



Uranio

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

Final 11 de diciembre de 2018

CRU Consulting



Contrato #: C-378359-003-2018

Este informe se 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

Índice

1. Mercado del uranio	1
Resumen ejecutivo de la industria del uranio.....	1
Introducción	2
1.1 Demanda de uranio	2
1.1.1 Determinantes de la demanda de uranio y usos finales	2
1.1.2 Intensidad de uso & el ciclo de desarrollo del uranio	4
1.1.3 Sustitución y elasticidad de la demanda de uranio	5
1.1.4 Demanda histórica de uranio.....	7
1.1.5 Proyección de la demanda de uranio	11
1.2 Oferta del uranio.....	17
1.2.1 Recursos y reservas de uranio: evolución, tasa de descubrimiento, presupuesto de exploración	17
1.1.1. Métodos de extracción y procesamiento del uranio	19
1.1.2. Cadena de valor del uranio.....	22
1.1.3. Costos de capital del uranio	23
1.1.4. Comercialización del uranio.....	24
1.1.5. Producción histórica de uranio	29
1.1.6. Proyección de producción de uranio.....	34
1.3 Balance de mercado y precio del uranio.....	41
1.3.1 Descripción de la estructura y mecanismos de precio del uranio.....	41
1.3.2 Balance de mercado y precio histórico del uranio.....	41
1.3.3 Proyección de balance de mercado y precio del uranio.....	44
1.4 Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del uranio	50
Anexo I. Glosario	53
Anexo II. Bibliografía	55

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, uranio	7
Tabla 2 Demanda histórica de uranio, 2008-2017 (tU)	10
Tabla 3 Proyección de demanda de uranio 2018-2035 (tU)	13
Tabla 4 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (toneladas)	15

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (toneladas)	16
Tabla 6 Cambio en los recursos identificados de uranio <130 USD/kg	17
Tabla 7 Gastos de exploración y desarrollo de uranio de la industria y del gobierno por país, 2008-2014 ('000 US\$)	19
Tabla 8 Costo de capital de reemplazo en minas seleccionadas	24
Tabla 9 Importaciones de LEU en 2008-2017, toneladas	28
Tabla 10 Exportación de uranio en 2008-2017, tU ₃ O ₈ húmedo	29
Tabla 11 Oferta primaria histórica en 2008-2017, tU	32
Tabla 12 Oferta secundaria histórica en 2008-2017, tU	34
Tabla 13 Proyección de oferta primaria en 2018-2035, tU	36
Tabla 14 Proyección de oferta secundaria en 2018-2035, tU	38
Tabla 15 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (toneladas)	39
Tabla 16 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (toneladas)	40
Tabla 17 Equilibrio histórico del mercado de uranio en 2008-2017, (tU)	42
Tabla 18 Precio histórico del mercado de uranio en 2008-2017, (\$/lb U ₃ O ₈)	42
Tabla 19 Inventarios de uranio de las empresas de servicios públicos en 2008-2017, (tU)	44
Tabla 20 Proyección de inventario de uranio de las empresas de servicios públicos en 2018-2035, (tU)	45
Tabla 21 Proyección del equilibrio del mercado de uranio en 2018-2035, (tU)	47
Tabla 22 Proyección del precio de mercado del uranio en 2018-2035, (\$/lb U ₃ O ₈)	47
Tabla 23 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (2017 US\$/lb)	48
Tabla 24 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para aluminio (2017 US\$/lb)	49

Índice de figuras

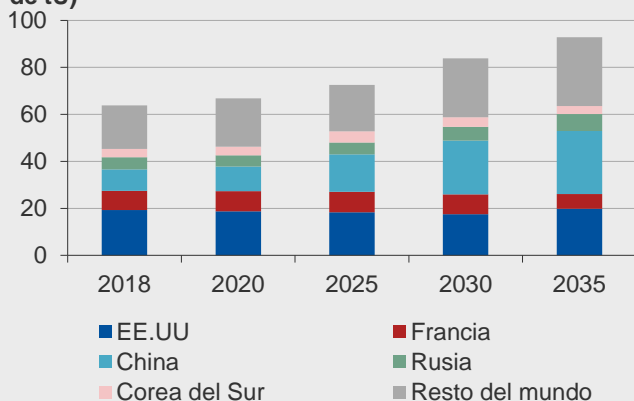
Figura 1 Consumo de uranio por país, 2017	4
Figura 2 Proyección de generación de electricidad en 2016-2035 (TWh)	4
Figura 3 Intensidad de uso según PIB 2017	5
Figura 4 Demanda histórica de uranio, 2008-2017, (tU)	10
Figura 5 Proyección de demanda de uranio, 2018-2035 (miles de tU)	13
Figura 6 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (toneladas)	14
Figura 7 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (toneladas)	16
Figura 8 Recursos Razonablemente Asegurados y Recursos Inferidos	18

Figura 9 Diagrama de flujo típico del procesamiento del uranio	20
Figura 10 Esquema de una mina de ISL en la mina de Beverley en el sur de Australia	21
Figura 11 Ciclo del combustible nuclear	23
Figura 12 Principales instalaciones de enriquecimiento en todo el mundo	26
Figura 13 Importación de uranio de bajo enriquecimiento, 2017	27
Figura 14 Exportaciones de torta amarilla, 2017	27
Figura 15 Producción de uranio por empresas en 2017	30
Figura 16 Producción de uranio por país en 2017	30
Figura 17 Oferta primaria histórica, 2008-2017 (tU)	32
Figura 18 Oferta secundaria histórica (miles Ut)	34
Figura 19 Proyección de producción de uranio en 2018-2035, tU	36
Figura 20 Proyección de oferta secundaria en 2018-2035, tU	37
Figura 21 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (toneladas)	39
Figura 22 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (toneladas)	40
Figura 23 Equilibrio y precio histórico de mercado del uranio, 2008-2017 (miles de tU)	42
Figura 24 Inventarios de uranio de las empresas de servicios públicos en 2008-2017, ('000 tU)	43
Figura 25 Proyección de inventario de uranio de las empresas de servicios públicos en 2018-2035, (tU)	45
Figura 26 Proyección del equilibrio de mercado y precios en 2018-2035	46
Figura 27 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (2017 US\$/lb)	48
Figura 28 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (2017 US\$/lb)	49
Figura 29 Análisis de las cinco fuerzas de Porter	51

1. Mercado del uranio

Resumen ejecutivo de la industria del uranio

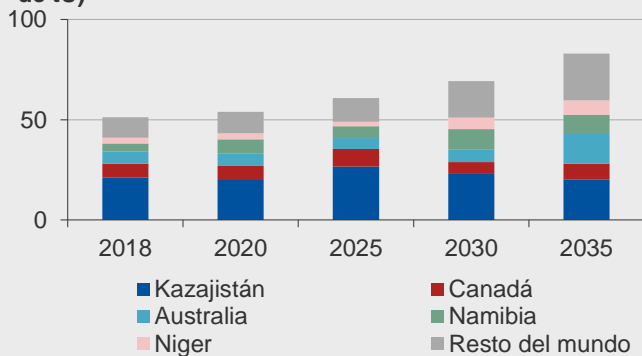
Proyección de la demanda de uranio (miles de tU)



DEMANDA

1. Se espera que la demanda de uranio crezca a una TCAC de 2,2% en el período 2018-2035.
2. La demanda en los países desarrollados se encuentra estancada y necesita inversiones sustanciales para reemplazar el parque de reactores nucleares, que está envejeciendo.
3. La generación de energía nuclear se enfrenta a la competencia proveniente de fuentes renovables que se están volviendo más económicas y a preocupaciones frente a la seguridad pública en el contexto del desastre de Fukushima en 2011.
4. China está construyendo plantas nucleares activamente. Se estima que superará a Francia en 2018 y a los Estados Unidos en 2026 en términos de demanda de uranio para las centrales nucleares.

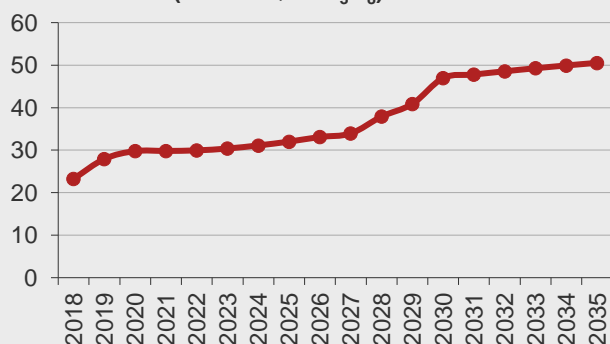
Proyección de producción de uranio (miles de tU)



OFERTA

1. La gran mayoría del suministro de uranio se concentra en sólo 5 países que no cuentan con un parque importante de reactores nucleares.
2. Kazajistán detuvo el agresivo aumento de producción de uranio. El objetivo principal ahora es preservar la participación de mercado actual y reponer las minas de uranio existentes.
3. Se espera que la oferta australiana crezca en tan solo una mina, donde el uranio es un subproducto de la mina de cobre.
4. Canadá posee las minas de uranio con mayor ley. Sin otros descubrimientos importantes, no se puede añadir mayor oferta de uranio al mercado desde este país.

Precio uranio (2017 US\$/lb U₃O₈)



PRECIO

5. El mercado del uranio se encuentra actualmente en un entorno de exceso de oferta, en el que se estima que los recortes de producción equilibrarán el mercado a corto y mediano plazo.
6. Los precios del uranio seguirán de cerca el costo de producción de uranio en las minas y convergerán en el percentil 95 de los productores a mediano plazo.
7. Se espera que el déficit en el mercado aparezca alrededor de 2028, donde los precios tendrán que incentivar la inversión adicional en nuevas minas. Estimamos que el precio aumentará de USD 34/lb U₃O₈ en 2027 a USD 47/lb U₃O₈ en 2030.
8. A medida que las nuevas minas comiencen a producir, los precios del uranio se estabilizarán en el rango de USD 45-USD 50/lb de U₃O₈.

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 uranio

1.1.1 Determinantes de la demanda de uranio y usos finales

Aproximadamente el 95% de la demanda de uranio proviene de reactores nucleares comerciales que producen energía eléctrica para redes nacionales. El 5% restante de la demanda es atribuible a las aplicaciones nucleares y de investigación. El uranio utilizado en aplicaciones militares y de investigación suele permanecer en un "circuito cerrado", con poco comercio con la industria de la energía nuclear.

A diferencia de otros grupos de productos básicos, la demanda de uranio de un reactor específico no siempre sigue un camino sin problemas desde su puesta en marcha hasta su pleno funcionamiento, ya que requiere una cantidad significativamente mayor de uranio para inicializar la primera reacción en una central nuclear que para mantener la reacción a partir de entonces. Por lo tanto, los nuevos reactores normalmente comprarán una gran cantidad de uranio antes de su puesta en marcha y cantidades más pequeñas una vez que el reactor esté en funcionamiento. Las compras de uranio se realizan mucho antes de su uso en un reactor. Esto se debe al tiempo requerido para pasar por las etapas de refinamiento, conversión, enriquecimiento y fabricación.

