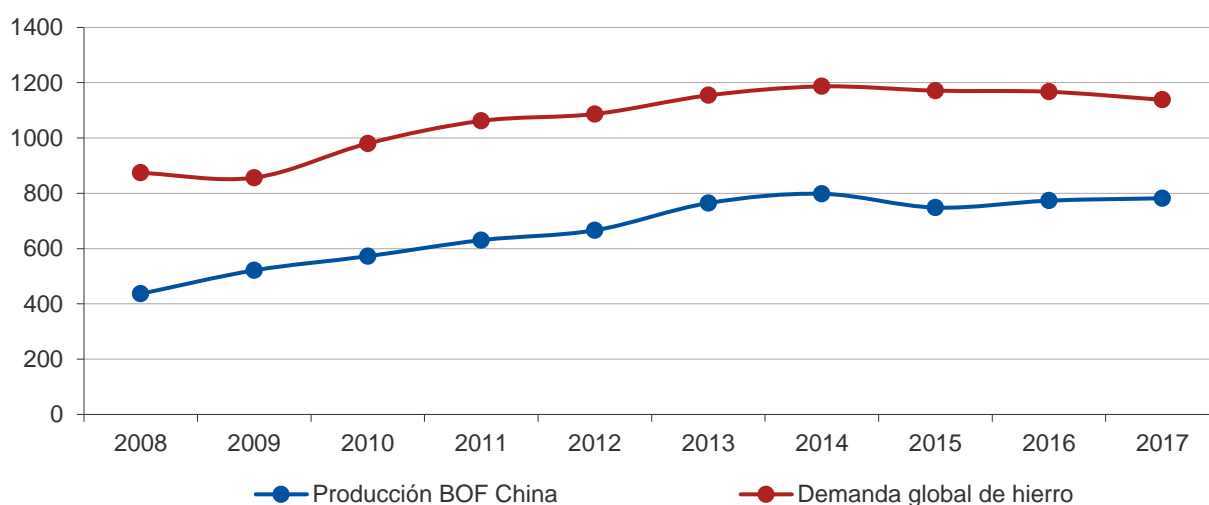
Demanda Total: 2.059 millones de toneladas



Fuente: CRU

El crecimiento en el consumo global de hierro durante el periodo 2008-2017 se vio liderado prácticamente en su totalidad por China. El gigante asiático representó un 95% del crecimiento total durante el periodo, aumentando su producción en 514Mt, frente a las 543Mt del aumento total global. India y Corea del Sur, también tuvieron crecimiento en su consumo, pero con volúmenes mucho menores que los de China, aumentando su demanda en 31Mt y 26Mt respectivamente. Japón, por su parte, fue el único de los principales consumidores de hierro que vio una disminución en su demanda de un 1,2% durante el mismo periodo.




Figura 4 Correlación entre la producción de acero BOF China y la demanda global de hierro, (Mt)



Fuente: CRU

Los productos que se obtienen a partir de las minas de hierro se pueden clasificar en *lump*, *pellet* y finos. Cada uno de ellos cuenta con distintas características y necesidades de procesamiento antes de ser utilizado, lo que se traduce en un precio diferente para cada uno. La mayor parte del mineral de hierro se produce y consume en forma de fino, seguido por el *pellet* y el *lump*. Con respecto a su origen, el *lump* y el fino se obtienen a partir de mineral de ley alta (55% Fe o más) y el *pellet* a partir de mineral de ley baja que ha tenido que pasar por un proceso de concentración.

Figura 5 Descripción de los principales productos de hierro

	Características	Valor relativo	Consumo global (2017)
 <p>Finos</p>	Requiere aglomerarse en sinter antes de ingresar al Alto Horno. Es el producto de hierro mas comúnmente comercializado, también conocido como “fino de sinter”.	3	1.297 Mt
 <p>Lump</p>	Puede ser cargado directamente en el horno, a diferencia del sinter y pellet los cuales tienen costos asociados. El lump se vende con una prima frente a los finos.	2	314 Mt
 <p>Pellet</p>	Producto de su tamaño y composición uniformes, el pellet tiene el valor de utilización mas alto de cualquier producto de hierro. Se vende con una prima frente a los finos.	1	449 Mt

Fuente: CRU

A continuación, se detallan las características principales de cada producto.

Lump

El *lump* corresponde a material de porte irregular, con un diámetro de entre 6,8mm y 15mm, que puede ser cargado directamente a los hornos, ahorrándose el costo de cualquier tipo de procesamiento previo. Es por esto que en comparación con el *pellet feed* y el fino antes de sintetizar, el *lump* es considerado un material de mejor calidad. Los hornos necesitan ser cargados con material que tenga más de un 55% de hierro por lo que en general el *lump* proviene de mineral de hematita (con una ley de hierro mayor al 60%). La mayor parte del *lump* es procesados a través del Alto Horno ya que los Hornos de Reducción Directa requieren material con muy altas leyes y un porcentaje de impurezas menor al 2%, estándares difíciles de alcanzar sin ningún tipo de procesamiento previo.

En 2017, el *lump* representó un 15% de la demanda mundial de hierro, equivalente a 314 Mt, con un 95% de éstas destinándose a Altos Hornos y sólo un 5% a Hornos DRI. El mayor consumidor fue China con un 58,8% de la demanda, seguido por India y Japón con un 9,6% y 9% respectivamente.

Pellet

El *pellet* es el resultado del procesamiento del *pellet feed* en la planta de *pellet*. El *pellet feed* es un producto proveniente de mineral de baja ley y que ya ha pasado por una etapa de

concentración. Tiene una granulometría variable (diámetro de entre 60µm y 150µm) y debe ser aglomerado para formar *pellet* de porte estándar y uniforme que sean ingresables al Alto Horno. Dadas estas características, el *pellet* es el producto de mineral de hierro más eficiente para cargar un horno. Dependiendo de la calidad final del producto, éste se puede clasificar en DR grado *pellet* o “*blast furnace grade pellet*”. El *DR grade pellet* presenta menos de un 2% de impurezas, por lo que cuenta con las condiciones necesarias para ser ingresado al Horno de Reducción Directa. Aquellos *pellets* que no cuenten con esta característica se clasifican como “*Blast Furnace (BF) grade pellet*” y se destinan al Alto Horno.

En 2017 un 22% de la demanda por mineral de hierro correspondió a demanda por *pellet*, equivalente a 449 millones de toneladas. Un 78% de esta demanda se destinó a Alto Horno, mientras que el 22% restante se utilizó en Hornos de Reducción Directa. China fue el principal país consumidor con un 33% de la demanda mundial de *pellet*, seguido por América del Norte, Europa y Rusia.

Fino

El fino es material cuyo diámetro varía entre los 150µm y los 6,8mm, que proviene de mineral de ley alta y que necesita ser aglomerado para poder ingresar al Alto Horno. El proceso de aglomeración se hace a través de sintetizado, formando un producto conocido como *sinter fine* (fino sintetizado), el cual se utiliza extensamente alrededor del mundo. La fracción de fino que se consume de forma directa es prácticamente nula, representando tan sólo un 0,7% de la demanda total por fino en 2017. El restante 99,3% es sintetizado y cargado a Altos Hornos.

El fino es sin duda el producto de mineral de hierro más utilizado, representando un 63% de la demanda total de hierro en 2017 (equivalente a 1.297 Mt). Esto se explica en gran medida por el importante rol de China en el consumo de hierro. En 2017, un 68% de la demanda mundial de hierro provino de este país, el cual favorece la utilización de fino por sobre el *lump* y *pellet*. En otras regiones con consumos importantes de mineral de hierro, como lo son Europa y Japón, el fino también es el producto de preferencia, aunque no de forma tan marcada como en China.

1.1.2. Intensidad de uso y el ciclo de desarrollo del hierro

Como se explicó anteriormente, el mineral de hierro se utiliza básicamente para la producción de acero. El acero se emplea en forma extensa en la industria de la construcción, en la fabricación de maquinaria, medios de transporte y bienes de consumo. Tanto para el corto como para el largo plazo, CRU parte desde un pronóstico de consumo de acero por país para proyectar a partir de este el consumo de mineral de hierro. Recordemos que a partir del mineral de hierro se produce DRI y arrabio, a partir de los cuales se genera acero crudo (en combinación con una cantidad variable de chatarra). El acero crudo es transformado en productos semi-terminados de acero, lo que son laminados y forjados para crear productos terminados como láminas, planchas y barras de acero. Dado esta larga línea de procesamiento, la proyección de mineral de hierro consumido a partir de la demanda de productos terminados de acero requiere de una serie de pasos, los cuales incluyen:

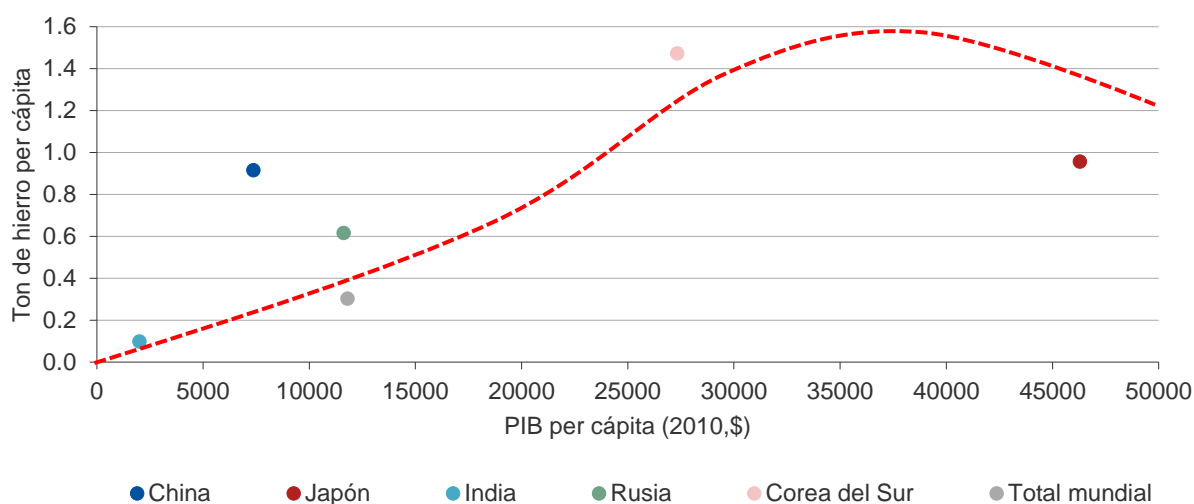
- Dado el consumo de productos terminados de acero por región, evaluar las importaciones de estos productos para ver dónde se llevó a cabo su producción.
- Dependiendo de dónde se produjeron los productos terminados, estimar las pérdidas en su proceso de fabricación y la cantidad requerida de productos semi-terminados.
- Evaluar la comercialización de productos semi-terminados de acero para determinar la producción de acero crudo por región.
- Analizar la producción de acero crudo según la tecnología utilizada (BOF o EAF) y estimar la cantidad utilizada de hierro primario (DRI y arrabio) y chatarra.

En línea con lo anterior, es importante diferenciar entre el consumo directo e indirecto de acero en una economía dada, ya que la intensidad de uso variará dependiendo del tipo de economía de un país. Por ejemplo, la intensidad de uso del acero en economías como Japón y Corea del Sur son bastante altas producto de su importante industria manufacturera, con altos índices de consumo directo de acero per cápita. Sin embargo, sus productos son exportados en gran medida para consumo indirecto en otros mercados. Por el contrario, mercados como África subsahariana, poseen industrias (incluyendo la siderúrgica) poco desarrolladas por lo que son consumidores indirectos de acero.

En 2017, la intensidad de uso del acero continúa siendo predominantemente alta en aquellas regiones con una industria manufacturera exportadora desarrollada. Por ejemplo, durante el mismo período, la producción de acero en países como Japón, Corea del Sur y Taiwán, duplicó a la producción de EEUU y Canadá. Lo anterior indica que no necesariamente hay una correlación directa entre el PIB per cápita de una economía y su intensidad de acero, sino que también influye el modelo productivo que esta tenga.

Con respecto a las regiones emergentes, China sobresale producto de su alto consumo de hierro en relación con su bajo PIB per cápita. Esto responde a que la demanda de acero chino apunta en gran medida a satisfacer su economía doméstica, con un alto número de proyectos de infraestructura y de construcción requiriendo volúmenes importantes de acero.

Figura 6 Intensidad de uso según el PIB en 2017



Fuente: CRU

1.1.3. Sustitución y elasticidad de la demanda del hierro

El principal sustituto del mineral de hierro hoy en día es la chatarra. Como ya se mencionó previamente, la competitividad del mineral de hierro frente a la chatarra dependerá exclusivamente de la disponibilidad de esta en una economía determinada. Al requerir de procesos de reciclaje eficientes, la chatarra es competitiva frente al hierro únicamente en economías desarrolladas, las cuales cuentan con los volúmenes e infraestructura para utilizarla de forma eficiente en el proceso de producción de acero EAF. A raíz de lo anterior, el mineral de hierro corre efectivamente un riesgo de ser sustituido en proporciones cada vez mayores en economías desarrolladas.

Sin embargo, en potencias productoras de acero como China e India, es todavía escaso el volumen de chatarra producido en línea con sus economías relativamente jóvenes. Lo anterior, y debido a que estos dos países representan gran parte del crecimiento esperado en la producción de acero mundial a futuro, es que se considera que una sustitución significativa del mineral de hierro es todavía un proceso que tomará, por lo menos, décadas.

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

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

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

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

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

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

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

Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, Hierro

Factor de análisis	Características específicas del Hierro
Usos principales	Producción de acero
Baja sustituibilidad	Sí, no hay sustitutos en la producción de acero por alto horno. Una migración significativa a producción vía EAF (donde el hierro se sustituye por chatarra) puede llevar décadas.
Participación de bajo valor	Sí
Baja elasticidad de la oferta de sustitutos	Sí
Baja elasticidad precio final	Sí

Fuente: CRU

1.1.4. Demanda histórica del hierro

Principales consumidores por actividad económica en los últimos diez años

Tal como se plantea en la sección “Determinantes de la demanda de aluminio y usos finales” de este reporte, el principal sector económico ligado al consumo de hierro es la producción de acero. Dado que el hierro es un metal que se viene utilizando desde hace muchos años en industrias que llevan varias décadas de desarrollo, estos usos finales se han mantenido relativamente estables.