Nuestras proyecciones para la generación de electricidad nuclear se sitúan en el contexto de un cambio en el apoyo y la menor competitividad de la energía nuclear como fuente de combustible

para la electricidad, especialmente después del incidente de Fukushima de 2011. El atractivo de la energía nuclear como alternativa baja en carbono a los combustibles fósiles para la generación de carga base ha disminuido debido a la caída del costo de las energías renovables y la preocupación por su seguridad.

La energía nuclear seguirá atrayendo a los países que buscan lograr una mayor autosuficiencia en electricidad, así como a las economías de rápido crecimiento que esperan satisfacer su demanda de electricidad. Sin embargo, el crecimiento de la generación de electricidad nuclear, especialmente en los países en desarrollo, se ve obstaculizado por los altos requisitos de capital y por la oposición de la comunidad por términos de seguridad, el largo plazo de entrega y la dependencia de China, Rusia, Francia, Corea del Sur y Japón para los conocimientos tecnológicos. Los residuos nucleares de alta radioactividad generados por el funcionamiento del reactor también deben eliminarse y almacenarse de forma segura, correctamente aislados de las actividades humanas y del medio ambiente, lo que añade una capa adicional de complejidad a la alternativa de la energía nuclear. Se han realizado algunos progresos en las obras de construcción del depósito profundo de combustible nuclear gastado de Onkalo, en Finlandia, para almacenar más de 6.500 toneladas de residuos durante al menos 100.000 años. En Japón, a pesar de la reanudación de los reactores, la industria se enfrenta a una regulación más estricta y el país espera limitar la cuota nuclear del mix de generación de electricidad al 20-22% para 2030, significativamente menor que la participación nuclear antes de Fukushima que alcanzaba el 30%.

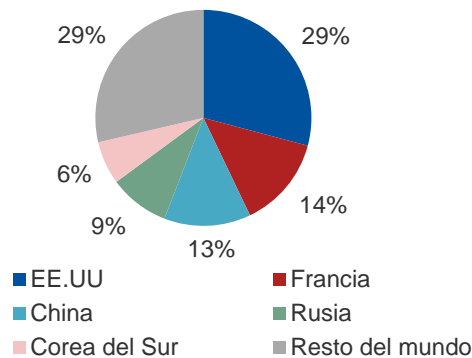
En todo el mundo, las energías renovables y la energía nuclear son las dos únicas fuentes de electricidad en las que se espera un aumento de su participación en el mix de generación de electricidad. La generación de energías renovables será la de mayor crecimiento, con una TCAC del 6.4% entre 2017 y 2035, significativamente superior a la TCAC del 1.6% registrada en la generación total de electricidad. La generación de electricidad nuclear crecerá a una TCAC del 3.1% durante este período.

Actualmente, los reactores nucleares se concentran en las zonas más desarrolladas del mundo. Algunos países han adoptado la energía nuclear como la principal fuente de suministro, como Estados Unidos y Francia. También existen países que se están poniendo al día en la construcción de reactores nucleares, como China, que es el tercer mayor generador de uranio y se prevé que supere a Francia en 2018. Una exclusión notable en el gráfico que figura a continuación es la de Japón, que ha interrumpido la operación de las centrales nucleares tras el incidente de Fukushima. Desde este incidente se permitió que la operación de algunos reactores

se reanudara, pero la demanda de uranio es significativamente inferior a los niveles anuales de 7.000-8.000 tU anteriores a Fukushima y sólo llegó 734 tU en 2017.

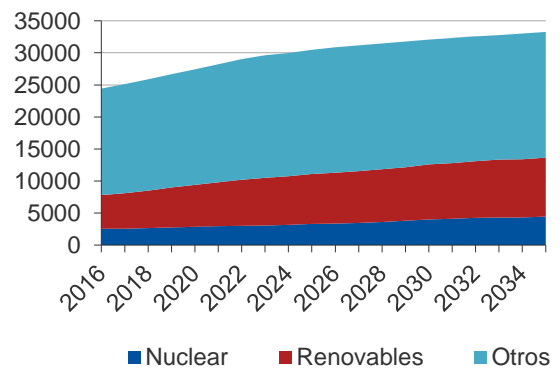
Figura 1 Consumo de uranio por país, 2017

Demanda total: 64.394 tU



Fuente: CRU

Figura 2 Proyección de generación de electricidad en 2016-2035 (TWh)



Fuente: CRU

1.1.2 Intensidad de uso & el ciclo de desarrollo del uranio

La fuerte inversión de Francia en energía nuclear se remonta a la crisis del petróleo de 1973. Francia carecía de recursos de petróleo, gas y carbón, y recurrió a la energía nuclear como respuesta para lograr una mayor independencia energética. Como resultado, Francia posee el mayor consumo de uranio per cápita.

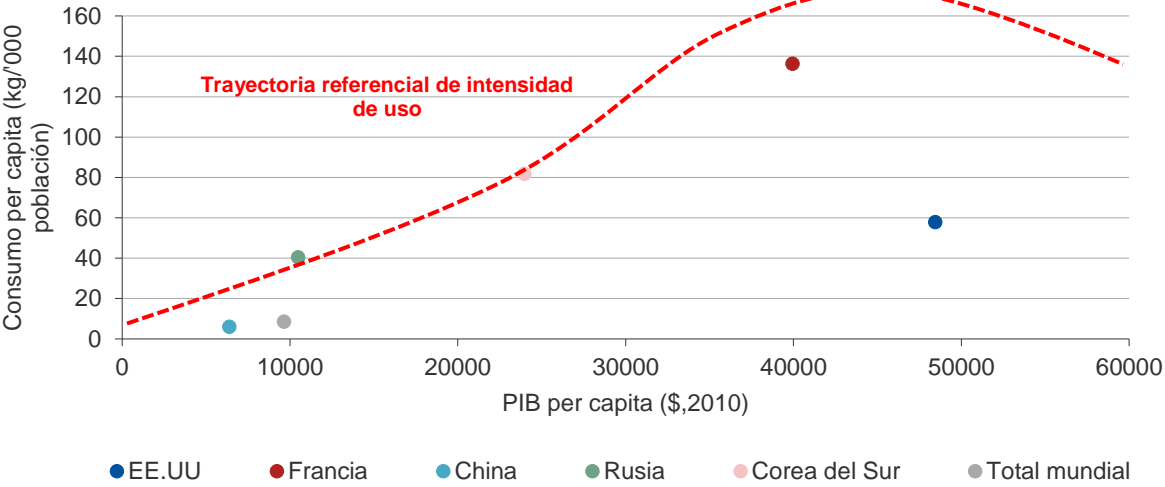
Por el contrario, EEUU tiene la mayor demanda total, que es al menos dos veces superior a la de Francia. Debido al aumento significativo de la población, la intensidad de la demanda de uranio es de 60 kg por cada mil habitantes. Junto con Francia, estos mercados se encuentran maduros y no es probable que se produzcan aumentos de intensidad en el futuro.

Al igual que Francia, Corea del Sur tiene una agenda de independencia energética. Sin embargo, la preocupación por la seguridad de las centrales nucleares hizo que el gobierno reconsiderara su enfoque de esta fuente de energía y que en el futuro dependiera más de las energías renovables.

La intensidad China se mantiene en torno a los 6 kg por cada mil habitantes. Esta cifra es inferior a la media mundial y a la de los otros cuatro grandes consumidores de uranio. Se espera que China al menos triplique la demanda de uranio en el período previsto.

Rusia es el principal exportador y consumidor de centrales nucleares. La intensidad actual se mantiene en torno a los 40 kg por cada mil habitantes. El crecimiento de la población de Rusia ha estado estancado en la última década y se espera que no se aleje mucho de las tendencias históricas en el futuro, mientras que se espera que la demanda de uranio aumente con nuevos reactores nucleares en el país. Por lo tanto, la tendencia de la intensidad del uranio debería aumentar.

Figura 3 Intensidad de uso según PIB 2017



Fuente: CRU

1.1.3 Sustitución y elasticidad de la demanda de uranio

No hay sustitución del uranio en las centrales nucleares. Sin embargo, las centrales nucleares pueden sustituirse por otras formas de generación de electricidad. Las energías renovables se consideran a menudo como el sustituto libre de carbono de la energía nuclear y se prefieren debido a razones de seguridad. La reducción de los costos de las energías renovables también contribuye a fomentar la adopción por sobre la energía nuclear. Sin embargo, el rápido desarrollo de las fuentes renovables también se enfrenta a sus obstáculos únicos, incluyendo el desarrollo de soluciones de integración de la red y el almacenamiento, así como la voluntad de los gobiernos de comprometerse a apoyar las energías renovables.

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

La razón crucial para esta afirmación es que dichos minerales (*commodities*) no son consumidos como bienes finales, sino que sirven como insumos para la producción de bienes finales o en

bienes de capital. Como tal, debemos tener en cuenta que la demanda de estos *commodities* es una demanda derivada.

De esta manera, los argumentos esgrimidos por Lord Alfred Marshall en el libro de texto de economía "Principios de la economía" (donde se presentó por primera vez el concepto de elasticidad precio de la demanda) 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 uranio, los cuatro factores de análisis de la teoría marshalliana se comportan de la siguiente manera:

Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, uranio

Factor de análisis	Características específicas del Uranio
Usos principales	Generación de energía eléctrica
Baja sustituibilidad	El tipo de energía puede ser sustituido en el largo plazo mediante la construcción de nuevas plantas pero en las plantas nucleares no existe sustitución.
Participación de bajo valor	Sí, parcialmente
Baja elasticidad de la oferta de sustitutos	No
Baja elasticidad precio final	Si

Fuente: CRU

1.1.4 Demanda histórica de uranio

Principales consumidores por actividad económica en los últimos diez años

Tal como se plantea en la sección “Determinantes de la demanda de uranio y usos finales” de este reporte, el principal sector económico ligado al consumo de uranio es la generación eléctrica por parte de reactores nucleares comerciales. Dado que el uranio es un mineral 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 uranio

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

Después de la crisis del petróleo en 1973, el precio del uranio se vio impulsado por la expectativa de una fuerte oleada de proyectos de reactores nucleares. Sin embargo, los incidentes ocurridos en 3 Mile Island en 1979 y en Chernóbil en 1986 causaron un sentimiento negativo en la opinión pública sobre los riesgos de la energía nuclear. En la historia más reciente, el incidente de Fukushima en marzo de 2011 provocó una ola negativa en la opinión pública sobre los reactores nucleares. La demanda de uranio en 2011 disminuyó un 9% con respecto a los niveles de 2010. En los principales países desarrollados se ha creado una fuerte oposición pública a la energía nuclear a pesar de la presión de los objetivos relacionados a la emisión de carbono. Como resultado de ello, la demanda mundial de uranio se ha estancado sin crecimiento durante el período 2008-2017.