Principales países y/o regiones consumidoras de aluminio

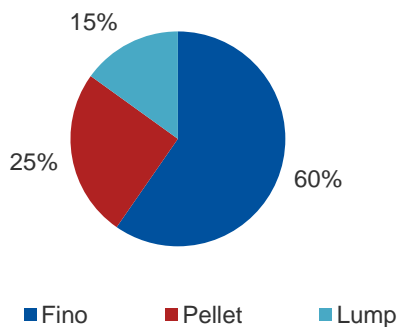
En esta sección se presentan los principales países y/o regiones consumidoras de hierro primario en los últimos 10 años. Dada la naturaleza global del consumo de *commodities*, se analizan los países y/o regiones que son efectivamente relevantes para el estudio y entendimiento del mercado a analizar,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

La demanda de mineral de hierro totalizó 2.059 Mt en 2017. La misma experimentó un crecimiento sostenido de 3,5% anual durante el periodo 2008-2017 impulsada principalmente por el boom de la industria acerera en china. Sin embargo, se ha mantenido relativamente estable desde el máximo alcanzado en 2014 (2.156 Mt). Esto coincide con un estancamiento en la producción de acero chino, principal consumidor global de hierro, la cual ha venido disminuyendo desde entonces. India, por su parte, incrementó fuertemente su consumo de hierro, debido a una alta demanda de las acerías locales, las cuales han tenido que recurrir a cantidades crecientes de material importado producto de una menor producción doméstica de hierro. Adicionalmente, durante el periodo 2008-2017, la composición de la demanda de hierro sufrió una variación importante, con un aumento en la proporción de fino que es el producto preferido en China. Sin embargo, el *pellet*, si bien decreció en porcentaje del consumo total con respecto al fino, en

términos totales aumentó de las 384 Mt en 2008 a las 449 Mt en 2017, en línea con el incremento progresivo de la calidad de material requerida por los Altos Hornos a nivel global.

Figura 7 Demanda por producto, 2008

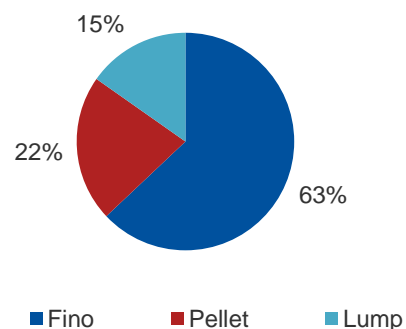
Demanda total: 1.517 millones de toneladas



Fuente: CRU

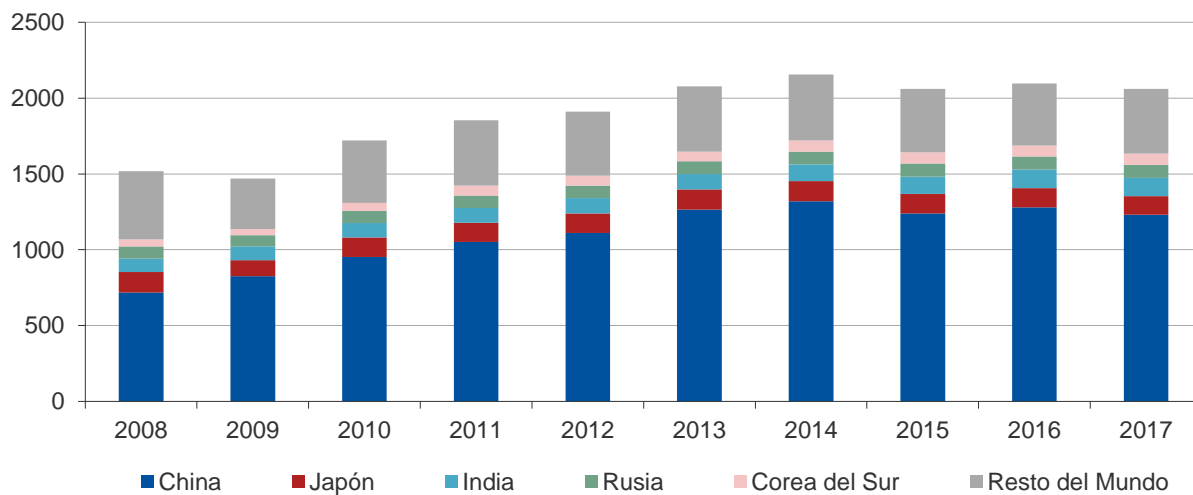
Figura 8 Demanda por producto, 2017

Demanda total: 2.059 millones de toneladas



Fuente: CRU

Figura 9 Demanda histórica de mineral de hierro, 2008-2017 (Mt)



Fuente: CRU

1.1.5. Proyección de demanda del hierro

Escenario 1 - Continuidad

La demanda de hierro en 2035 se espera que alcance 2.042 Mt (-18 Mt vs. 2017), lo que indica un leve descenso anual de un 0,2% durante el período 2018-2035. El único aumento significativo entre los principales consumidores lo verá India, con un importante incremento de 327 Mt en su consumo hasta alcanzar las 446Mt en 2035, con una tasa de crecimiento anual de 7,2%.

China seguirá siendo el principal consumidor de mineral de hierro mundial, aunque se pronostica una caída en su demanda de 443Mt para alcanzar 788 Mt en 2035. Este comportamiento influye directamente en el bajo crecimiento esperado de la demanda a nivel global. La industria del acero, principal consumidor de hierro en el país se verá afectada por dos factores principales en el largo plazo. En primer lugar, producto del progresivo aumento en la disponibilidad de chatarra en la economía China, se verá un paulatino incremento en el peso de la producción de acero vía EAF, la cual se espera aumente de 87 Mt actuales a 233 Mt en 2035. En segundo lugar, el gobierno chino apunta a mejorar la eficiencia del sector acerero, cerrando numerosos hornos pequeños para impulsar el uso de hornos más grandes y eficientes, por lo que se estima que la capacidad promedio de los Altos Hornos en China pasará de las 1,10Mt en 2017 a 1,76Mt en 2035.

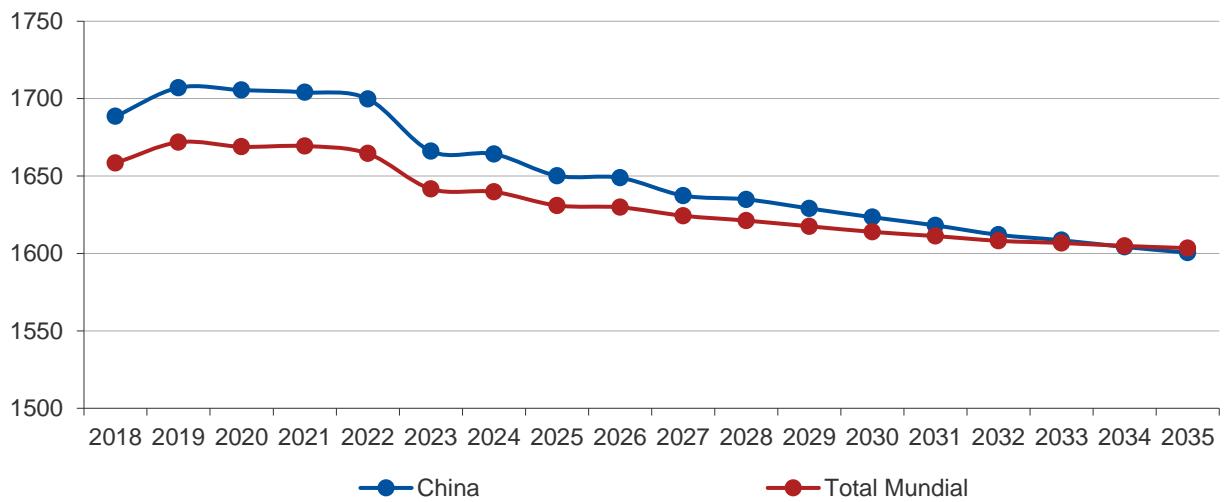
Otro factor importante en este descenso de la demanda es la transición hacia economías menos intensas en la utilización de acero. Con políticas medioambientales cada vez más restrictivas en regiones como la Unión Europea, Corea del Sur y China, la mayor parte de las acerías a nivel global tenderán a incrementar las eficiencias en sus procesos productivos, consumiendo menos mineral de hierro por tonelada de acero producido.

Tabla 2 Demanda histórica de mineral de hierro, 2008-2017, (Mt)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 08-17
China	717	825	952	1.051	1.111	1.265	1.320	1.240	1.279	1.231	6,2%
Japón	137	106	129	127	129	133	133	128	126	123	-1,2%
India	88	91	95	98	100	103	108	114	122	119	3,4%
Rusia	80	74	80	80	84	84	86	88	87	88	1,1%
Corea del Sur	46	41	54	65	64	64	73	74	72	73	5,2%
Resto del Mundo	449	334	411	431	422	431	436	418	410	426	-0,6%
Total Mundial	1.517	1.471	1.721	1.853	1.911	2.078	2.156	2.061	2.097	2.059	3,5%
<i>% cambio anual</i>		-3,1%	17,1%	7,7%	3,1%	8,7%	3,8%	-4,4%	1,7%	-1,7%	

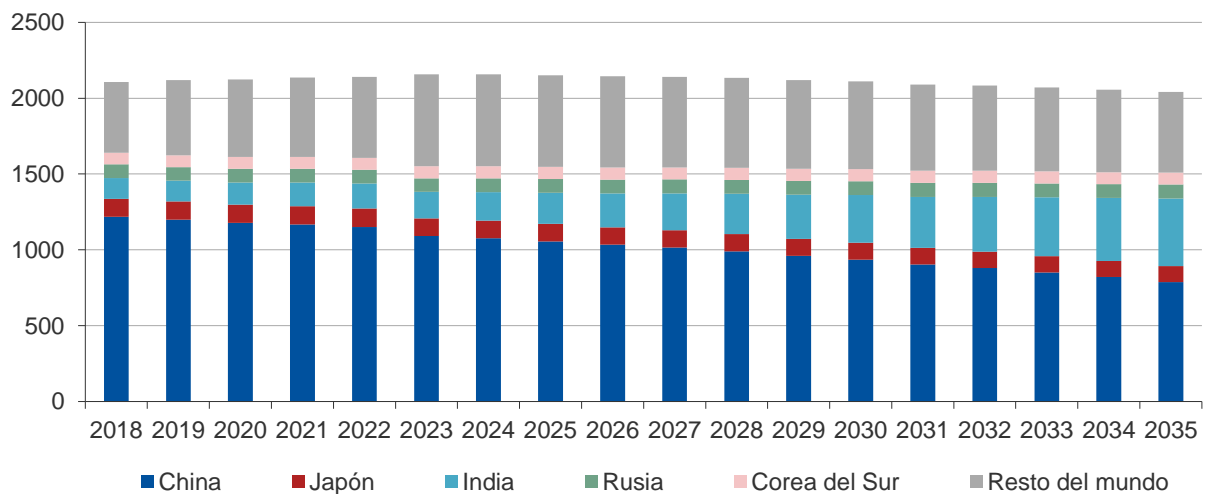
Fuente: CRU

Figura 10 Proyección del índice de hierro en Altos Hornos, 2018-2035, (kg/thm)



Fuente: CRU

Figura 11 Proyección de la demanda de mineral de hierro, 2018-2035 (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 3 Proyección de la demanda de mineral de hierro, 2018-2035, (Mt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
China	1.219	1.199	1.179	1.167	1.151	1.091	1.076	1.056	1.034	1.015
Japón	119	120	120	122	122	118	117	116	115	114
India	137	138	145	155	164	174	189	204	223	244
Rusia	90	89	90	90	90	89	90	91	91	92
Corea del Sur	76	77	78	79	79	80	80	80	80	80
Resto del mundo	467	497	512	523	533	605	606	605	602	598
Total mundial	2.107	2.120	2.125	2.136	2.140	2.158	2.158	2.152	2.144	2.142
<i>% cambio anual</i>		0,6%	0,2%	0,5%	0,2%	0,8%	0,0%	-0,3%	-0,4%	-0,1%

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
China	991	962	936	904	880	852	821	788	-2,5%
Japón	113	112	111	109	108	107	106	105	-0,7%
India	266	290	314	337	361	387	415	446	7,2%
Rusia	92	92	92	92	92	92	92	91	0,1%
Corea del Sur	80	80	80	80	79	79	79	78	0,2%
Resto del mundo	592	585	578	569	562	553	544	533	0,8%
Total mundial	2.134	2.119	2.110	2.091	2.083	2.071	2.056	2.042	-0,2%
<i>% cambio anual</i>	-0,4%	-0,7%	-0,4%	-0,9%	-0,3%	-0,6%	-0,7%	-0,7%	

Fuente: CRU

Al estar intrínsecamente ligado a la producción de acero, el consumo de hierro tenderá a desplazarse progresivamente hacia economías en desarrollo, las cuales requerirán cantidades cada vez mayores de acero producto de sus niveles crecientes de urbanización e industrialización. En línea con lo anterior y como se mencionó en la sección intensidad de uso, el nivel de intensidad de acero puede variar fuertemente dependiendo del tipo de economía y el nivel de desarrollo industrial que esta tenga. Por ejemplo, el alza en la intensidad de acero asociada a la urbanización es predecible, ya que en su mayoría requiere un consumo directo de acero. Sin embargo, el desarrollo del sector siderúrgico de una economía es altamente dependiente de factores subyacentes como el costo de la mano de obra, precios competitivos de energía e infraestructura adecuada, entre otros.

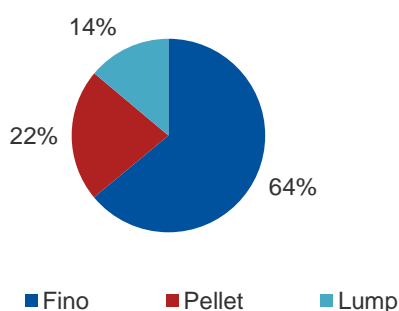
Con respecto al consumo global de acero a 2035, se espera que más del 90% del incremento en la demanda futura provenga de economías en desarrollo como América Latina, CIS, Medio Oriente, África y los países en desarrollo del Asia Pacífico. Debido a su rápido crecimiento poblacional, se espera que el consumo de acero en estas economías pase de las 314 Mt en 2018 a 544 Mt en 2035. En la vereda opuesta, las regiones desarrolladas como Europa, EEUU, Japón y Corea del Sur verán un alza muy modesta desde 460 Mt en 2018 a 479 Mt en 2035, con Europa alcanzando su máximo en 2025 y el Asia Pacífico desarrollado en 2022.

Adicionalmente, se espera que la rentabilidad de la industria acerera global se mantendrá positiva a futuro, especialmente en las acerías chinas, lo cual indica que su productividad se mantendrá firme. Esto, sumado al progresivo incremento de la producción de acero EAF a futuro, tendrá

como resultado un aumento en el consumo de *pellet* a 2035, ya que es un producto de mayor calidad. A 2035, la demanda de *pellet* aumentará desde un 22% del total en 2017 a un 30% en 2035. En línea con lo anterior, la proporción del fino bajará desde un 64% en 2017 a un 55% en 2035, mientras que el *lump* se mantendrá relativamente estable, con un 15% del total en 2035 comparado con un 14% en 2017.