La demanda en los países productores de energía nuclear establecidos, Francia y EEUU, ha experimentado un descenso constante durante el período 2008-2017. Ambos países han fomentado el desarrollo de la capacidad de energía nuclear en el último siglo. Sin embargo, los problemas económicos de los reactores nucleares en EEUU y el envejecimiento de las centrales nucleares en Francia y EEUU impiden el aumento de la demanda de uranio.

En Francia, la Ley de Transición Energética de 2015 preveía reducir la cuota de energía nuclear en el mix eléctrico del país al 50% para el año 2025, pero este plazo se ha retrasado por considerarse imposible, sobre todo porque Francia también quería alcanzar sus objetivos en relación a las emisiones de carbono. La demanda de uranio permaneció estable hasta 2016, año en que se cerraron varias centrales eléctricas debido a preocupaciones de seguridad sobre la resistencia de ciertos componentes. Esto redujo la demanda en ~1.000 tU en un solo año, llevando la demanda de uranio en Francia a 8.856 tU en 2016 y 2017.

En EEUU, la economía de los reactores se ha visto gravemente afectada por los bajos precios del gas y el débil crecimiento económico de los últimos años. La participación del gas en la generación de electricidad ha aumentado del 24% al 34% entre 2010 y 2017. Desde 2016, se han cerrado tres reactores por no ser rentables: Las centrales nucleares de Fort Calhoun (Nebraska), Clinton (Illinois) y Quad Cities (Illinois) cerraron entre 2016 y 2018, lo que significa que su licencia expirará entre 2032 y 2047. El programa gubernamental de Zero Emissions Certificate program (ZEC) (Cero Emisiones), que paga por la generación de electricidad de baja emisión, ya ha ayudado a evitar el cierre prematuro de algunos reactores.

A pesar del incidente de Fukushima, varios países han adoptado la tecnología nuclear en los últimos años. La demanda de uranio en China y Rusia ha ido en aumento, creciendo a una TCAC del 21.8% y 5.7% respectivamente en el período 2008-2017. Las decisiones de aumentar la generación nuclear también formaban parte de una estrategia más amplia de exportación de construcción de reactores nucleares al extranjero. Por lo general, los países emplean empresas nacionales para construir reactores nacionales y lograr economías de escala, después de lo cual están dispuestos a exportar la construcción de centrales nucleares al extranjero. Rusia posee más de 30 proyectos de construcción de centrales nucleares en el extranjero, mientras que China ya ha firmado docenas de memorandos de entendimiento y acuerdos formales para la construcción de centrales nucleares fuera de sus fronteras.

Sin tener en cuenta las consideraciones de seguridad nuclear, la energía nuclear sigue siendo una fuente de energía fiable y limpia. Por ejemplo, China tiene una agenda urgente de reducción de emisiones de carbono. Si bien las fuentes renovables de generación de electricidad se

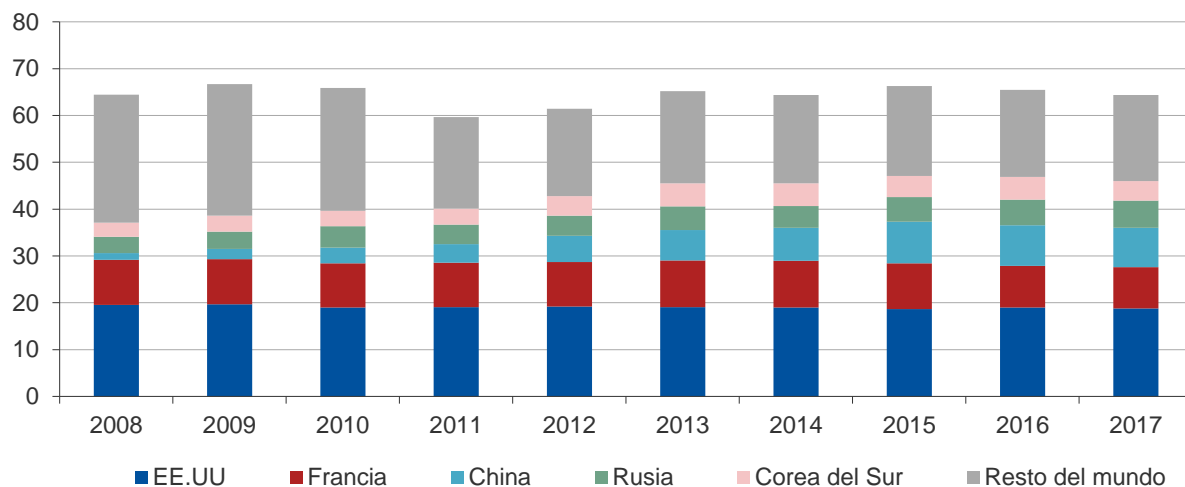
consideran erráticas, la energía nuclear se está convirtiendo en una fuente de energía fiable y limpia.

En Corea del Sur, la energía nuclear se considera parte del "crecimiento verde". Esto ayudó a aumentar la demanda de uranio de 3.000 tU en 2008 a 4.800 tU en 2016. En 2012, la oposición pública se intensificó en Corea del Sur debido a grietas microscópicas y certificados de calidad falsificados encontrados en múltiples componentes de centrales nucleares. El gobierno actual decidió mantener una política de eliminación progresiva de la energía nuclear. Ya en 2017, la demanda de uranio ha disminuido a 4.200 tU.

En 2010, Japón generó el 28% de su electricidad a partir de energía nuclear proveniente de un parque de unos 50 reactores, lo que generó una demanda de 7.108 tU. Tras el incidente de Fukushima, Japón desconectó todos sus reactores y creó la Autoridad Reguladora Nuclear en 2012 para redactar nuevas normas de seguridad y aprobar la reanudación y puesta en marcha de las centrales nucleares. Desde 2015, se han reanudado ocho reactores y más de una docena se encuentran actualmente en proceso de aprobación de reanudación. La mayoría de las aprobaciones han sido para reactores en el oeste de Japón y no en la costa este, donde se encontraba la estación de Fukushima Daiichi. Sin embargo, la opinión pública se opone en general a la energía nuclear y causa impedimentos para la reanudación de los reactores previstos. En 2017, la demanda de uranio para la generación de energía fue de 734 tU, sólo ~10% del nivel anterior a Fukushima.

Del mismo modo, el gobierno alemán anunció la eliminación gradual de la generación de energía nuclear para 2022 tras el incidente de Fukushima. La participación de Alemania en el mix de generación de energía nuclear ya ha disminuido del 18% a alrededor del 12% en el período 2011-2017. Ya se anunciaron cierres de reactores. Desde 2014, dos reactores (Grafenrheinfeld (KKG) y Gundremmingen-B) han cerrado, ambos después de 33 años de funcionamiento y más de 10 años antes del final de su vida útil teórica. Alemania y Japón constituyen casi la totalidad de la disminución de la demanda de uranio en el resto del mundo durante el período 2008-2017.

Figura 4 Demanda histórica de uranio, 2008-2017, (tU)



Fuente: CRU

Tabla 2 Demanda histórica de uranio, 2008-2017 (tU)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
EEUU	19.519	19.661	18.964	19.076	19.189	19.084	18.998	18.637	18.996	18.771	-0,4%
Francia	9.645	9.645	9.482	9.486	9.510	9.971	9.996	9.820	8.856	8.856	-0,9%
China	1.419	2.162	3.306	3.970	5.612	6.448	7.024	8.874	8.679	8.354	21,8%
Rusia	3.538	3.728	4.575	4.164	4.302	5.078	4.639	5.261	5.469	5.813	5,7%
Corea del Sur	2.959	3.381	3.280	3.440	4.179	4.906	4.875	4.490	4.842	4.164	3,9%
Resto del mundo	27.384	28.098	26.275	19.521	18.623	19.682	18.821	19.203	18.610	18.437	-4,3%
Total mundial	64.464	66.675	65.882	59.657	61.415	65.169	64.353	66.286	65.452	64.394	0,0%
<i>% cambio anual</i>		3%	-1%	-9%	3%	6%	-1%	3%	-1%	-2%	

Fuente: CRU

1.1.5 Proyección de la demanda de uranio

Escenario 1 – Continuidad

Una vez que se construye un reactor, la proyección de la demanda de combustible es a largo plazo y relativamente estable. Una vez puestos en servicio, los reactores funcionan durante largos períodos de tiempo, durante muchos años. Normalmente, la construcción de una planta nuclear desde sus etapas iniciales demora hasta 25 años. El proceso de toma de decisiones puede ser bastante complejo e implica factores económicos y antieconómicos. Esta planificación a largo plazo para la generación de energía nuclear ayuda a cuantificar la demanda nuclear con un nivel de confianza razonable.

De cara al futuro, esperamos que países en desarrollo como China y Rusia lideren el aumento de la demanda de energía.

China fue el tercer mayor generador de energía nuclear en 2017. La energía nuclear es importante para lograr el doble objetivo del país de reducir las emisiones de carbono y lograr la autosuficiencia de las fuentes de generación de electricidad. Esperamos que China supere a Francia como segundo país consumidor de uranio en 2018, y que supere a los Estados Unidos como el país más grande en generación de electricidad nuclear y capacidad de generación de electricidad nuclear instalada para 2029. Se espera que China lidere el crecimiento mundial en generación y capacidad nuclear y represente el 53% y el 52%, respectivamente, de las adiciones brutas mundiales entre 2017 y 2015. Se estima que la demanda de uranio de este país aumentará de ~9.100 tU en 2018 a ~26.800 tU en 2035 con una TCAC del 6,6%.

En Rusia, la Corporación Estatal de Energía Atómica ROSATOM es responsable de toda la industria nuclear, desde la explotación hasta la construcción de centrales nucleares. Actualmente, la compañía cuenta con ocho centrales nucleares y es pionera en la construcción de centrales nucleares flotantes. Estimamos que esta nueva demanda tenga mayor relevancia a partir de 2030. Se espera que la demanda actual se mantenga relativamente estable en un promedio de ~5.000 tU hasta 2029, cuando aumentará a ~7.300 tU para 2035.

Existe una disminución general de la capacidad de energía nuclear en Europa occidental, Norteamérica y Asia desarrollada debido a la oposición popular, el envejecimiento del parque y la preocupación por la seguridad de las centrales.