Figura 12 Demanda por producto, 2017

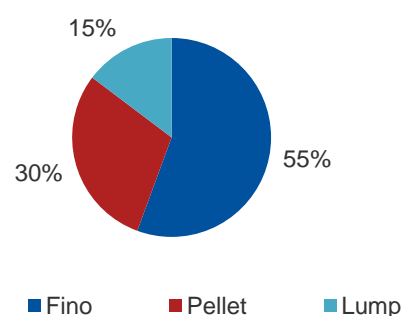
Demanda total: 2.059 millones de toneladas



Fuente: CRU

Figura 13 Demanda por producto, 2035

Demanda total: 2.042 millones de toneladas

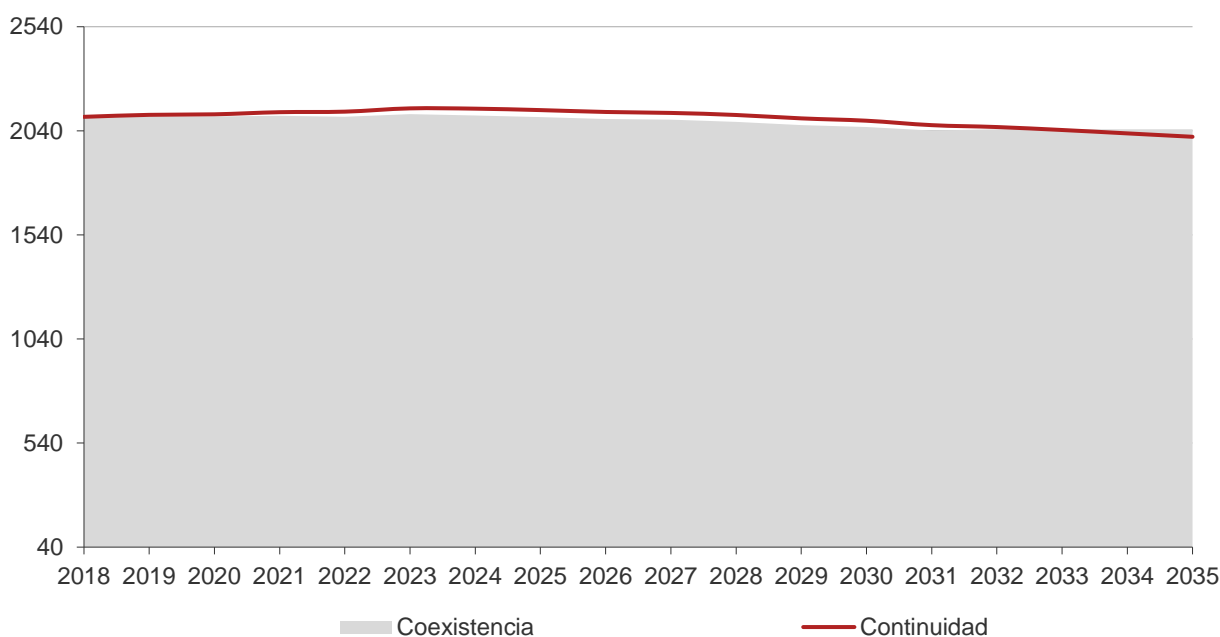


Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

Al comparar el escenario de Coexistencia con el de Continuidad, vemos que la demanda de hierro se mantiene levemente mayor en el escenario Coexistencia en el periodo 2018-2035. El escenario de Coexistencia presenta un crecimiento más acelerado de la demanda en comparación con el escenario Continuidad, llegando a presentar hasta 34 Mt de demanda adicional en 2026.

Figura 14 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para el mineral de hierro, (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 4 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para el mineral de hierro, (Mt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	2.107	2.117	2.119	2.129	2.132	2.148	2.146	2.140	2.130	2.126
Coexistencia	2.107	2.107	2.108	2.112	2.107	2.120	2.113	2.106	2.096	2.094
Diferencia*		- 10	11	18	25	28	33	33	34	32

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	2.116	2.100	2.088	2.067	2.058	2.044	2.028	2.011	-0,3%
Coexistencia	2.083	2.067	2.058	2.042	2.047	2.048	2.047	2.048	-0,2%
Diferencia*	33	33	31	25	11	4	19	37	

*Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

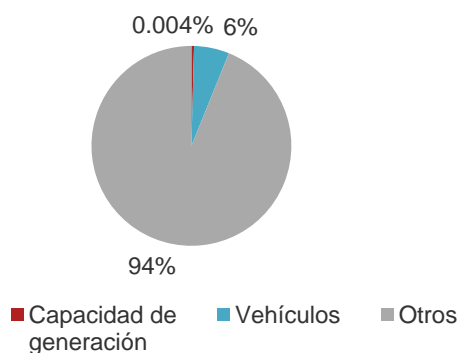
Fuente: CRU

Entre 2018 y 2035, la demanda anual promedio de hierro en el caso Continuidad proviene en aproximadamente un 0.004% de consumo según capacidad de generación, 6% de vehículos y 94% de otros sectores, los que son influenciados por el crecimiento esperado del PIB. En el caso Coexistencia, se espera que este crecimiento se mantenga por debajo del caso Continuidad ya que el *lobby* anti-diésel y anti-carbón es más fuerte que en el escenario de continuidad. Esto obliga a los fabricantes de automóviles a cambiar la producción de forma más agresiva hacia las nuevas tecnologías energéticas y a los gobiernos a incentivar un cambio más acelerado de sus matrices energéticas. Por otro lado, esto lleva a una mayor inversión en I+D, lo que rinde fruto en mayores ganancias de eficiencia. Adicionalmente, los comportamientos de los consumidores

cambian más rápidamente en este escenario, los consumidores demuestran mayor disposición a invertir en tecnologías con bajas emisiones de carbono, un apoyo más fuerte a regulaciones ambientales más estrictas y patrones de consumo de energía que evolucionan más rápidamente. Esto explica que gran parte del descenso en el consumo de hierro en el caso Coexistencia con respecto al caso Continuidad se dé durante todo el periodo pronosticado.

Figura 15 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el hierro – Caso Continuidad

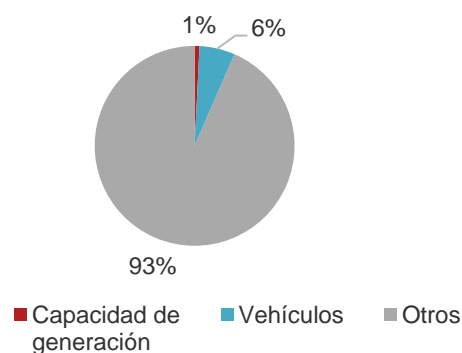
Demanda promedio anual: 2.100 Mt



Fuente: CRU

Figura 16 Demanda promedio 2018-2035 por sector para el hierro – Caso Coexistencia

Demanda promedio anual: 2.083 Mt

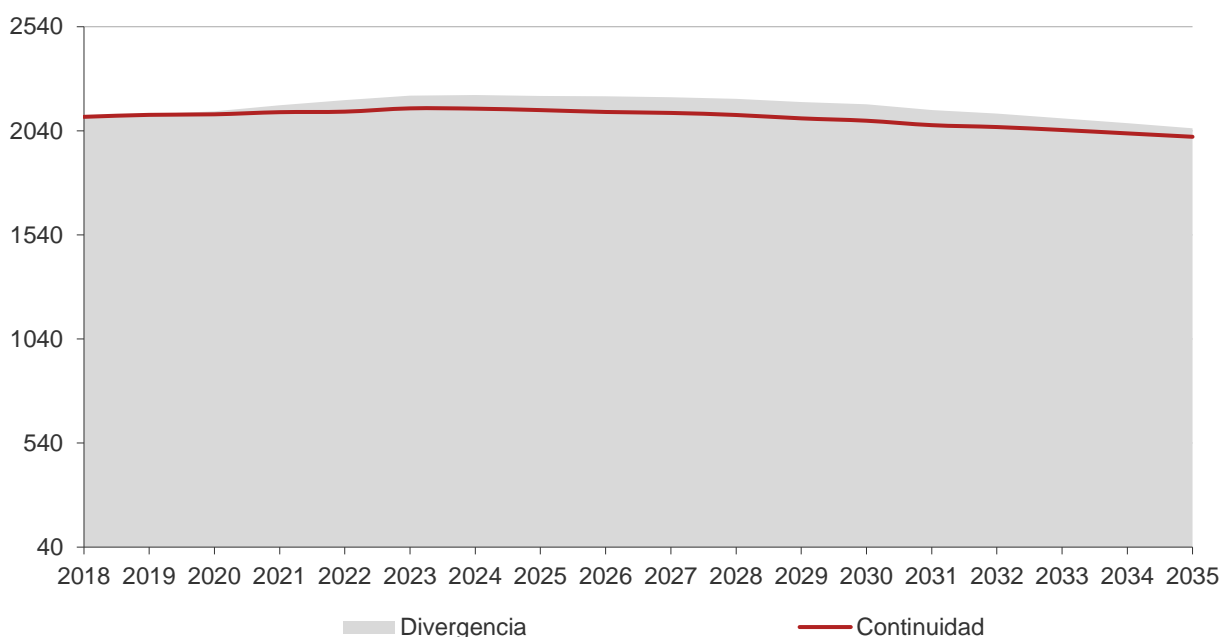


Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

Al comparar el escenario de Divergencia con el de Continuidad, vemos que la demanda de hierro en el escenario Divergencia supera la del escenario Continuidad ya en el año 2019. Durante el periodo 2020-2035, la diferencia en demanda entre ambos escenarios varía entre las 4 y 78 Mt, alcanzando su máximo en el periodo 2029-2030.

Figura 17 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para el hierro, (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para hierro, (Mt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	2.107	2.117	2.119	2.129	2.132	2.148	2.146	2.140	2.130	2.126
Divergencia	2.107	2.120	2.133	2.162	2.188	2.210	2.212	2.207	2.205	2.202
Diferencia*	-	4	14	33	56	62	65	68	75	76

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Continuidad	2.116	2.100	2.088	2.067	2.058	2.044	2.028	2.011	-0,3%
Divergencia	2.193	2.178	2.167	2.139	2.122	2.100	2.076	2.052	-0,2%
Diferencia*	77	78	78	72	64	56	49	41	

*Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

Tal como en el caso anterior, la diferencia en demanda entre ambos escenarios se explica por la conformación de la demanda en el escenario Continuidad, y cómo se espera que estos sectores evolucionen en los años siguientes. La mayor parte del consumo se moverá en base a los cambios en el PIB global, que en el caso del escenario Divergencia son mayores que en el escenario Continuidad durante todo el periodo

Vemos un crecimiento continuado de la economía global. En el mediano plazo el crecimiento no se ve acotado por los cambios de matriz energética tan fuertes como en el escenario de continuidad, sin embargo, en el largo plazo el factor medioambiental es un limitante más importante que escenario de continuidad.

Adicionalmente, si bien se espera un incremento en el consumo por parte de sectores como la generación eléctrica, es importante mencionar que la diferencia en el consumo de acero entre diferentes tecnologías no es significativa, por lo que la demanda se verá afectada levemente al alza en un escenario divergente, pero no se observará un crecimiento drástico de esta a 2035.

1.2. Oferta de hierro

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

Si bien el hierro es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, es prácticamente imposible encontrarlo en forma de hierro puro. Se puede encontrar en la naturaleza en la forma de una serie de minerales, siendo los más importantes la hematita (Fe_2O_3) y la magnetita (Fe_3O_4). Prácticamente todo el mineral de hierro utilizado hoy en día se extrae de estos dos minerales.

La mayoría de los depósitos de hierro son de roca sedimentaria bandeada con origen de sedimentación química, es decir, roca formada por la acumulación de sedimentos que han precipitado desde agua de mar. En el caso de los depósitos de hierro, este proceso habría ocurrido durante la era Precámbrica en las profundidades de lo que era entonces el mar oceánico, en ausencia de oxígeno en la superficie de la Tierra. Debido a su proceso de formación, los depósitos de hierro se caracterizan por tener forma de bandas y se conocen como BIF (*Banded Iron Formation*). Un BIF típico contiene entre 25% y 35% de hierro, existiendo formaciones enriquecidas que pueden llegar a presentar entre un 50% y 65% de hierro.

Si bien los depósitos de hierro se pueden encontrar en puntos variados del globo terráqueo, hoy en día gran parte de la producción proviene de Australia, Brasil, China, India y Rusia. En 2017 un 79% de la producción mundial de mineral de hierro provino de estos países. En términos de reservas, el mismo grupo de países abarca 127 billones de toneladas de mineral, aproximadamente el 75% de las reservas conocidas, con un contenido estimado de hierro de alrededor de 65 billones. Se estima que los recursos de mineral superan los 800 billones de toneladas, con un contenido de más de 230 billones de toneladas de hierro.

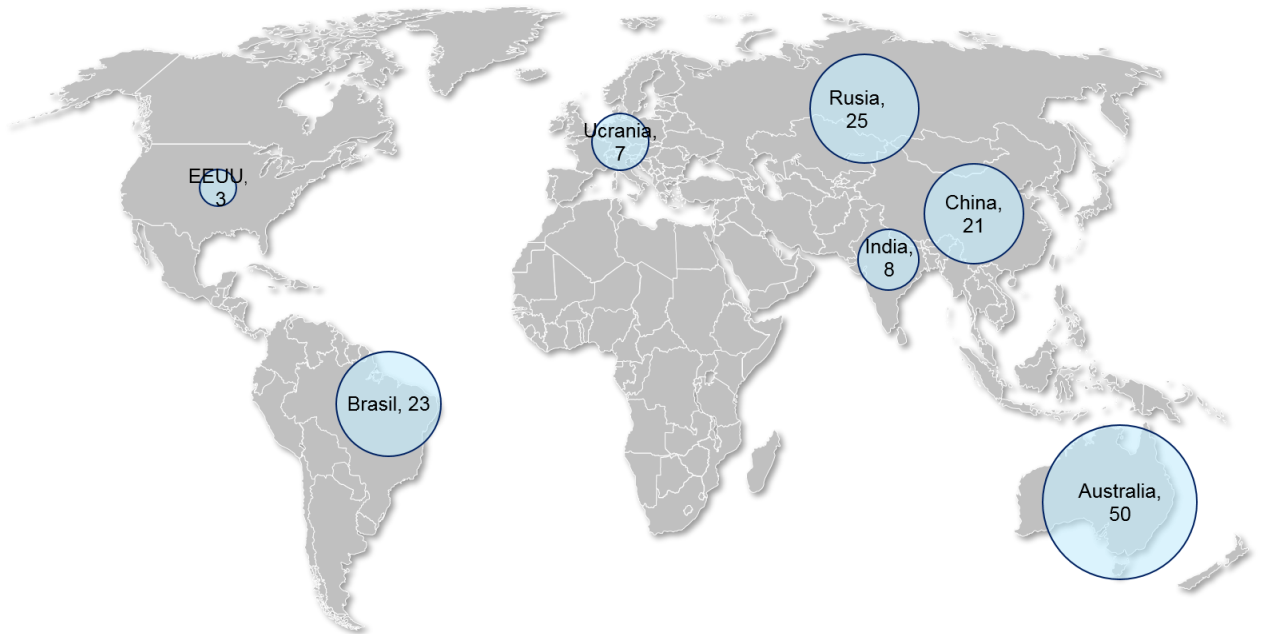
Tabla 6 Recursos y reservas de mineral de hierro, 2008-2017, (miles de millones de toneladas)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	%Fe	TCAC 2018-35
Australia	28	20	24	35	35	35	53	54	52	50	49%	6,7%
Brasil	17	16	29	29	29	31	31	23	23	23	55%	3,4%
Rusia	31	25	25	25	25	25	25	25	25	25	55%	-2,4%
China	15	22	23	23	23	23	23	23	21	21	34%	3,8%
India	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	65%	3,0%
EEUU	5	7	7	7	7	7	7	12	3	3	36%	-5,0%
Ucrania	20	30	30	6	7	7	7	7	7	7	35%	-11,7%
Canadá	3	2	6	6	6	6	6	6	6	6	40%	10,2%
Suecia	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	61%	-3,9%
Irán	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	57%	6,7%
Kazajistán	7	8	8	3	3	3	3	3	3	3	37%	-11,4%
Sudáfrica	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	62%	-2,4%
Resto del mundo	20	16	14	22	22	19	21	23	16	18	52%	-1,6%
Total mundial	160	160	180	170	170	170	190	190	170	170	47%	0,7%
<i>% cambio anual</i>		0,0%	12,5%	-5,6%	0,0%	0,0%	11,8%	0,0%	-10,5%	0,0%		
Recursos	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800		0,0%
<i>% cambio anual</i>		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		

Fuente: USGS

La tasa de evolución de las reservas de hierro ha sufrido una leve alza de un 0,7% anual durante el periodo 2008-2017. Lo anterior se explica por el contraste en la evolución de reservas entre países con volúmenes importantes como Australia, Brasil y China, los cuales tuvieron incrementos anuales de 6,7%, 3,4% y 3,8% respectivamente, con países con reservas menos significativas como Ucrania y Kazajistán, los cuales tuvieron significativas reducciones sobre el 10% anual cada uno. Estados Unidos por su parte sufrió un importante descenso en sus reservas durante el año 2016, afectado principalmente por el alto costo de sus minas, golpeadas por el descenso generalizado de los precios de hierro durante el periodo 2013-2015.

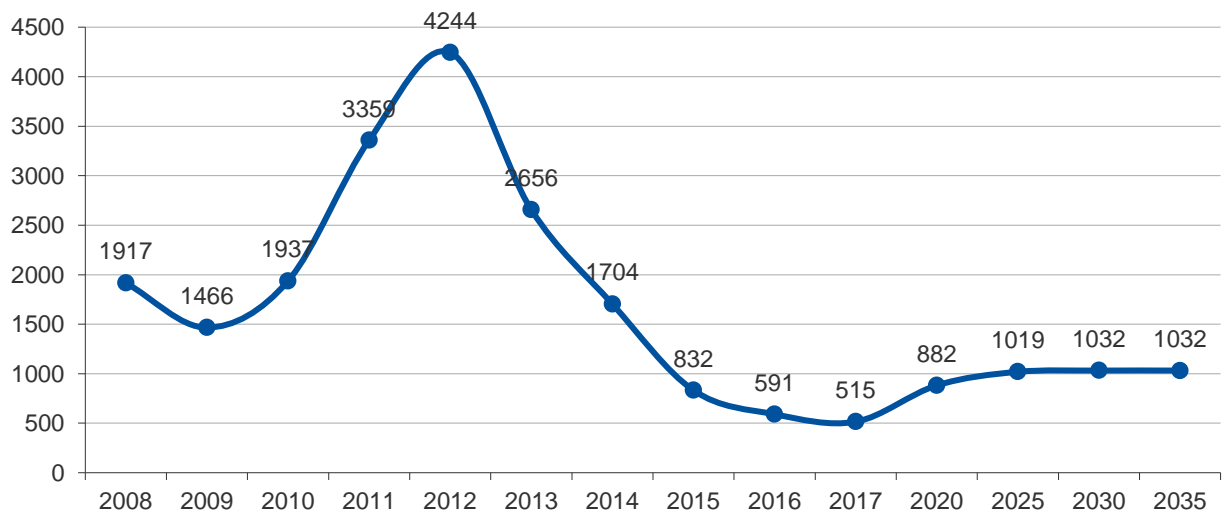
Figura 18 Mapa de reservas globales de hierro en 2017 (miles de millones de toneladas)



Fuente: USGS

Con respecto a los presupuestos de exploración durante el período 2008-2017, estos han sufrido un sostenido descenso desde el máximo de 4.244 millones de dólares en 2013 a solo 591 millones en 2017. Este marcado descenso va alineado con la caída progresiva de los precios del hierro durante el mismo período, los cuales pasaron de \$147/t en 2013 a menos de \$60/t en 2015-16. A 2035, se espera que los gastos en exploración se mantengan relativamente estables, aumentando progresivamente hasta alcanzar los 1.032 millones de dólares en 2035.

Figura 19 Presupuestos de exploración del hierro, 2008-2035, (MUS\$, real 2017)



Fuente: MinEx Consulting, CRU

1.2.2. Métodos de extracción y procesamiento del hierro

Los distintos productos de mineral de hierro pueden ser producidos de distintas maneras, dependiendo de la calidad del recurso mineral que se explote. En el caso de que se cuente con mineral de alta ley (en general por sobre un 55% Fe), éste no requiere procesamiento y puede ser triturado y comercializado directamente. Una vez triturado el mineral, aquella parte con mayor granulometría será catalogado como *lumps* y el resto como fino. El fino, para poder ser cargado en el horno, debe ser aglomerado generalmente en una planta sintetizadora (*sinter plant*). Estas plantas sintetizadoras generan un producto difícil de transportar por lo que generalmente no se encuentran integradas en el proceso de la mina, sino que se instalan junto a los hornos siderúrgicos. En caso de que se cuente con un mineral de baja ley, éste debe ser concentrado, lo que requiere que el material sea muy fino. El mineral de baja ley pasa por el proceso de chancado y ocasionalmente molienda, y luego por un proceso de concentración – generalmente gravitacional o magnética - del cual se obtiene el *pellet feed*. El *pellet feed* tiene una granulometría menor que el fino, por lo que no puede ser aglomerado en una planta sintetizadora y es sometido a un proceso distinto (*pellet plant*). En general la planta de *pellet* se encuentra integrada en la mina o en el terminal de exportación, ya que el *pellet* obtenida es ideal para transporte.

Una vez que los productos de mineral de hierro se encuentran listos para comenzar a ser procesados (es decir, una vez que han pasado por la planta de *pellet* en el caso del *pellet feed* y por la *Sinter Plant* en el caso del fino), hay dos líneas básicas que pueden seguir dependiendo de sus características:

- Alto Horno y Horno de Oxígeno Básico (BOF)
- Horno de Reducción Directa y Horno de Arco Eléctrico (EAF)

A grandes rasgos, el mineral de hierro puede ingresar a dos tipos de horno: el Alto Horno y el Horno de Reducción Directa, los que producen arrabio y DRI/HBI respectivamente. Ambos hornos aceptan también el ingreso de chatarra como carga, es decir, productos de acero que han cumplido con su vida útil y serán reciclados. El producto que generan es acero crudo, un producto no comercializable a partir del cual se obtienen productos semi-terminados que deben ser laminados o forjados para fabricar productos finales como láminas, planchas y barras de acero.

- **Alto Horno y Horno de Oxígeno Básico**

El Alto Horno es cargado con una mezcla de *lump*, *pellet* y *sinter*, donde la cantidad a utilizar de cada producto puede ser ajustada de acuerdo a las preferencias o especificaciones del Alto Horno. La mezcla es depositada sobre un manto de coque, donde es sometida a altas temperaturas y derretido. El hierro fundido se filtra a través del coque. Los productos del Alto Horno son la escoria (que corresponde a desechos) y el hierro fundido que recibe el nombre de arrabio, y que presenta una pureza de alrededor del 96%. El restante 4% está compuesto por una

mezcla de carbón y otras impurezas. El arrabio es luego utilizado para producir acero en el Horno de oxígeno básico (BOF, por su sigla en inglés).

En adición al arrabio, en general la BOF se carga con entre un 10% y 30% de chatarra, dado que existe un excedente térmico. El método de refinación que se lleva a cabo en la BOF consiste en soplar oxígeno puro a través de la mezcla, el cual reacciona con el carbono y otras de las impurezas separándolas del hierro. Como resultado se obtiene un hierro con alto nivel de pureza y bajo contenido de carbono, conocido como acero crudo.

- **Horno de Reducción Directa y Horno de Arco Eléctrico**

En el Horno de Reducción Directa se bombea una mezcla de gases calientes desde la base del horno a medida que se deja caer el mineral de hierro. Los gases son lo suficientemente calientes como para derretir las impurezas que se encuentran en el mineral, pero no el hierro en sí. Las impurezas son quemadas y liberadas en forma de gas, mientras que el hierro libre de ellas cae al fondo del horno para ser recolectado. Debido a la naturaleza de este proceso y al hecho de que no genera ningún tipo de escoria o residuo es que se necesita un mineral con menos de 2% de impurezas para ser ingresado al Horno de Reducción Directa. El producto que se obtiene es el Hierro Directamente Reducido (DRI, por su sigla en inglés), el cual puede ser alimentado directamente al Horno de Arco Eléctrico (EAF, por su sigla en inglés). En caso de que tenga que ser transportado o almacenado puede ser moldeado y enfriado en forma de briquetas, recibiendo el nombre de briquetas de hierro (HBI, por su sigla en inglés).

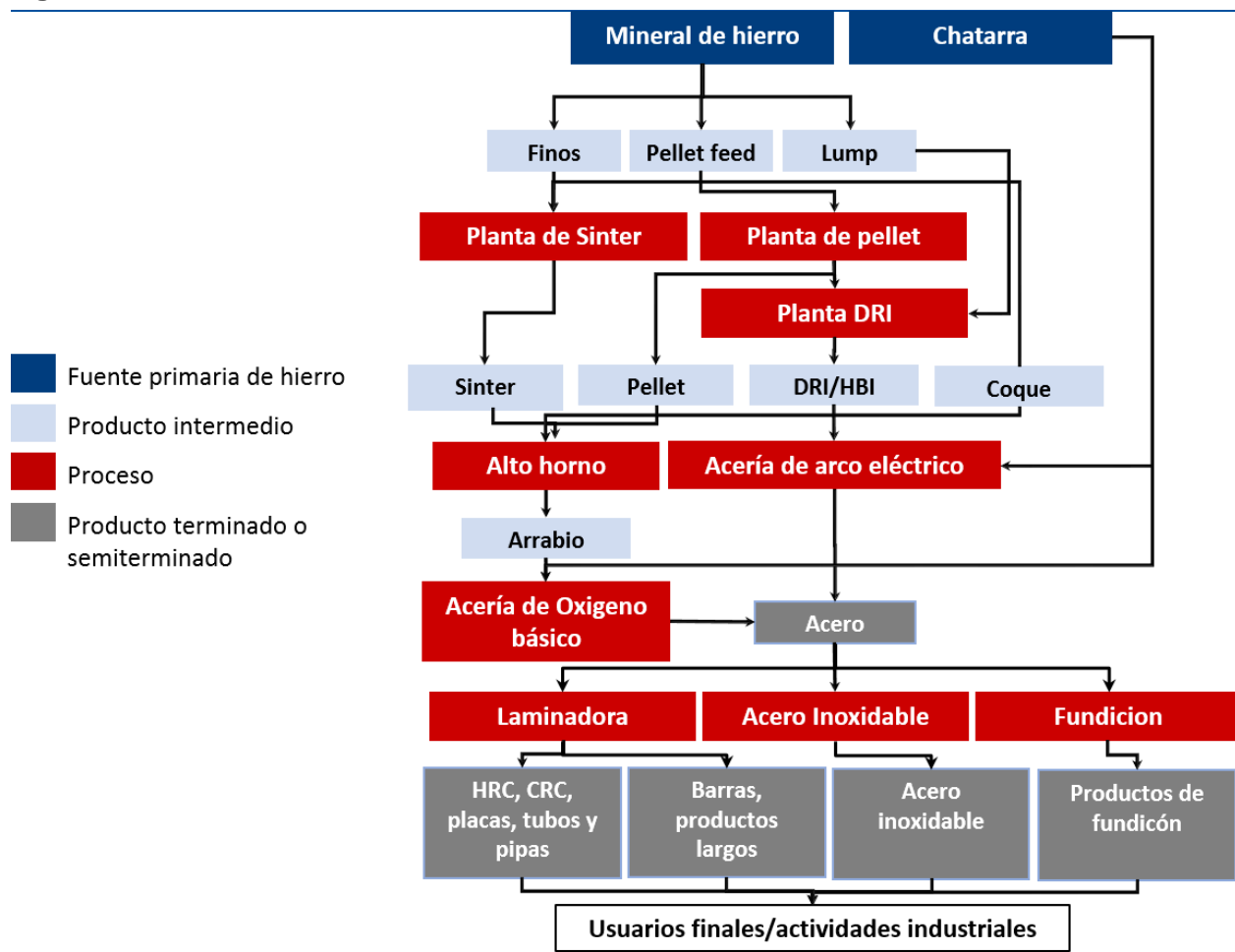
El proceso llevado a cabo en el EAF consiste en hacer pasar una corriente eléctrica a través de una carga de metal, que por su resistividad se calienta hasta llegar a la temperatura deseada. La carga de metal consiste en una mezcla de chatarra, agentes reductores (coque), fundentes (cal) y ferroaleaciones. Opcionalmente se le puede agregar DRI y/o arrabio frío. Gracias a la corriente eléctrica la mezcla se calienta hasta llegar a 3.500°C, temperatura a la cual el óxido de hierro contenido en la mezcla reacciona con el carbón y libera parte de sus impurezas. El resultado es un acero cuya calidad varía dependiendo del material ingresado al proceso.