Francia es uno de los países más dependientes de la energía nuclear, con alrededor del 75% de su electricidad procedente de fuentes nucleares. El Gobierno francés se propone reducir la participación de la energía nuclear en el mix total de fuentes de energía al 50% para el año 2035

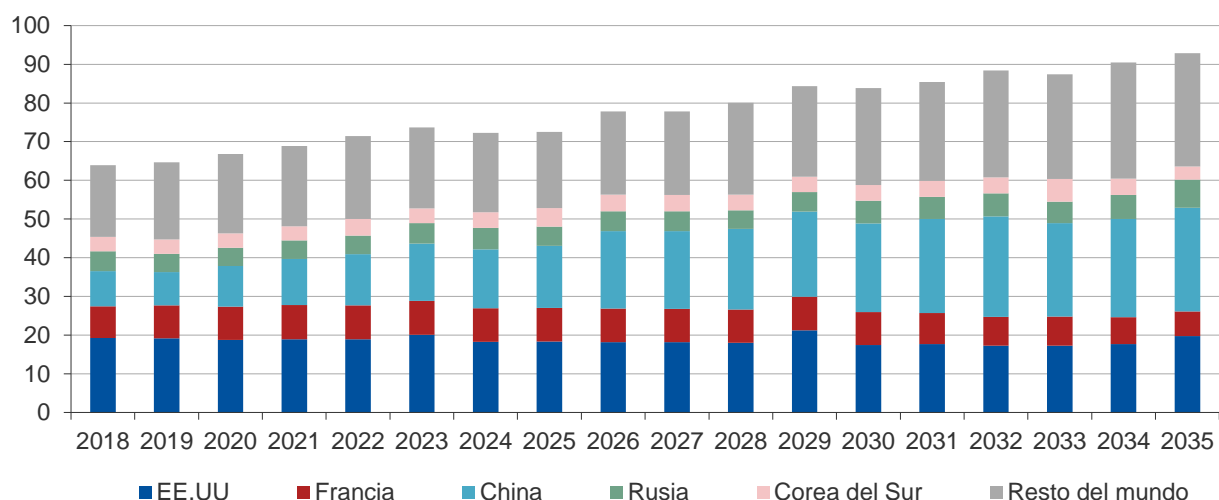
(inicialmente para 2025), en un esfuerzo por diversificar su combinación de fuentes de energía. En junio de 2018, Francia tenía 58 reactores nucleares en funcionamiento. El parque de reactores del país está envejeciendo, siendo la edad media de los reactores más de 30 años. Esto presiona aún más el tema de los futuros cierres. Por ahora, esperamos que Francia no cumpla con sus planes de eliminación nuclear debido a la ausencia de planes de cierre de los reactores. Se espera que la demanda de uranio disminuya de ~8.200 tU en 2018 a ~6.300 tU en 2035.

El desarrollo de la industria nuclear en EEUU se ha visto afectado por el envejecimiento del parque de reactores existentes y la baja rentabilidad en construir reactores nucleares adicionales en comparación con otras fuentes de energía, especialmente el gas de esquisto (shale gas) y la energía eólica. Si bien el gobierno ha establecido políticas para incentivar (hasta cierto punto) la construcción de reactores, éstas no han sido suficientes para dar lugar a una construcción a gran escala. A pesar de los intentos de la administración Trump de mantener abiertas las centrales nucleares, los factores económicos siguen prevaleciendo. Los bajos precios del gas y la liberalización de los mercados mayoristas de electricidad han dificultado la financiación de nuevas centrales nucleares. Por lo tanto, estimamos que la demanda fluctuará alrededor de 18.000 tU – 21.000 tU a lo largo del periodo de proyección.

El gobierno de Corea del Sur está planeando reducir el número de reactores a 14 para el año 2038, y en su lugar depender más de fuentes eólicas y solares. Corea del Sur también ha cancelado los planes de construir seis reactores debido a la sensación negativa del público sobre los reactores nucleares. Se espera que la demanda de uranio disminuya ligeramente de 3.700 tU en 2018 a 3.400 tU en 2035.

El mayor impacto en el aumento de la demanda de uranio en el resto del mundo se debe a la reanudación japonesa de las centrales nucleares y a la acumulación de uranio en India, donde se aportará el 82% del aumento de la demanda de uranio para 2035 en comparación a 2018.

Figura 5 Proyección de demanda de uranio, 2018-2035 (miles de tU)



Fuente: CRU

Tabla 3 Proyección de demanda de uranio 2018-2035 (tU)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
EEUU	19.261	19.169	18.742	18.954	18.897	20.112	18.237	18.365	18.177	18.203
Francia	8.194	8.526	8.570	8.802	8.816	8.718	8.729	8.640	8.663	8.572
China	9.064	8.581	10.520	11.890	13.175	14.803	15.228	16.026	20.002	20.133
Rusia	5.182	4.737	4.773	4.809	4.846	5.351	5.476	5.030	5.131	5.118
Corea del Sur	3.655	3.669	3.681	3.689	4.255	3.791	4.046	4.748	4.360	4.194
Resto del mundo	18.532	19.958	20.536	20.718	21.460	20.890	20.556	19.720	21.506	21.558
Total mundial	63.888	64.640	66.821	68.862	71.447	73.664	72.272	72.530	77.839	77.778
<i>% cambio anual</i>		1%	3%	3%	4%	3%	-2%	0%	7%	0%
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035	
EEUU	18.015	21.244	17.442	17.674	17.253	17.274	17.679	19.775	0,2%	
Francia	8.606	8.640	8.540	8.042	7.461	7.489	6.912	6.342	-1,5%	
China	20.822	22.063	22.851	24.326	25.935	24.192	25.428	26.794	6,6%	
Rusia	4.831	5.006	5.859	5.718	5.999	5.559	6.187	7.281	2,0%	
Corea del Sur	3.991	3.974	4.117	4.103	4.082	5.808	4.267	3.370	-0,5%	
Resto del mundo	23.747	23.425	25.000	25.539	27.671	27.065	30.025	29.329	2,7%	
Total mundial	80.012	84.352	83.809	85.402	88.401	87.387	90.497	92.891	2,2%	
<i>% cambio anual</i>	3%	5%	-1%	2%	4%	-1%	4%	3%		

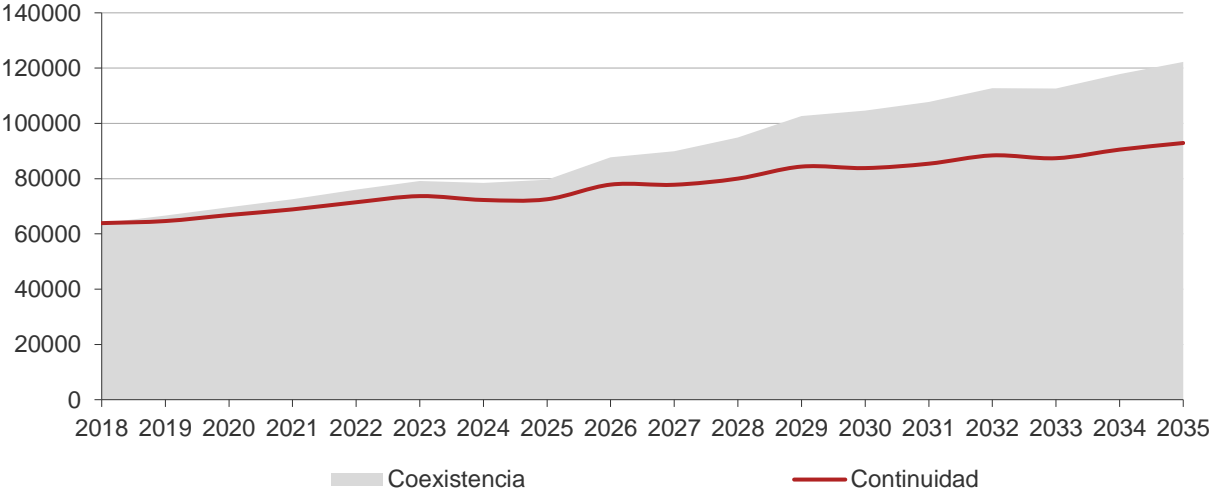
Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

Al comparar el escenario de Coexistencia con el de Continuidad, vemos que la demanda de uranio aumenta a un ritmo significativamente mayor en el escenario de Coexistencia durante todo el periodo. Creciendo a un TCAC de 3,9% entre 2018 y 2035, la demanda de uranio en el escenario Coexistencia alcanzará una diferencia positiva con el escenario de Continuidad de 29.335 toneladas en 2035. Lo anterior, se explica por el importante impulso que tendrán las tecnologías de generación limpia como la nuclear bajo el escenario de Coexistencia a diferencia del de Continuidad.

Cabe resaltar que, en ambos escenarios, la totalidad de la demanda futura de uranio provendrá del segmento de generación eléctrica.

Figura 6 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (toneladas)



Fuente: CRU

Tabla 4 Demanda en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (toneladas)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	63.888	64.640	66.821	68.862	71.447	73.664	72.272	72.530	77.839	77.778
Coexistencia	63.888	66.673	69.639	72.511	76.013	79.186	78.496	79.594	87.653	89.875
Diferencia*	0	2.034	2.818	3.648	4.566	5.521	6.223	7.063	9.814	12.098

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	80.012	84.352	83.809	85.402	88.401	87.387	90.497	92.891	2,2%
Coexistencia	94.876	102.638	104.645	107.758	112.717	112.599	117.834	122.226	3,9%
Diferencia*	14.864	18.286	20.836	22.356	24.316	25.211	27.337	29.335	

* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

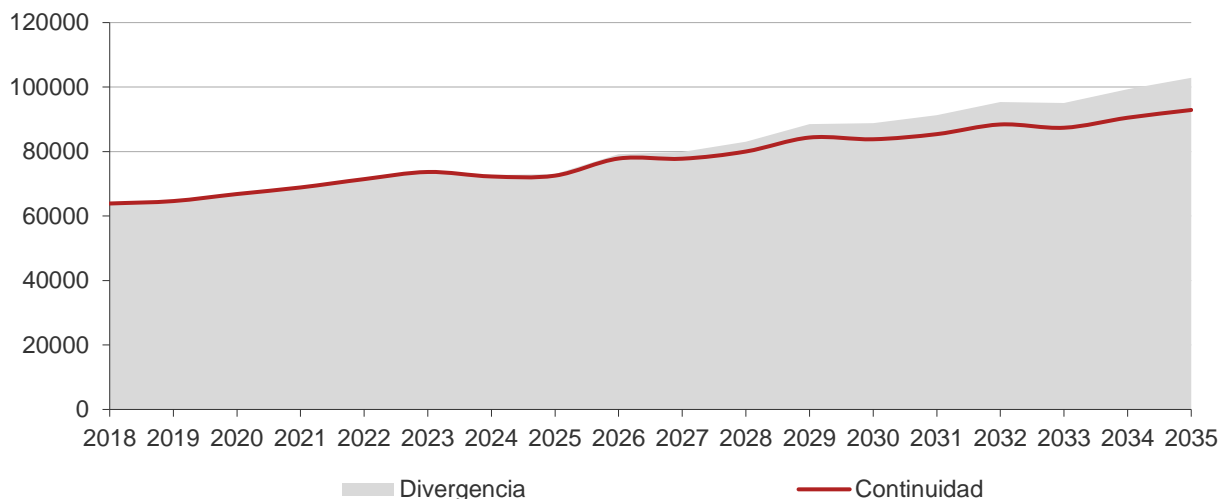
Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

Al comparar el escenario de Divergencia con el de Continuidad, vemos que la demanda de uranio en el escenario Divergencia supera a la del escenario Continuidad durante prácticamente la totalidad del periodo 2018-2035. A partir de 2026, se observa un diferencial mayor entre ambos escenarios, aumentando a una mayor velocidad la demanda en el escenario Divergencia, hasta alcanzar una diferencia de 9.980 toneladas entre ambos en 2035. Esto se explica en gran medida por un mayor crecimiento del PIB mundial en el escenario de Divergencia comparado con el de Continuidad durante todo el periodo.