La mayor parte de los EAF funciona en base a chatarra solamente, por lo que se suelen utilizar en regiones desarrolladas con altos índices de reciclaje. Debido al alto grado de contaminantes que puede contener, el acero obtenido se utiliza generalmente para productos de menor calidad. Si se desea obtener acero de mejor calidad se puede agregar DRI y/o arrabio en distintas magnitudes.

1.2.3. Cadena de valor del hierro

La cadena de valor del acero, desde la materia prima de mineral de hierro y chatarra hasta todos los tipos de productos terminados, se muestra en detalle continuación:

Figura 20 Cadena de valor del hierro



Fuente: CRU

Debido a la gran cantidad de productos transables, semi-terminados y terminados, en conjunto con los muchos procesos y combinaciones de procesos posibles, hacen que sea extremadamente difícil rastrear el valor agregado de cada producto. Sin embargo, en general se puede decir que los márgenes del negocio no son amplios y que los beneficios se obtienen principalmente logrando economías de escala para reducir costos. De esta manera, el enfoque en general de la industria se encuentra en el volumen vendido más que en el valor agregado del producto en sí. Sin embargo, existen ciertos productos de nicho (ejemplo, aceros de alta aleación) donde los márgenes son mayores y son capturados mayormente por las siderúrgicas.

1.2.4. Costos de capital del hierro

Tomando en cuenta un total de 50 proyectos de mineral de hierro a nivel global, CRU estima que la intensidad de capital promedio de un proyecto de mineral de hierro es de \$106/t.

Sumado a lo anterior, se observa que Australasia y América Latina lideran el total de inversiones en proyectos de mineral de hierro, representando un 66% del total global y en línea con el predominio de Australia y Brasil en la industria. Australia, con una inversión total de \$33.012 millones de dólares, representó más de la tercera parte del monto total de proyectos de hierro en el mundo, con una intensidad promedio de capital de \$118/t. Brasil, por su parte, totalizó \$28.528 millones de dólares en inversión, representando un 92% de Latinoamérica, con una intensidad de capital promedio de \$94/t.

Tabla 7 Costos de capital de proyectos de mineral de hierro, 2017

Región	CAPEX total (US\$M)	Intensidad de CAEPX (\$/t)
África y el Medio Oriente	26.451	104
Australasia	33.712	135
Europa, Norte de África y Rusia	2.055	157
India	3.447	57
América Latina	30.878	121
Norteamérica	1.700	415
Total mundial	98.242	106

Fuente: CRU

1.2.5. Comercialización del hierro

Principales sectores importadores y usos de las importaciones de hierro

Dada la naturaleza global del mercado del hierro, 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 hierro y usos finales” de este reporte. Para el caso del hierro, éstos corresponden a la fabricación de acero, el cual es posteriormente utilizado en la fabricación de productos terminados varios.

Importaciones y exportaciones por país

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

El hierro es un *commodity* ampliamente comercializado: un 69% de la producción mundial en 2017 fue distribuida vía marítima en mercados internacionales.

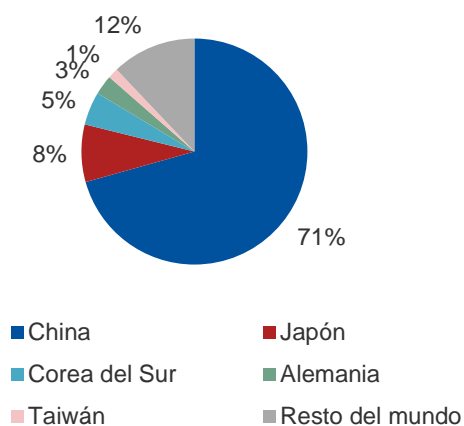
Los mayores productores de mineral de hierro son Australia, Brasil y China. China destina la totalidad de su producción al mercado interno que además es abastecido por un enorme volumen de importaciones. De esta forma, Australia y a Brasil surgen como los mayores exportadores con un 55% y 23% del total mundial de exportaciones en 2017. Como es de esperarse, gran parte de este volumen se dirige a China.

Los países productores de DRI/HBI y arrabio pueden obtener mineral de hierro a través de producción doméstica o vía importaciones. En este sentido, se espera que los grandes productores de DRI/HBI y arrabio sean también importadores de mineral de hierro en caso de no contar con suficiente producción propia como para alimentar sus procesos. Los mayores productores de DRI/HBI son aquellos países con alta disponibilidad de gas metano como los situados en Medio Oriente, con Irán suministrando un 26% del total mundial, seguido por India (18%) y Rusia (9%).

Por su parte, la producción de arrabio constituye el proceso de mayor consumo de mineral de hierro, por este motivo los países con mayor demanda de mineral de hierro son aquellos con una importante producción de arrabio como China, Japón, la Unión Europea, Rusia e India.

Figura 21 Importaciones de hierro 2017

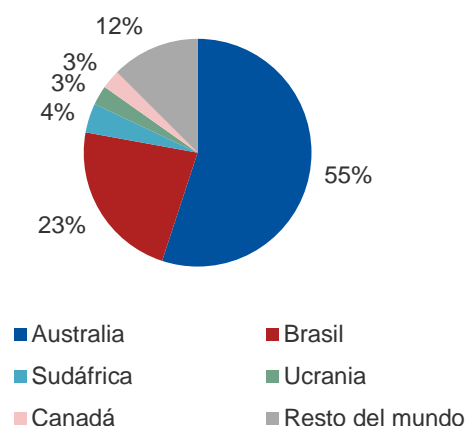
Importaciones totales: 1.522 millones de toneladas



Fuente: CRU

Figura 22 Exportaciones de hierro 2017

Exportaciones totales: 1.599 millones de toneladas



Fuente: CRU

Importaciones de hierro

Durante el periodo 2008-2017, las importaciones de mineral de hierro han visto un crecimiento importante a nivel global de un 6,3% anual. Este incremento se explica casi en su totalidad por China, que aumentó su necesidad de hierro importado en más de 600 Mt en el período 2008-2017. El gigante asiático abarcó un 71% de las importaciones totales en 2017 y su notable crecimiento se debe a la combinación de un explosivo aumento en la producción local de acero con una menor producción doméstica de hierro causada por una creciente regulación cuya finalidad es reestructurar el sector minero doméstico, cerrando aquellas operaciones ineficientes, caracterizadas por altos costos y bajos estándares de seguridad.

Tabla 8 Importaciones de hierro, 2008-2017 (Mt)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 08-17
China	444	628	619	687	745	820	933	953	1.025	1.075	10,3%
Japón	137	106	129	127	129	132	133	128	127	125	-1,0%
Corea del Sur	46	40	54	65	64	63	73	74	72	72	5,2%
Alemania	42	29	43	42	40	40	43	42	41	43	0,3%
Taiwán	15	12	15	20	19	22	23	24	24	23	4,7%
Francia	16	11	14	13	14	15	16	15	14	15	-0,4%
Resto del mundo	182	129	162	160	156	158	178	174	158	169	-0,8%
Total mundial	881	956	1.035	1.114	1.167	1.250	1.398	1.409	1.460	1.522	6,3%
<i>% cambio anual</i>		8,5%	8,3%	7,6%	4,8%	7,1%	11,9%	0,7%	3,6%	4,3%	

Fuente: CRU

Exportaciones de hierro

El comercio global del hierro está dominado por Australia y Brasil, quienes en conjunto abarcaron un 78% del volumen total de exportaciones en 2017. Debido a su ubicación geográfica estratégica con respecto a China, Australia vio un enorme aumento en sus exportaciones durante el período 2008-2017, pasando de las 336 Mt en 2008 a 880 Mt en 2017, lo cual representa un aumento de un 262%. Brasil, por su parte, también experimentó un aumento significativo, pasando de un volumen de 282 Mt en 2008 a las 365 Mt en 2017.

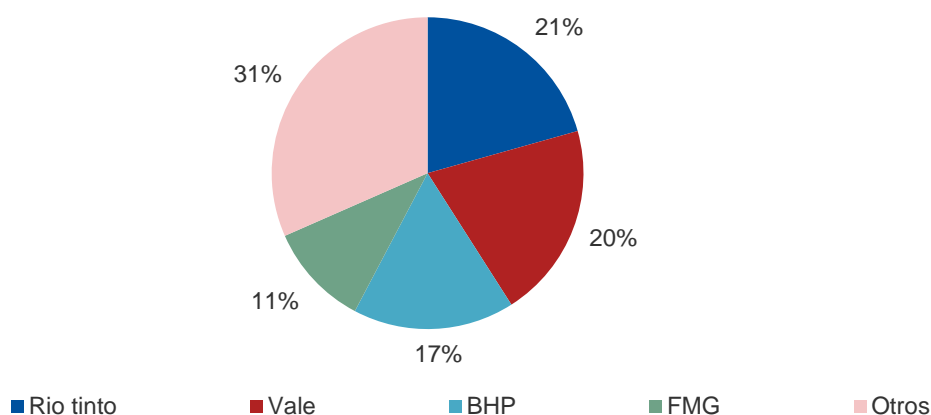
De las exportaciones australianas, en 2017 un 37% fueron realizadas por la empresa Rio Tinto, un 30% por la empresa BHP Billiton, un 19% por FMG y un 5% por Roy Hill. En el caso de Brasil el 88% de las exportaciones fueron de Vale, y un 7% por CSN. Dado que un 78% de las exportaciones a nivel mundial provienen de Australia y Brasil, la mayor parte de la comercialización de mineral de hierro es controlada por los "Tres Grandes": Vale, Rio Tinto y BHP Billiton, con FMG como un cuarto actor relevante que ha surgido en los últimos años.

En 2017, las empresas Vale, Rio Tinto, BHP y FMG, produjeron 1.132Mt de mineral de hierro, equivalente a un 51% de la producción global. Adicionalmente, este mismo grupo de empresas

exportaron un total de 1.094Mt de mineral de hierro, lo cual representó un 71% del total comercializado por vía marítima en 2017, volumen que alcanzó las 1.537Mt ese mismo año.

Figura 23 Exportaciones totales por empresa, 2017

Exportaciones totales: 1.599 millones de toneladas



Fuente: CRU

Tabla 9 Exportaciones de hierro, 2008-2017, (Mt)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Australia	336	394	430	470	526	620	766	815	860	880	11,3%
Brasil	282	266	311	331	327	330	344	366	374	365	2,9%
Sudáfrica	32	45	48	53	55	65	70	67	64	67	8,6%
Ucrania	23	28	33	34	35	38	48	54	47	44	7,6%
Canadá	28	31	33	34	35	38	40	37	41	43	4,8%
India	85	101	91	69	34	18	6	3	23	29	-11,3%
Suecia	18	16	24	24	25	25	26	22	25	24	3,4%
Irán	6	8	17	17	20	35	23	14	18	22	16,3%
Rusia	23	20	22	27	25	26	23	21	18	21	-0,8%
Resto del mundo	74	65	91	100	120	149	133	93	99	105	4,1%
Total mundial	904	974	1.100	1.159	1.201	1.344	1.479	1.493	1.570	1.599	6,5%
% cambio anual		7,7%	13,0%	5,3%	3,7%	11,9%	10,1%	0,9%	5,2%	1,9%	

Fuente: CRU

1.2.6. Producción histórica de hierro

En 2017, la producción total de hierro alcanzó las 2.217 Mt, siendo Australia el mayor productor de mineral de hierro con un 40% de la producción total. Brasil y China con un 19% y 10% del total fueron el segundo y tercer productor, respectivamente. Otros productores relevantes son India (6%), América del Norte (5%), Rusia (5%), Sudáfrica (3%) y Ucrania (3%). Con respecto a la composición de la oferta en términos de productos de mineral de hierro, la proporción por producto que produce cada país dependerá de los tipos de yacimientos con los que cuente. La oferta mundial en 2017 consistió en un 65% de fino, 20% *pellets* y 15% *lump*.

Australia es el productor dominante tanto de *lump* como de finos, produciendo un 64% y 45% del total de cada producto en 2017, respectivamente. Brasil, por su parte, fue el principal exportador de *pellet feed* en 2017, suministrando un 29% del volumen total. Cabe resaltar que el *pellet*, producto procesado del *pellet feed*, es el producto de hierro de mayor calidad, con un alto contenido de hierro y por ende preferido en los altos hornos ya que incrementa su productividad. Brasil, con un 55% de contenido de hierro en sus reservas, se posiciona como el proveedor de hierro de mayor calidad, comparado con Australia, que tiene un contenido de hierro promedio de 49%. De todas formas, Australia sigue siendo relevante ya que es el segundo productor global de *pellet feed*, suministrando un 21% de la oferta total en 2017.

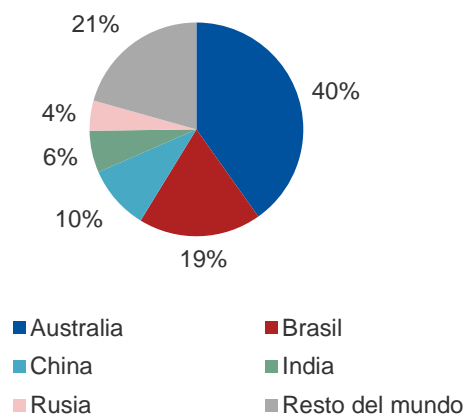
Tabla 10 Producción por producto y país en 2017, (Mt)

<i>Pellet</i>			<i>Lump</i>			Finos		
	Mt	(%)		Mt	(%)		Mt	(%)
China	131	29%	Australia	215	64%	Australia	649	45%
Rusia	54	12%	Sudáfrica	43	13%	Brasil	311	22%
EEUU	42	9%	Brasil	33	10%	China	169	12%
India	40	9%	India	30	9%	India	70	5%
Brasil	37	8%	Venezuela	3	1%	Rusia	47	3%
Resto del Mundo	141	32%	Resto del Mundo	12	4%	Resto del Mundo	190	13%
Total Mundial	445		Total Mundial	336		Total Mundial	1.436	

Fuente: CRU

Figura 24 Producción por país, 2017

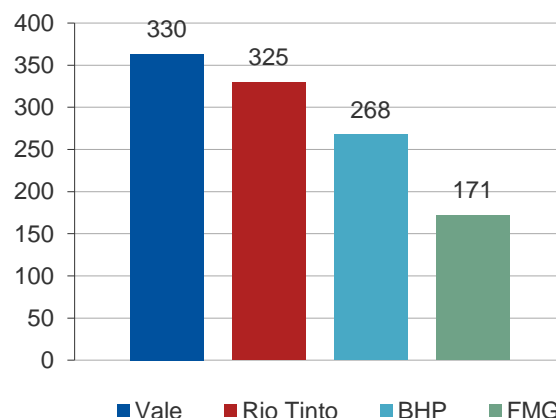
Producción total: 2.217 millones de toneladas



Fuente: CRU

Figura 25 Producción por empresa, 2017

Producción total mina: 2.217 millones de toneladas



Fuente: CRU

En el período 2008-2017 la producción mundial de mineral de hierro aumentó a un ritmo del 4% anual, pasando de 1.556 a 2.217 Mt anuales. Gran parte de este aumento de 661 Mt fue gracias al importante crecimiento de producción de 547 Mt de Australia (83% del crecimiento mundial). Otros países que contribuyeron en menor medida son Brasil, Sudáfrica y el Medio Oriente

(principalmente Irán). Cabe resaltar que China ha disminuido progresivamente su producción desde el máximo alcanzado en 2013.