Cabe resaltar que, en ambos escenarios, la totalidad de la demanda futura de uranio provendrá del segmento de generación eléctrica.

Figura 7 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (toneladas)



Fuente: CRU

Tabla 5 Demanda en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (toneladas)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	63.888	64.640	66.821	68.862	71.447	73.664	72.272	72.530	77.839	77.778
Divergencia	63.888	64.781	67.016	69.114	71.760	74.041	72.695	73.008	79.161	79.916
Diferencia*	0	142	195	251	313	377	423	477	1.322	2.139

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	80.012	84.352	83.809	85.402	88.401	87.387	90.497	92.891	2,2%
Divergencia	83.062	88.472	88.811	91.301	95.344	95.085	99.340	102.871	2,8%
Diferencia*	3.050	4.120	5.002	5.899	6.943	7.698	8.843	9.980	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

1.2 Oferta del uranio

1.2.1 Recursos y reservas de uranio: evolución, tasa de descubrimiento, presupuesto de exploración

Un informe conjunto elaborado por la OCDE y el OIEA, conocido comúnmente en la industria como el "Red Book" (Libro Rojo), reúne información oficial de los países declarantes y es la fuente más reconocida y fiable de datos sobre la industria del uranio.

El Red Book se publica cada dos años, por lo que los datos disponibles son sólo para cada dos años. Actualmente, la última publicación disponible es de 2016 y proporciona datos de recursos hasta 2014.

Los mayores aumentos de los recursos de uranio se registraron en China y Mongolia, que aumentaron considerablemente con una TCAC del 8,0% y el 19,2%, respectivamente, durante el período 2008-2014. En el caso de China, el gobierno se propone lograr la seguridad del suministro para satisfacer parte de la creciente demanda de la industria eléctrica local. En Mongolia, el desarrollo de los depósitos existentes ha contribuido a este aumento de los recursos.

Tabla 6 Cambio en los recursos identificados de uranio <130 USD/kg

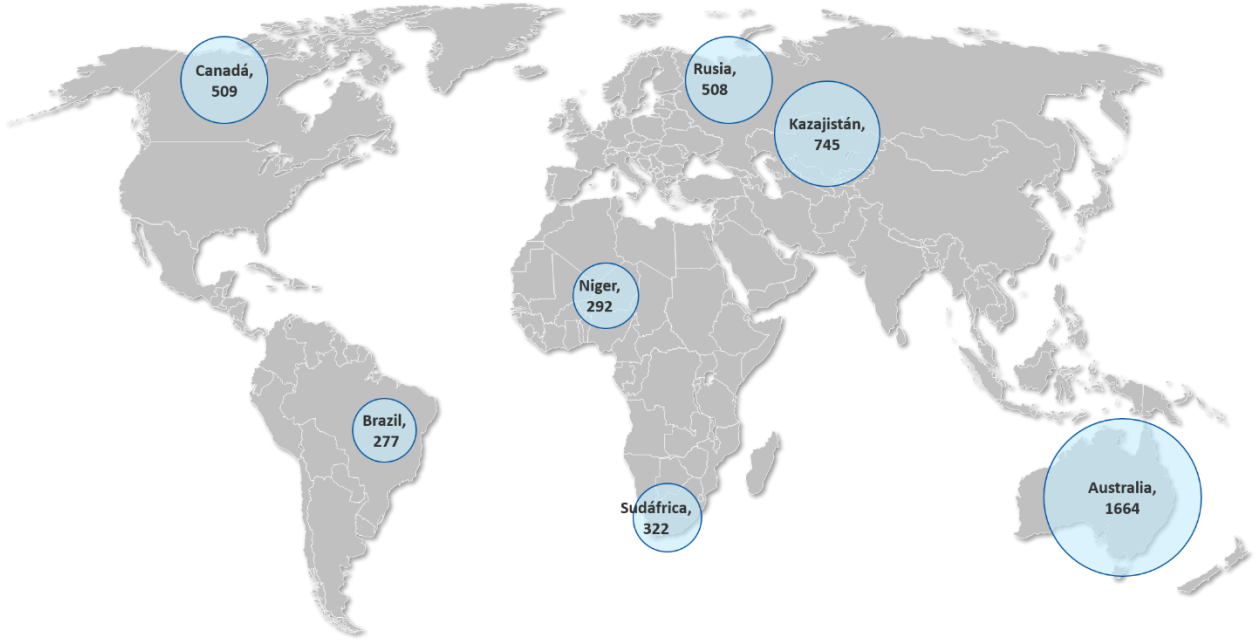
	2008	2010	2012	2014	TCAC 2008-14
Recursos Razonablemente Asegurados + Recursos Inferidos					
Australia	1.673.000	1.661.600	1.706.100	1.664.100	-0,1%
Kazajistán	651.800	629.100	679.300	745.300	2,3%
Canadá	485.300	468.700	493.900	509.000	0,8%
Rusia	480.300	487.200	505.900	507.800	0,9%
Sudáfrica	295.600	279.100	338.100	322.400	1,5%
Níger	272.900	421.000	404.900	291.500	1,1%
Brasil	278.700	276.100	276.100	276.800	-0,1%
China	171.400	166.100	199.100	272.500	8,0%
Namibia	284.200	261.000	382.800	267.000	-1,0%
Mongolia	49.300	55.700	141.500	141.500	19,2%
Uzbekistán	114.600	96.200	91.300	131.000	2,3%
Ucrania	105.000	119.600	117.700	115.800	1,6%
Resto del mundo	541.900	405.800	566.200	473.700	-2,2%
Total mundial	5.404.000	5.327.200	5.902.900	5.718.400	0,9%
<i>% cambio anual</i>		-1%	11%	-3%	

Fuente: Red Book

Algunos países pueden tener una TCAC negativa debido a la cancelación de recursos o simplemente debido a la extracción del uranio. Por ejemplo, Canadá ha aumentado sus recursos en 14.000 tU durante el período 2008-2014, pero también ha estado explotando activamente uranio a un ritmo de 8.000 a 9.000 tU al año. Por lo tanto, el descubrimiento real de recursos fue

mucho mayor, pero debido a la actividad minera, los recursos canadienses sólo han aumentado en 14.000 tU.

Figura 8 Recursos Razonablemente Asegurados y Recursos Inferidos <USD 130/kgU – '000 tU contenido



Fuente: Red Book

El gasto total en minas de uranio ha disminuido tras el incidente de Fukushima. La única excepción fue en 2014, debido a los gastos en el desarrollo de la mina Husab en Namibia. La mina es desarrollada por un operador de reactores nucleares estatal chino y forma parte del suministro estratégico del país para las operaciones de los reactores. El otro gran aumento se produjo en la exploración nacional china y en el desarrollo de las minas, donde el gasto aumentó a una TCAC del 2,9% en el período 2008-2014 debido a consideraciones de seguridad de suministro.

Tabla 7 Gastos de exploración y desarrollo de uranio de la industria y del gobierno por país, 2008-2014 ('000 US\$)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 TCAC	2008-14
Australia	211.612	144.605	166.084	198.742	98.695	48.787	37.124	-21,7%
Kazajistán	78.155	59.740	57.584	70.955	94.303	76.420	34.674	-0,4%
Canadá	514.751	457.936	750.484	948.223	847.721	845.124	525.677	8,6%
Rusia	221.528	233.998	117.647	99.786	64.731	46.746	39.917	-22,8%
Sudáfrica	3.922	14.552	18.761	35.072	32.788	1.890	1.655	-11,5%
Níger	207.173	306.828	20.424	5.032	117.290	N/A	N/A	
Brasil	-	-	223	126	1.198	1.608	-	
China	43.240	55.000	89.000	118.000	131.000	189.000	197.000	27,9%
Namibia	14.000	44.911	32.984	84.627	76.533	19.079	1.041.434	5,3%
Mongolia	26.649	11.332	18.284	30.051	26.040	15.856	15.436	-8,3%
Uzbekistán	21.230	25.652	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Ucrania	7.548	3.362	3.207	1.992	2.633	1.324	1.338	-25,2%
Resto del mundo	290.785	235.576	306.041	359.548	423.767	282.226	219.541	-0,5%
Total mundial	1.640.593	1.593.492	1.580.723	1.952.154	1.916.699	1.528.060	2.113.796	-1,2%
<i>% cambio anual</i>		-3%	-1%	23%	-2%	-20%	38%	

Fuente: Red Book

1.1.1. Métodos de extracción y procesamiento del uranio

Extracción y procesamiento

La minería del uranio puede clasificarse en dos métodos: la minería convencional, que incluye métodos como la minería a cielo abierto y subterránea, y un método de recuperación in situ. El producto a obtener de estas operaciones es la "torta amarilla" (U_3O_8). Otras etapas de procesamiento se realizan en algunas localidades de todo el mundo. Ninguna empresa minera procesa el producto hasta la forma final de "combustible nuclear". Por lo tanto, proporcionamos una descripción del proceso inicial desde el mineral hasta la forma de producto "torta amarilla".

A continuación, se presenta un método de procesamiento típico para las minas convencionales:

Figura 9 Diagrama de flujo típico del procesamiento del uranio

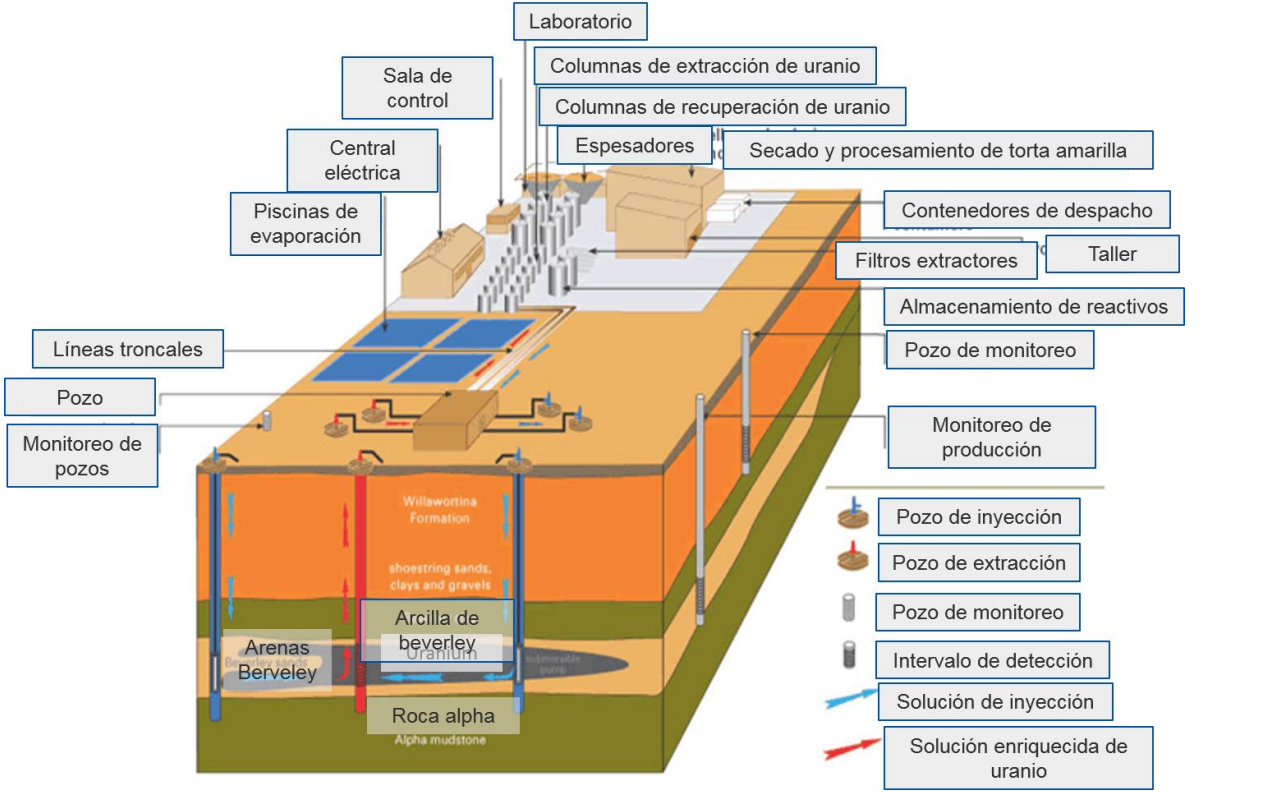


Fuente: CRU

El mineral de uranio extraído pasa por diferentes etapas de procesamiento antes de convertirse en producto de uranio - "torta amarilla" (U_3O_8). El mineral extraído se muele para reducir el tamaño de las partículas. El material se lixivia con ácido sulfúrico y oxidante, creando una solución lixiviable. El uranio de la solución se recupera mediante procesos de intercambio iónico (IX) o extracción por solvente (SX), en los que la solución lixiviada entra en contacto con el intercambio para capturar iones de uranio. La solución es tratada posteriormente mediante desbroce o elución (dependiendo de si se está utilizando el proceso SX o IX). La solución entonces se precipita por la adición de amoníaco, peróxido de hidrógeno, soda cáustica o magnesia cáustica y se eliminan las impurezas. El uranio se separa de la solución. El diurinato resultante se deshidrata y seca para producir U_3O_8 , una forma de uranio que puede comercializarse y exportarse.

También existe un método diferente de explotación minera que está muy difundido en la industria del uranio. Se conoce como lixiviación in situ (ISL). La lixiviación in situ, también conocida como extracción de soluciones o recuperación in situ (ISR), es una tecnología bien establecida diseñada para extraer uranio de depósitos de arenisca bajo tierra, y actualmente representa más de una cuarta parte de toda la producción mina de uranio.

Figura 10 Esquema de una mina de ISL en la mina de Beverley en el sur de Australia



Fuente: CRU

La minería ISL se define como la lixiviación de uranio de un lecho de arenisca huésped mediante soluciones químicas y la recuperación de uranio en la superficie. La extracción de ISL se lleva a cabo inyectando una solución de lixiviación adecuada en la zona de mineral por debajo del nivel freático. La solución de lixiviación se fortifica con un agente complejo y en la mayoría de los casos con un oxidante. El uranio se lixivia y la solución enriquecida se recupera a través de pozos de producción o extracción. La solución que contiene uranio se bombea a una planta central para su procesamiento.

El principal beneficio de la tecnología ISL es que implica la extracción de uranio del yacimiento con la mínima perturbación. A diferencia de la minería subterránea y a cielo abierto, no existen vertederos de roca ni instalaciones de almacenamiento de relaves, ni tampoco desagüe de acuíferos. ISL genera volúmenes mucho menores de efluentes mineros e hidrometalúrgicos que podrían contaminar la superficie, el aire y las fuentes de abastecimiento de agua. Por lo tanto, el impacto potencial de ISL en el medio ambiente es mucho menor que en otros métodos mineros,

siempre y cuando los proyectos se planifiquen y operen adecuadamente y se cierren utilizando las mejores prácticas.

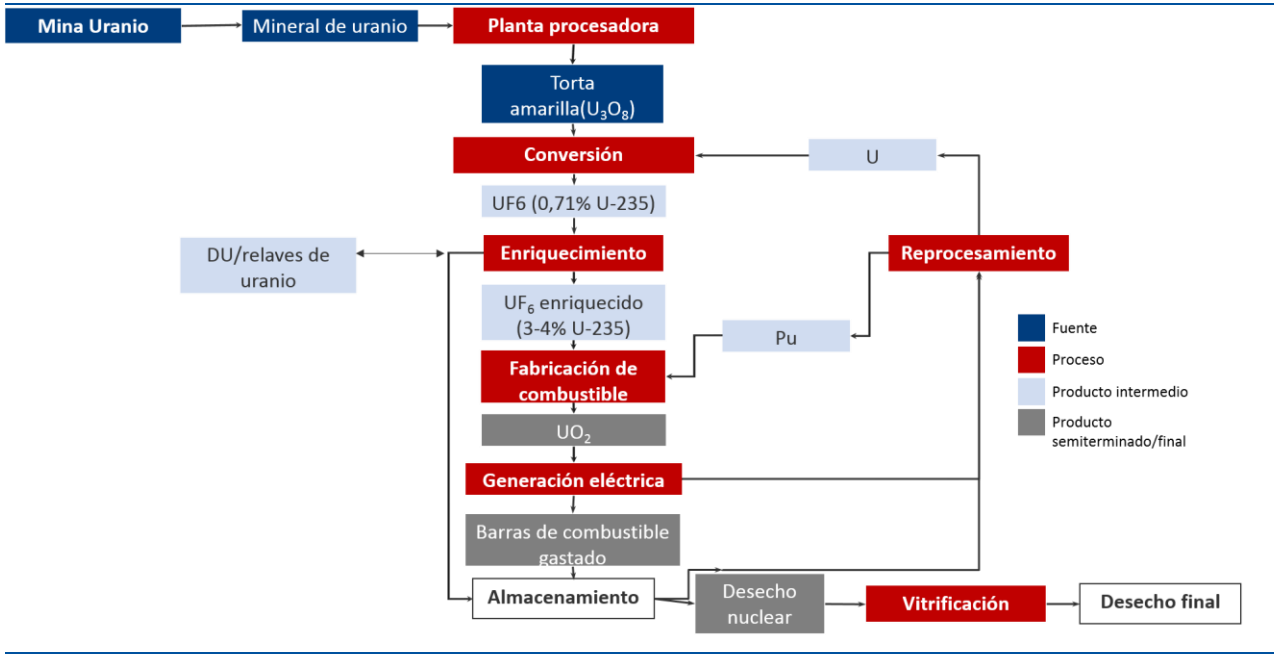
1.1.2. Cadena de valor del uranio

La cadena de valor del uranio comprende varios pasos para concentrar el uranio a un nivel que permita su uso para la generación de energía.

En la etapa inicial, el mineral de uranio se obtiene de la mina y se procesa en torta amarilla (U_3O_8) en la mina. Luego, este producto se convierte en una forma gaseosa de UF_6 antes del proceso de enriquecimiento de uranio. El proceso de enriquecimiento consiste en separar el isótopo U-235 más ligero del más pesado U-238 y luego concentrar la proporción del isótopo U-235 fisionable de su nivel natural de 0,71% a entre 3,5% y 4,0% de uranio, que está catalogado como uranio de bajo enriquecimiento (UPE o LEU), el nivel necesario para su uso como combustible de reactor. La mayoría de las instalaciones de enriquecimiento de uranio utilizan la fuerza centrífuga para lograr esta separación. El polvo de LEU resultante se fabrica en pequeñas pastillas de combustible (UO_2) para operaciones en reactores nucleares.

El proceso inicial de enriquecimiento de uranio natural de 0,71% U-235 a 3%-4% U-235 para fabricar combustible nuclear también da lugar en un gran volumen de relaves de uranio empobrecido (DU)/uranio. Este producto se puede re-enriquecer para producir uranio natural que vuelve al proceso de enriquecimiento. Estos relaves tienen concentraciones variables de U-235, pero la mayoría están en el rango de 0,25-0,35%. La Asociación Nuclear Mundial estima que las reservas mundiales totales de uranio empobrecido superan actualmente 1,5 Mt y se añaden aproximadamente 50.000 t cada año. Esta es una gran fuente potencial de uranio. Sin embargo, el enriquecimiento del material de los relaves exige mayor capacidad de enriquecimiento que el uranio natural, por lo que el uso de los relaves depende de la economía de enriquecimiento predominante.

Figura 11 Ciclo del combustible nuclear



Pu significa plutonio, DU significa Depleted Uranium (Uranio Gastado).

Fuente: CRU

Uno de los inconvenientes de la generación de energía nuclear son los residuos resultantes, es decir, el combustible gastado, que debe almacenarse indefinidamente. Existe una forma de reducir estos residuos mediante el reciclaje del combustible gastado, que se vuelve a transformar en combustible. Varios países, como China y Japón, han adoptado este enfoque como su política oficial, conocida como "ciclo cerrado de combustible". En la actualidad, el proceso no está muy extendido, pero es una solución tecnológicamente posible para el problema del almacenamiento de residuos.

1.1.3. Costos de capital del uranio

Utilizamos el costo de capital de reemplazo (CCR) como una aproximación para estimar los costos de capital de una mina de uranio. El CCR se construye a partir de nuestras estimaciones de piezas individuales de equipo y estructuras necesarias para construir una mina. Estas variables individuales dependerán de un tipo de mina. La mina ISL es característica de las minas de uranio y ninguna otra materia prima la utiliza en una base comercial a gran escala. Sin embargo, el trabajo de estas minas está bien documentado en estudios de factibilidad y apoyado a través de nuestras visitas a terreno. Lo mismo aplica para el tipo convencional de minas - subterráneas y a cielo abierto.

La principal diferencia entre las minas convencionales e ISL es que ISL tiene una mínima perturbación en el paisaje del sitio a través de la construcción de la red de pozos, mientras que las minas convencionales requieren la construcción de pozos de mina o la creación de minas a cielo abierto. Esto resulta en un menor costo de capital en la mina de ISL.