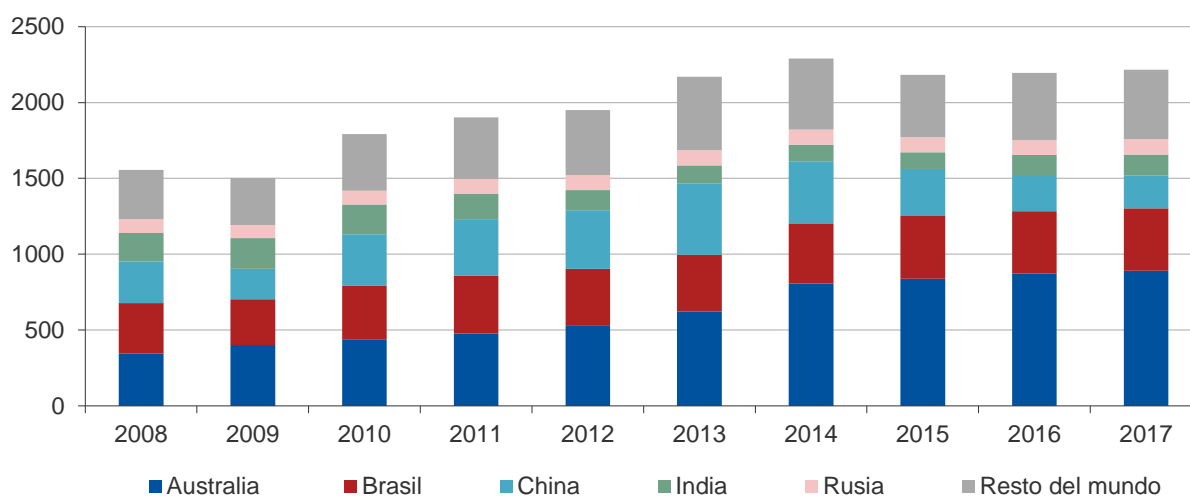
En 2008, Australia suministraba un 22% de la oferta total, con producciones mucho más cercanas a la de Brasil y China (segundo y tercer productor). El fuerte incremento en la producción australiana, el cual tuvo un aumento de 547Mt entre 2008 y 2017, se explica principalmente por el importante desarrollo en infraestructura que sus yacimientos han tenido, con una importante actividad minera por parte de empresas privadas y, sobre todo, producto de su proximidad geográfica estratégica con China.

El segundo país productor de mineral de hierro es Brasil, con un 19% de la producción mundial en 2017, equivalente a 412 Mt. En 2008 Brasil produjo 333 Mt de mineral, mostrando un aumento anual del 2,4% en el periodo establecido. En 2017 la producción no varió con respecto al año anterior, sin embargo, este nivel se mantiene como el más alto desde el año 2000. Aproximadamente un 90% de la producción de mineral de hierro de Brasil proviene de las operaciones de la empresa Vale. Esta posición estratégica en Brasil convierte a Vale en la segunda productora de mineral de hierro a nivel mundial luego de Rio Tinto, seguidas por BHP Billiton y FMG (todas fuertemente posicionadas en Australia, como se mencionó previamente).

El tercer país productor de mineral de hierro es China, que ha mostrado un deterioro del 2,7% anual en su producción desde 2008 y que en 2017 representó un 10% de la producción mundial, con 215 Mt. El crecimiento del país ha sido inestable, alcanzando su máximo de producción durante el año 2013 con 468 millones de toneladas. Sin embargo, entre 2013 y 2017 se observó un importante descenso anual de 18%. Lo anterior se explica por una combinación de menor producción de acero doméstico, la cual alcanzó su máximo en 2013, así como también por un progresivo cierre de operaciones mineras ineficientes por parte del gobierno, en línea con su política de reestructuración del sector minero doméstico. En 2017 específicamente, la producción alcanzada fue un 6,9% menor a la del año anterior. A diferencia de Australia y Brasil, China es un importador neto de mineral de hierro.

India, el cuarto mayor productor de mineral de hierro, venía mostrando un crecimiento sostenido en su producción desde 2005 hasta 2009. En los años siguientes fue disminuyendo su producción a tasas cada vez mayores, tocando un mínimo en 2015, con 108 Mt producidas. Ésta marcada baja se debe principalmente la progresiva baja en la calidad del mineral producido en sus minas, obligando al cierre de varias explotaciones por sus altos costos y baja competitividad. También una serie de problemas con títulos mineros en el estado de Goa jugaron un papel importante en el decrecimiento de la producción india. Sin embargo, en 2017 se observó una recuperación en la producción, la cual alcanzó las 140 Mt.

Figura 26 Producción histórica de mineral de hierro, 2008-2017, (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 11 Producción histórica, 2008-2017, (Mt)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Australia	344	400	439	477	531	623	807	838	873	891	11.2%
Brasil	333	303	356	379	372	374	396	413	412	412	2.4%
China	276	201	337	370	386	468	411	312	231	215	-2.7%
India	187	203	196	175	133	121	109	108	139	140	-3.1%
Rusia	91	86	91	96	99	100	98	100	98	101	1.2%
Resto del mundo	326	311	374	405	428	485	470	412	443	458	3.9%
Total mundial	1.556	1.504	1.793	1.901	1.950	2.170	2.291	2.183	2.196	2.217	4.0%
% cambio anual		-3,3%	19,3%	6,0%	2,6%	11,3%	5,5%	-4,7%	0,6%	1,0%	

Fuente: CRU

1.2.7. Proyección de producción de hierro

Escenario 1 – Continuidad

Para pronosticar la oferta futura de mineral de hierro, CRU cuenta con una extensa base de datos tanto de las operaciones existentes como de los proyectos futuros. Cada uno de dichos proyectos es catalogado según su nivel de avance en una de las siguientes categorías: especulativos, posibles, probables, comprometidos y operativos.

Basándonos en una base de datos de 24 proyectos correspondientes a las categorías previamente mencionadas y considerando su nivel de avance, año de entrada y capacidad de producción, así como las expansiones de proyectos actualmente en operación, CRU considera que la oferta global de hierro alcanzará las 1.991 Mt en 2035 (-226 Mt vs 2017) en base a los proyectos sobre los cuales se tiene visibilidad hoy.

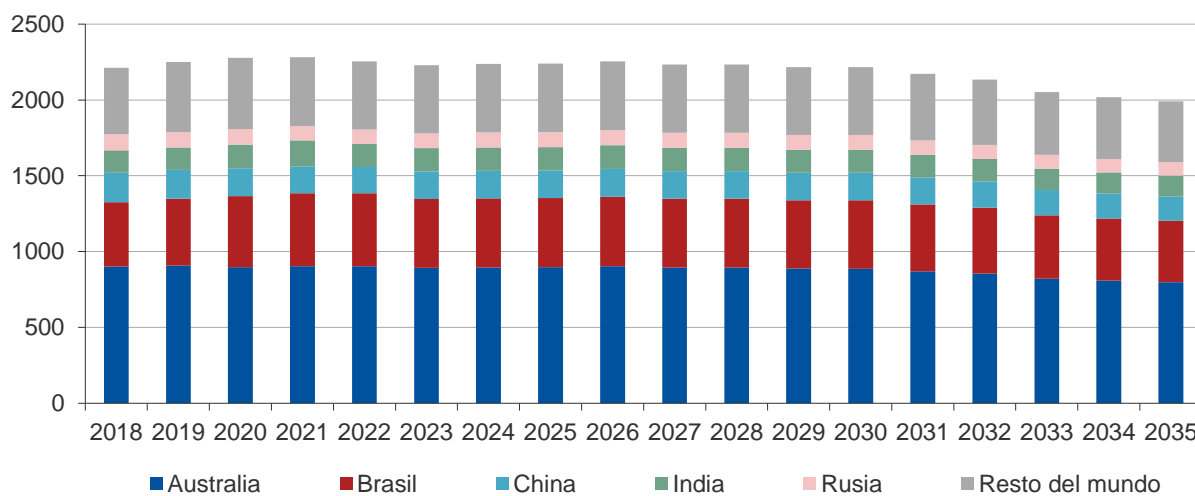
Australia y Brasil, los principales productores de mineral de hierro en 2017, mantendrán su importancia en el mercado, pasando de representar un 60% de la producción global en 2017 a

un 59% en 2035. Sin embargo, Australia verá un importante descenso en su producción, alcanzando las 797 Mt (-94 Mt vs 2017), mientras que Brasil tendrá una disminución menos significativa, hasta alcanzar las 405 Mt (-7 Mt vs 2017).

En el caso de China, la estructura de costos de la industria en el país posiciona a sus minas en el grupo de las menos competitivas de la industria, por lo que se espera que estas operaciones marginales vayan cerrando a medida que aparecen en el mercado proyectos con menores costos. Adicionalmente, la política china de “cielos azules”¹ pondrá una presión bajista sobre la producción, con respecto a lo cual CRU estima que la producción de hierro en china bajará hasta las 162 Mt en 2035 (vs 215 Mt en 2017).

Los tres productos de mineral de hierro verán una evolución irregular durante el periodo entre 2018 y 2035. El fino tendrá una disminución significativa en su producción, pasando de las 1.298 Mt en 2017 a las 1.156 Mt en 2035. El *pellet*, por su parte, será el único producto en aumentar su producción esperada, pasando de las 454 Mt en 2017 a 617 Mt en 2035. Por último, el *lump*, verá una leve disminución de las 322 Mt en 2017 a 306 Mt en 2035.

Figura 27 Proyección de la oferta de hierro, 2018-2035, (Mt)



Fuente: CRU

¹ Política del gobierno chino con objetivo de reducir la contaminación en Beijing-Tianjin-Hebei, y los deltas de los ríos Perla y Yangtze.

Tabla 12 Proyección de la oferta de hierro, 2018-2035, (Mt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Australia	903	907	898	904	904	893	896	897	903	895
Brasil	424	443	467	480	480	454	455	456	459	455
China	194	189	185	178	173	182	182	182	184	182
India	148	148	157	170	153	153	154	154	155	154
Rusia	105	102	101	96	94	99	99	99	100	99
Resto del mundo	440	462	471	453	449	450	451	452	455	451
Total mundial	2.213	2.250	2.277	2.282	2.254	2.230	2.237	2.240	2.255	2.234
<i>% cambio anual</i>		1,7%	1,2%	0,2%	-1,2%	-1,1%	0,3%	0,1%	0,7%	-0,9%

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Australia	895	888	888	870	855	822	808	797	-0,7%
Brasil	455	451	451	442	435	418	410	405	-0,3%
China	182	180	180	177	174	167	164	162	-1,0%
India	154	153	153	149	147	141	139	137	-0,5%
Rusia	99	98	98	96	94	91	89	88	-1,0%
Resto del mundo	451	447	447	438	431	414	407	402	-0,5%
Total mundial	2.235	2.217	2.217	2.172	2.135	2.052	2.017	1.991	-0,6%
<i>% cambio anual</i>	0,0%	-0,8%	0,0%	-2,0%	-1,7%	-3,9%	-1,7%	-1,3%	

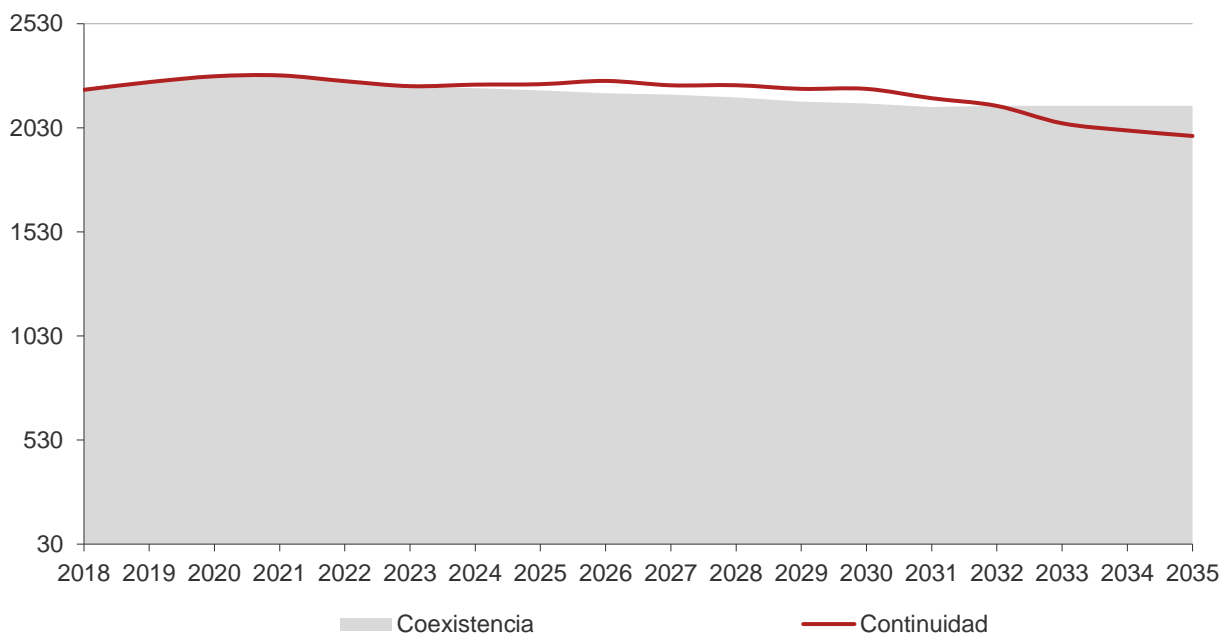
Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

Para el mediano plazo, se asume que la oferta tendrá la capacidad de ajustarse a posibles cambios en la demanda hasta 2024. Sin embargo, a partir de 2024, se observa que la oferta en el escenario de coexistencia tenderá a caer, arrastrada por una baja esperada en la demanda de hierro en línea con mayores limitantes a la producción de acero, así como a una paulatina sustitución por parte de la chatarra en economías desarrolladas.