Tabla 8 Costo de capital de reemplazo en minas seleccionadas

RCC (US\$ \$ millones)	Compañía	Mina	Tipo	Capacidad de Producción (tU)	US\$/kgpa U
128	Uranium One	Akdala	ISL	1.113	115
469	AREVA	KATCO	ISL	4.108	114
431	Cameco	Inkai	ISL	4.001	108
54	Uranium One	Willow Creek	ISL	382	141
131	Heathgate Resources	Beverley	ISL	583	224
630	Paladin Energy	Langer Heinrich	OP	1.993	316
224	Berkley Energia	Salamanca	OP	988	227
2.608	CNGPC	Husab	OP	5.500	474
2.058	AREVA	Imouraren	OP	4.240	485
388	Energy Resources Australia	Ranger	OP	5.114	76
3.101	BHP Billiton	Olympic Dam (UG)	UG	4.177	742
1.175	Cameco	McArthur River	UG	7.747	152
474	Khan Resources	Dornod	UG	1.174	404
519	Western Prospector Resources	Gurvanbulag	UG	711	730
4.927	BHP Billiton	Olympic Dam expansion	UG	2.824	1,745
367	COMINAK	COMINAK	UG	1.607	229
550	Rio Tinto	Roughrider	UG	1.611	341
1.043	AREVA	Trekkopje	OP	424	2,459

Fuente: CRU

1.1.4. Comercialización del uranio

Principales sectores importadores y usos de las importaciones de uranio

Dada la naturaleza global del mercado del uranio, 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 uranio y usos finales” de este reporte. Para el caso del uranio, éstos corresponden a la generación eléctrica en centrales nucleares comerciales.

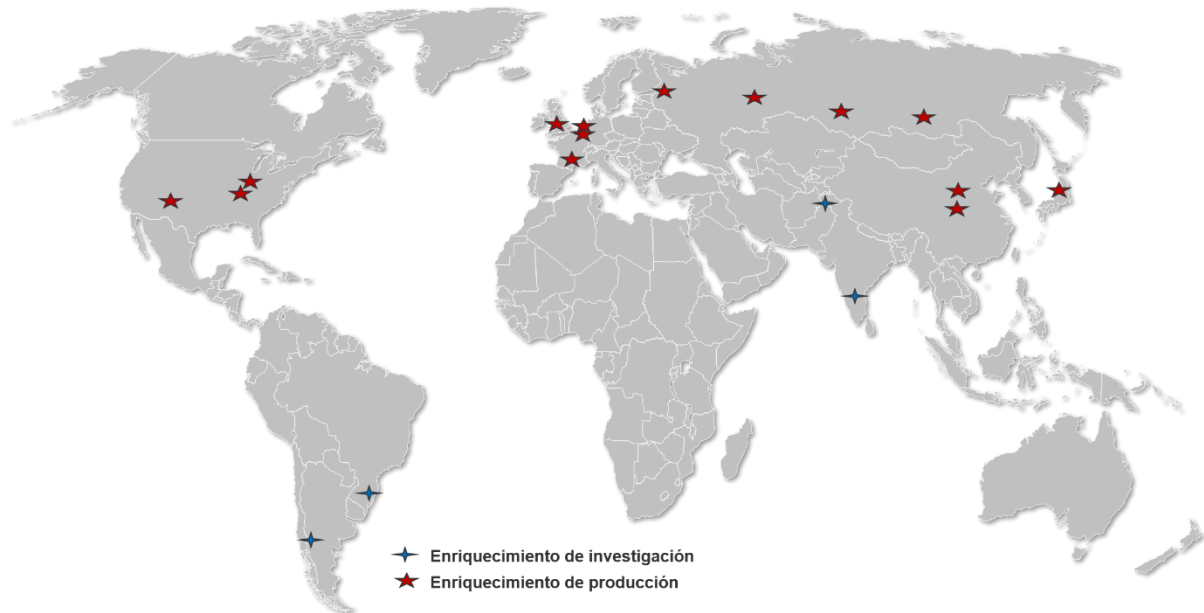
Importaciones y exportaciones por país

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 uranio 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.

Debido al alto valor del uranio, incluso en su forma menos procesada, se considera que el costo del transporte entre diferentes países es insignificante y los acuerdos de intercambio son un lugar común. Por lo tanto, el uranio, en sus diversas formas, puede comercializarse a nivel mundial, aunque las consideraciones políticas pueden tener cierta influencia en los flujos comerciales.

Las distintas etapas de procesamiento del ciclo del combustible nuclear tienen lugar en instalaciones de un puñado de países. El mineral de uranio se encuentra de forma natural en yacimientos de todo el mundo. La mayoría de los países que no tienen una capacidad nuclear sustancial poseen grandes recursos y reservas de uranio. Las instalaciones de procesamiento suelen estar ubicadas en las economías más avanzadas. Los principales lugares donde se encuentran las instalaciones de conversión y enriquecimiento son los Estados Unidos, Canadá, Rusia, Francia y el Reino Unido. Recientemente, China también se está convirtiendo en un actor importante debido a la expansión de la energía nuclear en el país. También existen instalaciones más pequeñas ubicadas en Japón y Brasil. El siguiente gráfico ofrece una visión general de las principales instalaciones de enriquecimiento de uranio.

Figura 12 Principales instalaciones de enriquecimiento en todo el mundo



Fuente: CRU

Dado que la gran mayoría del uranio se utiliza en forma enriquecida, el uranio tiene que ser exportado a una de estas grandes instalaciones de enriquecimiento en todo el mundo. La gran mayoría de la capacidad de enriquecimiento para operaciones comerciales se encuentra en los Estados Unidos, la Unión Europea, Rusia y, más recientemente, en China. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, el uranio pasará por este proceso en uno de estos lugares, independientemente de su destino final.

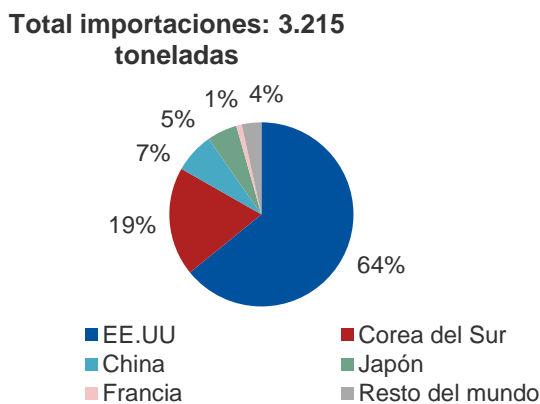
Las empresas de servicios públicos de todo el mundo también almacenan uranio no lejos de las instalaciones de enriquecimiento, a fin de procesarlo según lo necesiten y transportarlo a la ubicación del reactor nuclear. Por lo tanto, el consumo real de uranio importado se realiza mejor en forma de uranio de bajo enriquecimiento (LEU). Además, la existencia de importantes inventarios también ha dado lugar al desarrollo de préstamos en el mercado del combustible nuclear en diferentes etapas del ciclo, lo que añade complejidad al seguimiento de los flujos comerciales de datos reales.

La industria está altamente regulada a nivel internacional y nacional a través de organismos nacionales e internacionales como la Agencia de Abastecimiento de Euratom (ESA), el

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la UE y los distintos países. El uranio puede ser una mercancía altamente politizada debido al legado de la Guerra Fría. Por lo tanto, los países pueden ser reticentes a compartir estadísticas sobre el comercio de uranio.

Todas estas cuestiones crean nuevos obstáculos a la producción de datos comerciales significativos. Además, el producto de exportación se vende generalmente en peso húmedo, donde no es muy preciso cuantificar el contenido real de uranio. En consecuencia, cualquier dato comercial debe tomarse con cautela. No obstante, proporcionamos datos comerciales tal como se indica en las estadísticas oficiales que figuran a continuación.

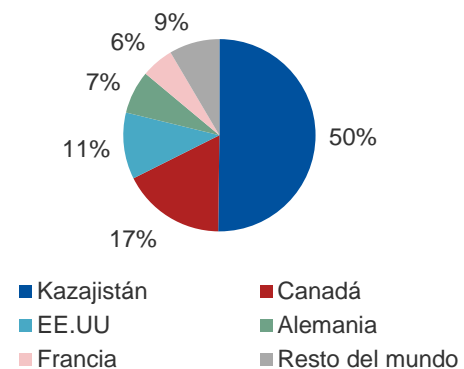
Figura 13 Importación de uranio de bajo enriquecimiento, 2017



Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU.

Figura 14 Exportaciones de torta amarilla, 2017

Total exportaciones: 48.413 tU3O8



Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU.

Importaciones de uranio

El uranio de bajo enriquecimiento (LEU) es el producto elaborado en las instalaciones de enriquecimiento en todo el mundo. Dado que las mismas instalaciones pueden producir armas con uranio, están reguladas por el OIEA en virtud del Tratado de No Proliferación. Existen algunas instalaciones importantes utilizadas con fines comerciales. Como se muestra en la Figura 10, la mayor parte de la capacidad de enriquecimiento del mundo se encuentra en Rusia, Francia, el Reino Unido, los Países Bajos, China y los Estados Unidos, con capacidades a una escala mucho menor en otros países.

Estados Unidos tienen que importar una cantidad sustancial de uranio enriquecido desde otros países, principalmente de la UE y Rusia. El último anuncio de Areva sobre la nueva capacidad de enriquecimiento en EEUU se hizo antes de 2011, y el proyecto fue cancelado tras el desastre de Fukushima y el exceso de capacidad de las instalaciones de enriquecimiento en todo el mundo.

Otros grandes usuarios de energía nuclear, Corea del Sur y Japón, también dependen de las importaciones de diferentes tipos de LEU. Las importaciones de LEU de Japón se vieron afectadas por el desastre de Fukushima en 2011, pero las importaciones de materiales no disminuyeron inmediatamente debido a los contratos de suministro.

China es otro gran consumidor de LEU. El país tiene una política de autosuficiencia en materia de capacidad de enriquecimiento. Las actuales importaciones de LEU a China se deben a dos razones: la primera es la existencia de entidades extranjeras que construyeron centrales nucleares y que también estaban obligadas a prestar servicios de combustible nuclear; y la segunda son los acuerdos gubernamentales como el de Kazajstán, donde el LEU se exporta a Kazajstán para llegar al procesamiento final de la fabricación de combustible y se devuelve a China, aumentando así el comercio de LEU entre los países.

Tabla 9 Importaciones de LEU en 2008-2017, toneladas

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
EEUU	3.150	2.733	3.204	2.978	2.762	2.590	1.913	1.508	2.012	2.062	-4,6%
Corea del Sur	461	587	432	519	183	507	394	546	345	614	3,2%
China	36	25	592	782	257	379	41	295	324	227	22,6%
Japón	840	766	800	951	549	249	90	92	23	170	-16,3%
Francia	43	46	39	29	18	23	23	15	41	31	-3,5%
Resto del mundo	232	713	672	652	489	648	497	365	2.445	110	-7,9%
Total, mundial	4.763	4.871	5.739	5.910	4.259	4.395	2.958	2.821	5.190	3.215	-4,3%
<i>% cambio anual</i>		2,3%	17,8%	3,0%	-27,9%	3,2%	-32,7%	-4,6%	83,9%	-38,0%	

Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU.

Exportaciones de uranio

Kazajstán es el mayor productor de uranio del mundo. El país representa alrededor del 50% de las exportaciones mundiales de uranio. Alrededor de la mitad de este material se exporta a China. El país se basa en la implementación exitosa de la tecnología ISL para la extracción de uranio.

Canadá es el segundo mayor productor de uranio del mundo y, con razón, ocupa el segundo lugar en las exportaciones de uranio, con un 17% del total mundial en 2017. La región de Athabasca en Canadá tiene las minas de uranio de mayor ley en el mundo, lo que les ayuda a producir uranio a costos muy competitivos.

En particular, Alemania y Francia se encuentran entre los cinco principales exportadores de uranio ("torta amarilla"), a pesar de que no se ha informado de producción de uranio en estos países. Del mismo modo, EEUU no tiene suficientes volúmenes de producción para igualar los volúmenes

de exportación comunicados en la Tabla 8. Los principales productores de uranio, como Namibia y Níger, no reportan grandes volúmenes de exportaciones, a pesar de ser el cuarto y quinto mayores productores respectivamente.

Alemania se utiliza principalmente como puerto intermedio para el transporte desde la CEI. En particular, el uranio kazajo se transporta a instalaciones de procesamiento en Francia. Mientras tanto, las exportaciones francesas muy probablemente representan el material que viaja desde África, en particular de Níger, a otras instalaciones de transformación de la UE o Rusia.

Tabla 10 Exportación de uranio en 2008-2017, tU3O8 húmedo

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Kazajistán	12.432	19.495	22.511	19.041	21.943	23.089	22.982	21.454	24.533	26.137	8,6%
Canadá	13.500	13.996	15.079	19.183	15.055	18.959	11.074	12.907	13.181	8.413	-5,1%
EEUU	3.349	2.624	4.636	11.423	6.099	4.072	4.110	7.729	5.643	5.412	5,5%
Alemania	5	708	27	42	302	28	110	9	516	3.714	106,6%
Francia	6.215	3.853	6.208	9.080	6.120	4.248	1.667	1.951	2.776	2.971	-7,9%
Resto del mundo	4.905	4.514	2.008	762	1.658	868	2.307	2.813	364	1.694	-11,1%
Total mundial	40.406	45.190	50.469	59.531	51.177	51.263	42.251	46.863	47.013	48.341	2,0%
% cambio anual		11,8%	11,7%	18,0%	-14,0%	0,2%	-17,6%	10,9%	0,3%	2,8%	

Fuente: IHS Markit GTA, UN Comtrade, CRU.

1.1.5. Producción histórica de uranio

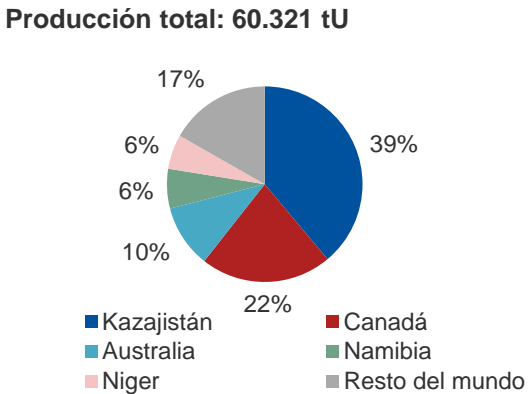
La oferta de uranio puede clasificarse principalmente en dos fuentes diferentes:

- Oferta primaria: producción de uranio procedente directamente de la actividad minera.
- Oferta secundaria: todas las demás fuentes o uranio que puedan desplazar al uranio extraído. Esto incluye dos fuentes principales:
 - Uranio altamente enriquecido procedente de ojivas de la Guerra Fría, que puede mezclarse con uranio de bajo enriquecimiento para su uso en centrales nucleares.
 - Combustible gastado de reactores nucleares, que puede ser reciclado para obtener un nuevo combustible y reemplazar el uranio extraído.

Oferta primaria

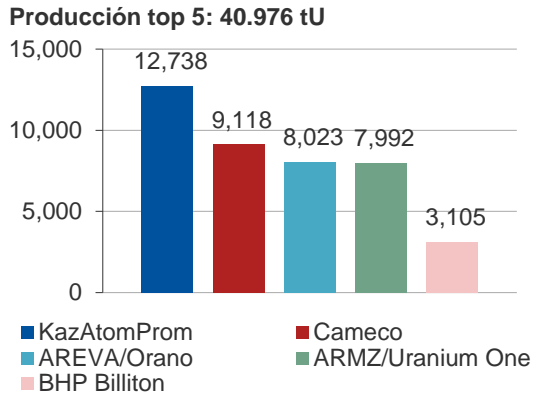
La industria del uranio está muy consolidada. Más del 60% de la oferta en 2017 proviene de sólo tres países: Kazajistán, Canadá y Australia. Durante la última década, Kazajistán ha desarrollado e implementado con éxito el método de producción minera ISL, mientras que Canadá se mantuvo competitivo gracias a las altas leyes de sus minas. Australia cuenta con las mayores reservas y recursos de uranio del mundo.

Figura 16 Producción de uranio por país en 2017



Fuente: CRU

Figura 15 Producción de uranio por empresas en 2017



Fuente: CRU

Las tres principales empresas representaban el 50% de la oferta mundial, mientras que sólo cinco empresas representaban el 68% de la oferta mundial en 2017. También existe un fuerte apoyo del Estado a la industria, en la que tres de las cinco empresas más importantes tienen una parte sustancial de accionistas estatales.

La producción de uranio ha ido creciendo al 3.6% (TCAC) en el periodo 2008-2017. Sin embargo, los resultados a nivel de países han sido desiguales. La producción de Kazajistán aumentó a una TCAC del 11,9% en 2008-2017, mientras que la producción australiana disminuyó a una TCAC del -3,2% durante el mismo período.

El desastre de Fukushima en 2011 ejerció una presión a la baja sobre la producción de uranio, ya que Japón cerró todos los reactores nucleares y la demanda local, lo que convirtió a Japón en el tercer país consumidor de uranio más grande hasta ese momento, con una caída desde ~7.000-8.000 tU hasta cero. Esto afectó a los precios al contado del uranio. Algunos de los aspectos negativos de esta baja disminuyeron debido a que las empresas mineras cerraron contratos de suministro a largo plazo con consumidores a precios fijos. Sin embargo, las minas de uranio

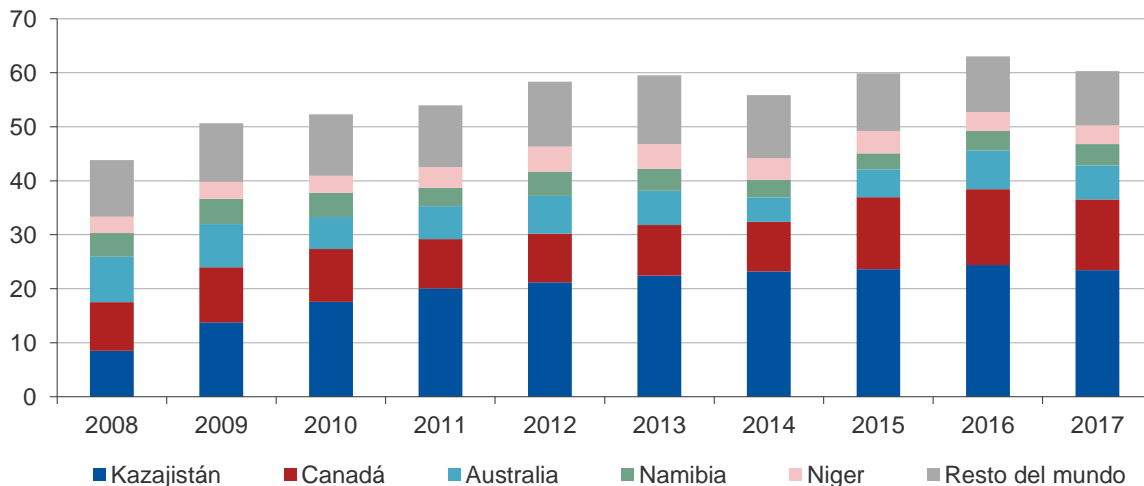
seguían sin actividad, y algunas estimaciones de recursos se cancelaron durante el período 2011-2017 debido a la baja de los precios al contado del uranio.

Por el contrario, la producción en Kazajstán ha ido en aumento debido a la exitosa implementación del método de producción de ISL, que permitió la extracción económica de uranio desde minas de baja ley. Las exploraciones de la era soviética y las características geológicas adecuadas contribuyeron a un rápido aumento de la producción de uranio en el país: la producción casi se triplicó con respecto a los niveles de 2008.

Mientras que la producción de uranio de Kazajstán se basa en 17 minas, la producción canadiense y australiana se basa en un puñado de minas. La producción en Canadá se basó principalmente en las minas de McArthur River y Cigar Lake. McArthur produjo 6.100 tU en 2017, mientras que el inicio de la producción en la mina Cigar Lake en 2014 añadió alrededor de 6.900 tU en 2017. De manera similar, la producción australiana se basó en sólo tres minas: Ranger, Olympic Dam y Beverley. Ranger ha estado disminuyendo la producción debido al agotamiento de las reservas, mientras que Beverley detuvo la producción en 2017 por la misma razón. La producción de Olympic Dam está impulsada por la producción de cobre, y el uranio se extrae como subproducto.

El aumento de la producción en Namibia a partir de 2008 se debió a la puesta en marcha de la mina de Langer Heinrich y a la apertura de la mina Husab en 2016. El caso es diferente en Níger, donde la producción se basa en dos minas que han estado operando durante décadas. Estas minas sólo aumentaron ligeramente la producción de 3.000 tU en 2008 a 3.400 tU en 2017.

Figura 17 Oferta primaria histórica, 2008-2017 (tU)



Fuente: CRU

Tabla 11 Oferta primaria histórica en 2008-2017, tU

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Kazajistán	8.521	13.768	17.570	20.058	21.215	22.454	23.217	23.612	24.408	23.460	11,9%
Canadá	9.000	10.233	9.787	9.148	8.982	9.323	9.147	13.321	14.027	13.099	4,3%
Australia	8.430	8.008	5.924	6.090	7.025	6.349	4.518	5.164	7.165	6.263	-3,2%
Namibia	4.366	4.626	4.496	3.384	4.457	4.131	3.255	2.994	3.654	3.946	-1,1%
Níger	3.032	3.189	3.176	3.864	4.667	4.528	4.057	4.116	3.477	3.447	1,4%
Resto del mundo	10.504	10.801	11.383	11.443	12.036	12.745	11.661	10.709	10.307	10.105	-0,4%
Total, mundial	43.853	50.624	52.335	53.988	58.382	59.529	55.856	59.918	63.037	60.321	3,6%
% cambio anual		15%	3%	3%	8%	2%	-6%	7%	5%	-4%	

Fuente: CRU

Oferta secundaria histórica, 2008-2017

Definimos la oferta secundaria de uranio como cualquier fuente de material fisionable o fértil¹ que pueda desplazar al uranio en la producción de combustible nuclear y, como resultado, desplazar al uranio extraído. La oferta secundaria es impulsada en menor grado por la economía que el uranio extraído. En términos generales, dividimos la oferta secundaria en estas categorías:

¹ Material fisionable: un material que puede sostener una reacción nuclear en cadena de fisión = generación de energía nuclear.

Material fértil: un material que puede convertirse en material fisionable.

- Acopios del gobierno de EEUU
- Acopios del gobierno ruso
- Combustible reciclado
- Re-enriquecimiento de relaves