Adicionalmente, vemos un crecimiento continuado de la economía global. En el mediano plazo el crecimiento se ve acotado por la inversión necesaria en cambio de la matriz de generación eléctrica en mayor magnitud que en el escenario de continuidad, mientras que en el largo plazo el factor medioambiental no es un factor limitante tan importante como en el escenario de continuidad. Lo anterior, se refleja en un costo para la economía durante gran parte de la década de 2020, sin embargo, a partir de 2032, existe un potencial de reactivación del PIB global, aumentando los niveles de producción de acero y por ende de oferta de mineral de hierro.

Figura 28 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para hierro, (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 13 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para Carbón metalúrgico (Mt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	2.213	2.250	2.277	2.282	2.254	2.230	2.237	2.240	2.255	2.234
Coexistencia	2.213	2.250	2.277	2.282	2.254	2.230	2.220	2.209	2.196	2.190
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	18	30	60	44

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	2.235	2.217	2.217	2.172	2.135	2.052	2.017	1.991	-0,6%
Coexistencia	2.175	2.156	2.147	2.130	2.136	2.136	2.136	2.137	-0,2%
Diferencia*	59	61	70	42	1	85	118	146	

*Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

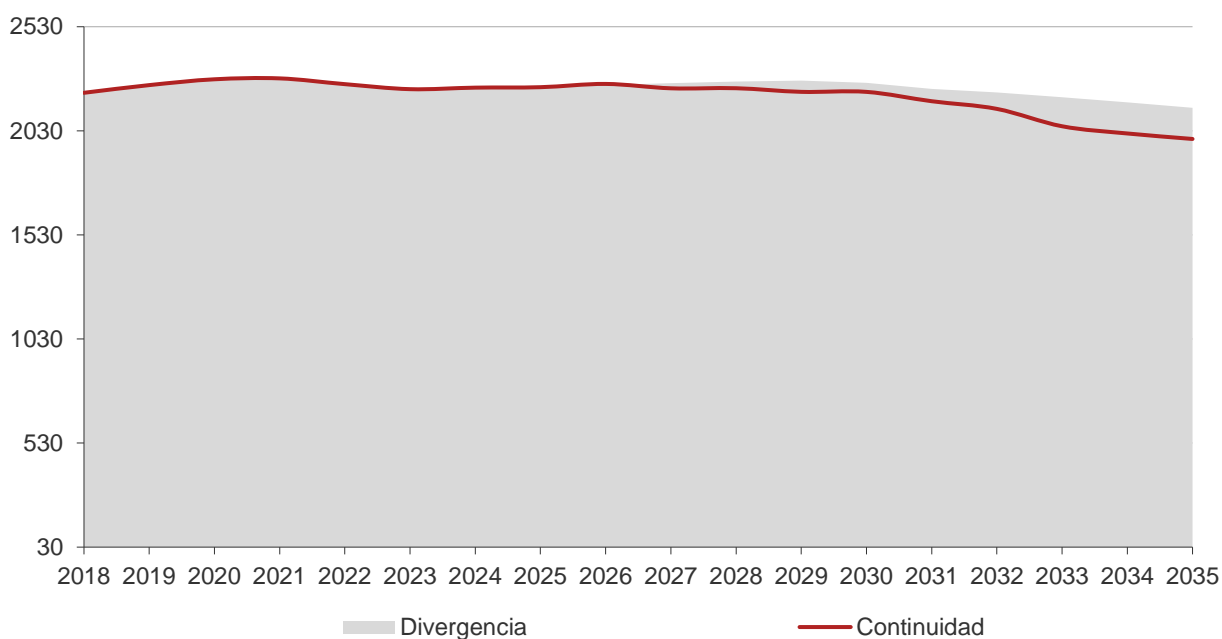
Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

A diferencia del escenario de Coexistencia, en el escenario Divergencia se asume que la oferta tendrá una rápida capacidad de ajustarse a cambios en la demanda en el mediano plazo. Como consecuencia, la oferta en el escenario Divergencia supera a la oferta del escenario de continuidad a partir de 2024, incrementando progresivamente hasta alcanzar una diferencia de 150 Mt en 2035.

Lo anterior, responde a múltiples factores, como por ejemplo una menor conciencia medioambiental en países desarrollados, lo cual se traduce en una mayor libertad de las empresas para producir y consumir acero, así como un decaimiento en la tasa de reciclaje de metales.

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



Fuente: CRU

Tabla 14 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para hierro (Mt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	2.213	2.250	2.277	2.282	2.254	2.230	2.237	2.240	2.255	2.234
Divergencia	2.213	2.250	2.277	2.282	2.254	2.230	2.238	2.242	2.249	2.259
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	1	2	6	25

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	2.235	2.217	2.217	2.172	2.135	2.052	2.017	1.991	-0,6%
Divergencia	2.267	2.272	2.261	2.232	2.214	2.191	2.166	2.141	-0,2%
Diferencia*	32	55	44	60	79	139	149	150	

Fuente: CRU

1.3. Balance de Mercado y precio del hierro

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

Existen diferentes productos de mineral de hierro, cada uno de los cuales tiene características que lo hacen más o menos valioso para los usuarios, es decir las plantas siderúrgicas. El fino es el producto base a partir del cual se valoran los demás productos. El *lump*, por no requerir ningún proceso antes de ser cargado al Alto Horno o al Horno de Reducción Directa, tiene una prima por sobre el fino. El *pellet*, como ya ha sido procesado y también puede ser ingresado directamente a los hornos, también presenta una prima con respecto al fino.

Hasta abril de 2010 el precio del mineral de hierro era determinado a través de contratos anuales negociados entre los principales productores (Vale, Rio Tinto y BHP Billiton) y las acerías japonesas y europeas. Estos contratos establecían un precio determinado para el siguiente año fiscal, medido en centavos por unidad de tonelada métrica seca (¢/utms o ¢/dmtu por sus siglas en inglés) y considerando como punto de entrega el puerto de Dampier en Australia o el puerto de Turbarão en Brasil. En abril de 2010 se adoptó oficialmente un sistema en el que se establece el precio del mineral de forma trimestral y en base a índices de precio spot del trimestre anterior. Esto sin duda ha causado que el precio de los contratos converja a los precios spot en el último tiempo. También se cambió la unidad de medida del precio de US¢/utms a $\text{US\$/ton}$.

El índice más aceptado es el precio spot para fino con un 62% de hierro con China como destino (CFR o *Cost and Freight*, “costo y flete” con puerto de destino convenido). Otros índices relevantes incluyen material de mayor calidad, con 65% de hierro – típicamente correspondiente a productos originados en Brasil.

1.3.2. Balance de mercado y precio histórico del hierro

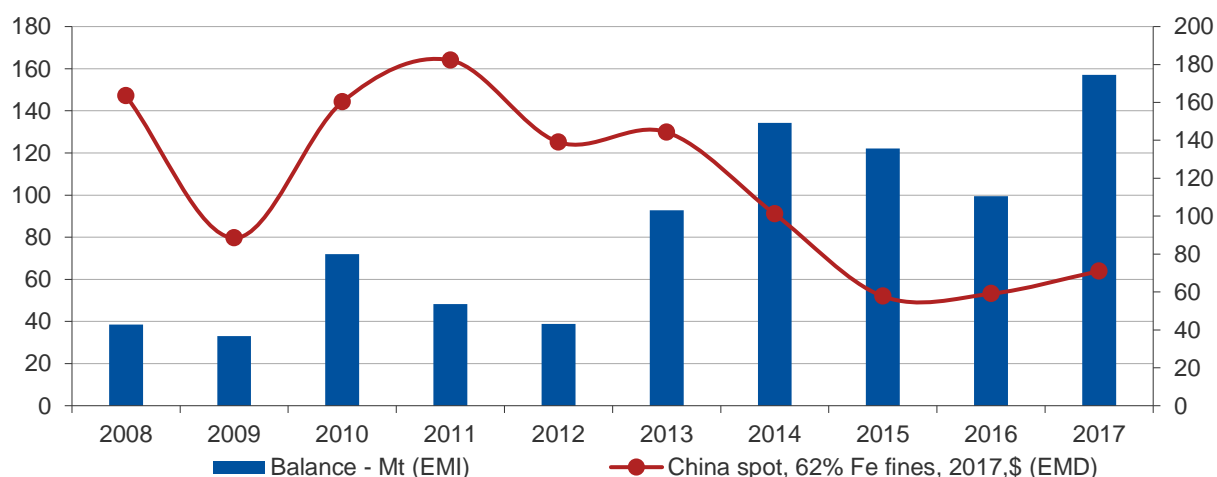
Siguiendo la metodología de CRU, el balance de mercado se calcula de manera detallada para el mediano plazo, cruzando oferta y demanda proyectadas. En el largo plazo, sin embargo, la oferta tiene la posibilidad de ajustarse a la demanda. Por lo tanto, **la diferencia entre oferta y demanda en el largo plazo no representa un déficit o superávit real, sino que el espacio que debe ser llenado por los productores para satisfacer la demanda global o la producción que debe dejar el mercado para que éste se estabilice.** Esta visión está alineada con la teoría tradicional de economía de minerales, la cual reconoce que, en el largo plazo, si la demanda es mayor a la oferta, el precio debería subir lo suficiente como para lograr que el mercado se estabilice y viceversa. De esta forma, **no se espera que la diferencia entre oferta y demanda en el largo plazo se materialice, sino que se espera que incentive cambios en el precio que aseguren un relativo balance.**

Es de vital importancia comprender que la diferencia entre oferta y demanda en el largo plazo no corresponde a un balance de mercado tradicional al momento de analizar la información entregada por CRU en el largo plazo, ya que los tonelajes observados en este balance proyectado pueden parecer excesivos y lejos del comportamiento normal de los mercados. Tal como ya se ha explicado, esta diferencia busca reflejar la tendencia que deben seguir los precios para lograr un mercado estable.

Históricamente, la producción y el consumo de mineral de hierro a nivel global han presentado una brecha muy pequeña entre ellos. Desde 2008 la oferta ha superado por poco a la demanda, con una diferencia equivalente al 7,6% de la oferta en 2017. Sin embargo, el costo del transporte del mineral de hierro desde el lugar de producción hasta el mercado consumidor puede representar una proporción importante del precio y reducir significativamente el margen de ganancia de los productores. Esto incentiva la generación de mercados locales, dificultando la comercialización y haciendo que el mercado del mineral de hierro sea menos eficiente que otros mercados minerales al ajustar su oferta y demanda. Como consecuencia el precio del mineral de hierro no se relaciona directamente con el balance de mercado global. En los últimos años, ha sido el balance del mercado chino y su creciente demanda la que ha determinado en gran medida el precio.

Si bien el balance histórico del mercado del hierro ha sido moderado, variando entre un 2% a 4%, cabe resaltar que desde 2013 en adelante se ha observado un aumento del superávit, que ha fluctuado entre un 4% a 8% del total de la demanda.

Figura 30 Balance del mercado de hierro, 2008-2017, (Mt)



Fuente: CRU

Tabla 15 Balance del mercado y precios del hierro, 2008-2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Oferta (Mt)	1.556	1.504	1.793	1.901	1.950	2.170	2.291	2.183	2.196	2.217	4,0%
Demanda (Mt)	1.517	1.471	1.721	1.853	1.911	2.078	2.156	2.061	2.097	2.060	3,5%
Balance (Mt)	39	33	72	48	39	93	134	122	99	157	

Precios	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
China spot, 62% Fe finos (real - \$/t CFR)	167	89	163	187	142	147	103	58	59	72	-8,9%
China spot, 62% Fe finos (nominal - \$/t CFR)	143	78	143	166	129	136	97	56	58	71	-7,5%
BF <i>Pellet</i> premio (real - \$/t)	28	65	13	46	42	33	35	39	35	33	1,8%
<i>Lump</i> premio (real - \$/t)				15	7	13	13	10	9	9	

Fuente: CRU

1.3.3. Proyección de balance de mercado y precio del hierro

El balance pronosticado a 2035 muestra un superávit hasta principios de la década 2030.

Con las cuatro grandes empresas productoras manteniendo volúmenes alto de producción de operaciones eficientes, sumado a una demanda pronosticada a la baja, con un descenso anual de 0,2% a nivel global, el mercado del hierro presenta un superávit estructural por al menos diez años más.

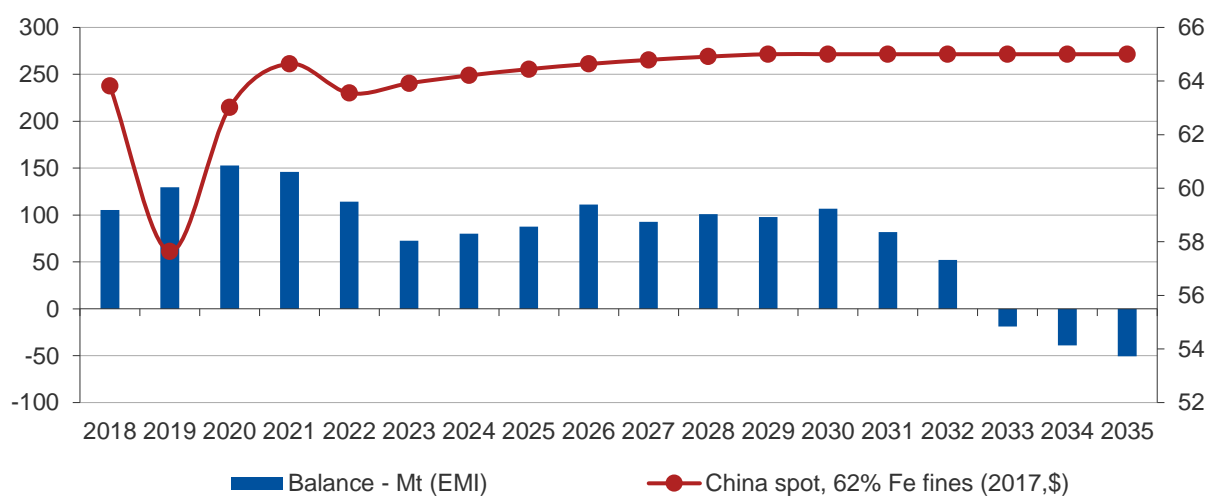
En el largo plazo se espera que el precio del mineral de hierro se estabilice alrededor del Costo Marginal de Largo Plazo de la industria (CMLP), es decir, el costo de producción del último productor que entra a satisfacer la demanda (productor marginal). El cálculo del costo estimado de producción para todas las operaciones o proyectos en el mundo incluye costos de regalías, minería, procesamiento, transporte, flete marítimo, marketing y financiamiento. De esta manera, definimos que el precio estimado a largo plazo para el producto de referencia Fe 62% es de \$65/t, a precio real de 2017.

Con respecto a los precios que no son de referencia como el de alto grado Fe 65% y el de bajo grado Fe 58%, CRU determina dos elementos fundamentales para su adecuado pronóstico a futuro, la rentabilidad esperada de la industria acerera china, así como el precio doméstico pronosticado para el carbón metalúrgico en China. El primero es importante ya que provee un indicador del valor esperado de la productividad en los altos hornos a futuro, mientras que el segundo, indica el costo futuro del calor y gases reductores requeridos para convertir mineral de hierro en arrabio en el Alto Horno. Dicha correlación tiene sentido ya que el requerimiento de carbón en un horno aumenta cuando el contenido de impurezas del hierro es mayor.

En línea con lo anterior, y basándose en los retornos esperados por las inversiones en nueva capacidad acerera en el sudeste asiáticos, en donde empresas chinas con alta disponibilidad de capital están más propensas de invertir producto de las crecientes restricciones en China, CRU estima que un margen EBITDA sostenible en la industria del acero está en torno al 13%.

Considerando un rango de EBITDA de 7-18% para la industria acerera china (18% en 2018), así como un precio futuro de \$160/t para el carbón coque chino, CRU estima que el precio a 2029 para los finos de 65% Fe y 58% Fe serán de \$77/t y \$55/t respectivamente.

Figura 31 Proyección del balance de mercado y precios del hierro, 2018-2035



Fuente: CRU

Tabla 16 Proyección del balance de mercado del hierro, 2018-2035, (Mt)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Oferta	2.213	2.250	2.277	2.282	2.254	2.230	2.237	2.240	2.255	2.234
Demanda	2.107	2.120	2.125	2.136	2.140	2.158	2.158	2.152	2.144	2.142
Balance	106	129	153	146	114	72	80	88	111	93
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35	
Oferta	2.235	2.217	2.217	2.172	2.135	2.052	2.017	1.991	-0,6%	
Demanda	2.134	2.119	2.110	2.091	2.083	2.071	2.056	2.042	-0,2%	
Balance	101	98	107	82	52	-19	-39	-51		

Fuente: CRU

Tabla 17 Pronóstico de precios, 2018-2035

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
China spot, 62% Fe finos (real)	63,8	57,6	63,0	64,6	63,5	63,9	64,2	64,4	64,6	64,8
China spot, 62% Fe finos (nominal)	65,0	60,0	67,0	70,0	70,0	71,7	73,4	75,2	76,9	78,6
58% Fe finos de bajo-aluminio, CFR China (real)	50,1	47,1	51,7	53,6	52,7	53,1	53,6	53,9	54,2	54,5
65% Fe finos de sinter, CFR China (real)	82,5	73,0	79,0	79,4	78,1	78,1	78,0	77,8	77,7	77,5

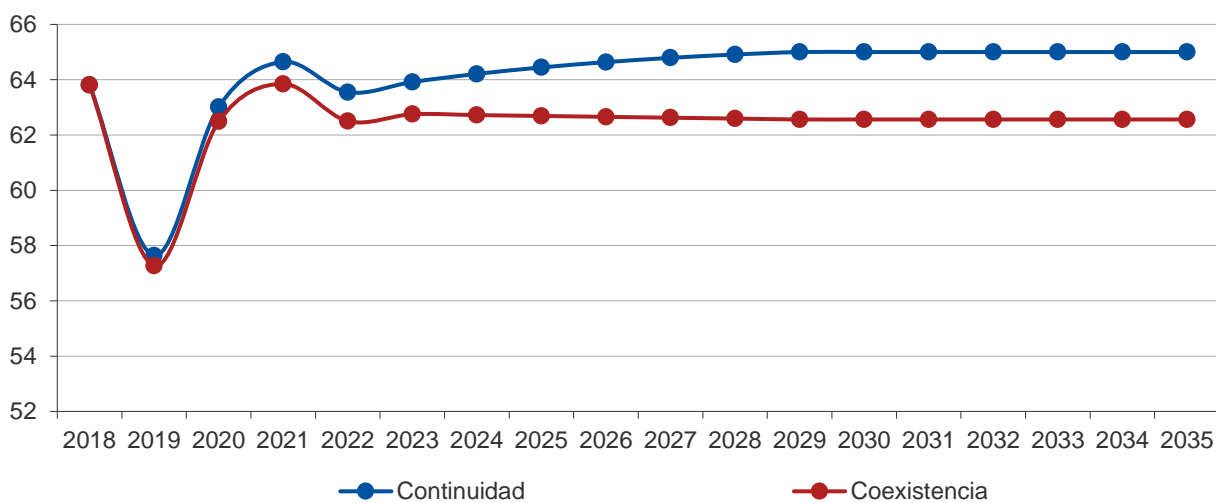
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
China spot, 62% Fe finos (real)	64,9	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	0,1%
China spot, 62% Fe finos (nominal)	80,3	82,0	83,7	85,3	87,0	88,8	90,6	92,4	2,1%
58% Fe finos de bajo-aluminio, CFR China (real)	54,8	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	0,6%
65% Fe finos de sinter, CFR China (real)	77,2	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	-0,4%

Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

En el mediano plazo, el escenario de Coexistencia tiene una demanda menor a la demanda del escenario Continuidad. Lo anterior, sumado a un aumento en la economía circular, la cual consiste en ya no reciclar los metales si no que reutilizarlos en su misma forma, tendrá como efecto una sustitución importante del hierro a mediano plazo, lo cual tendrá como consecuencia última un precio marcadamente menor al del escenario de continuidad.

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



Fuente: CRU

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

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	63,8	57,6	63,0	64,6	63,5	63,9	64,2	64,4	64,6	64,8
Coexistencia	63,8	57,3	62,5	63,8	62,5	62,8	62,7	62,7	62,7	62,6
Diferencia*	-	- 0,4	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2

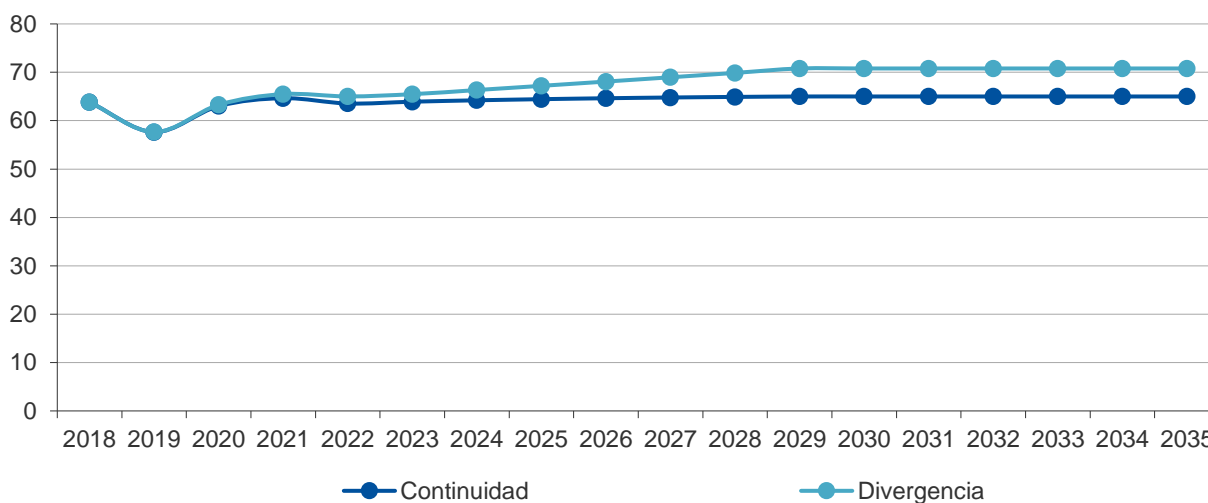
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	64,9	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	0,1%
Coexistencia	62,6	62,6	62,6	62,6	62,6	62,6	62,6	62,6	-0,1%
Diferencia*	2,3	- 2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	

Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

En el mediano plazo, el escenario Divergencia tiene una mayor demanda que el escenario Continuidad durante el periodo 2018-2035. Al mantenerse la oferta en ambos escenarios, estos cambios en demanda se traducen en que el escenario Divergencia muestra mayores precios que el escenario Continuidad durante este periodo de tiempo.

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



Fuente: CRU

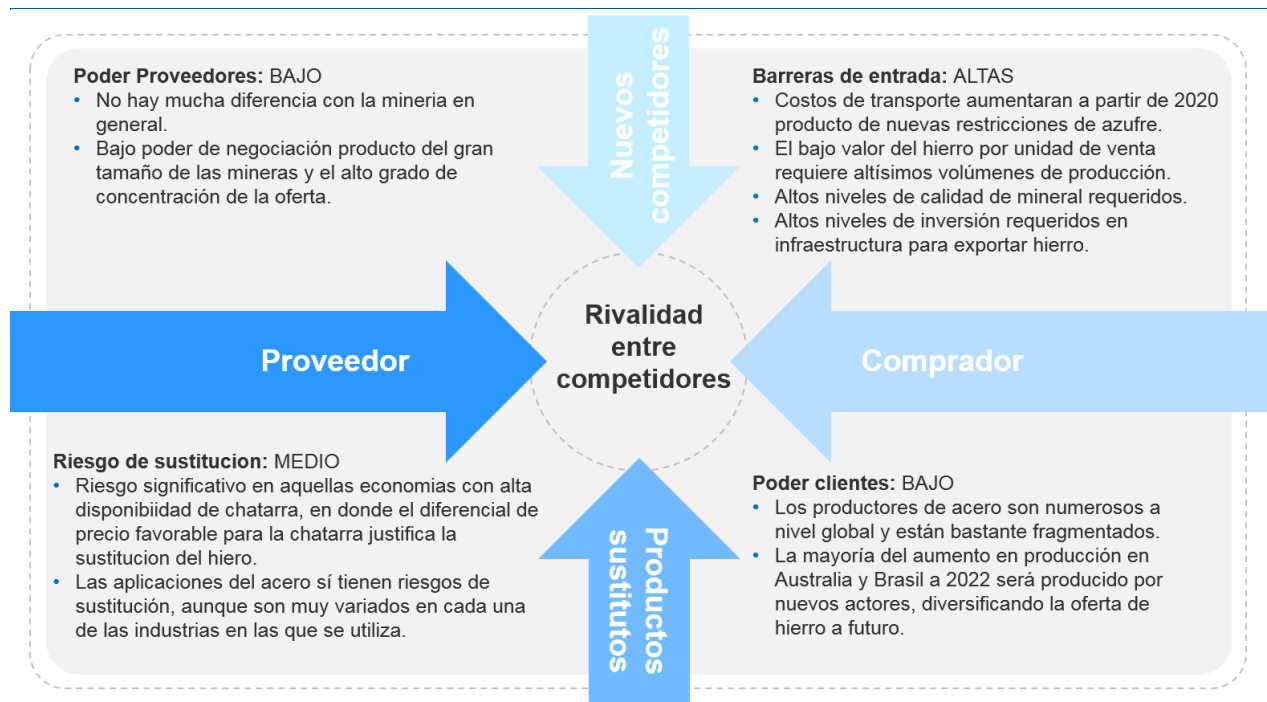
Tabla 19 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para hierro (2017 US\$/t)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	63,8	57,6	63,0	64,6	63,5	63,9	64,2	64,4	64,6	64,8
Divergencia	63,8	57,7	63,3	65,5	65,0	65,5	66,3	67,2	68,1	69,0
Diferencia*	-	0,01	0,3	0,8	1,5	1,6	2,1	2,8	3,4	4,2

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	64,9	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	0,1%
Divergencia	69,9	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	0,6%
Diferencia*	5,0	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	

Fuente: CRU

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

Figura 34 Modelo de las Cinco fuerzas de Porter


Fuente: CRU

Dado el bajo precio por tonelada, para que el negocio del hierro sea atractivo es fundamental contar con volúmenes de producción que permitan crear economías de escala que disminuyan los costos. Esto trae consigo una gran inversión en equipos e infraestructura para la explotación y sobre todo para el transporte, lo que representa una de las mayores barreras actuales para ingresar a la industria. Otra barrera importante y que caracteriza a la mayor parte de las industrias minerales es el acceso a depósitos de calidad. Ya que el hierro es un elemento abundante en la

corteza terrestre, las características más importantes de un yacimiento son su ubicación geográfica, las facilidades logísticas que pueda presentar y la calidad del producto – factor que ha adquirido mayor importancia dada la tendencia de la demanda hacia productos de mayor contenido de hierro.

Si a esto se le suma que el mercado internacional está en gran medida controlado por cuatro empresas establecidas mayoritariamente en dos países, cuyas cualidades competitivas se han ido estableciendo durante décadas, se puede concluir que la industria del mineral de hierro tiene un atractivo medio-bajo para un potencial nuevo participante.

Anexo I. Glosario

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

Monedas y medidas de valor

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

Empresas e Instituciones

Sigla	Significado
BHP	BHP Group Limited
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
BF	<i>Blast Furnace</i> / Fundición en el Alto Horno
BIF	<i>Banded Iron Formation</i> / Formaciones de hierro bandeado
BOF	<i>Basic Oxygen Furnace</i> / Horno Básico de Oxígeno
CFR	<i>Cost and Freight</i> / Costo y Cargo
CIS	Comunidad de Estados Independientes
DRI	<i>Direct Reduced Iron</i> / Hierro Directamente Reducido
EAF	<i>Electric Arc Furnace</i> / Hornos de arco eléctrico
EBITDA	<i>Earnings before interest, tax, depreciation and amortization</i> / Ganancias de las compañías antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones.
ERNC	Energía Renovable No Convencional
FOB	<i>Free on Board</i> / Libre a bordo
HBI	<i>Hot Briquetted Iron</i> / Briquetas de hierro
I+D	Investigación y Desarrollo
LRMC – CMLP	<i>Long run marginal cost</i> / Costo marginal de largo plazo
PIB	Producto Interno Bruto
SRMC – CMCP	<i>Short run marginal cost</i> / Costo marginal de corto plazo
TCAC	Tasa de Crecimiento Anual Compuesto

Anexo II. Bibliografía

1. MinEx Consulting, CRU
2. MARSHALL, Alfred. Principles of Economics. XVIII ed. Nueva York, Cosimo Inc, 2006.
3. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries. 2009 – 2018. Disponible en Internet: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf>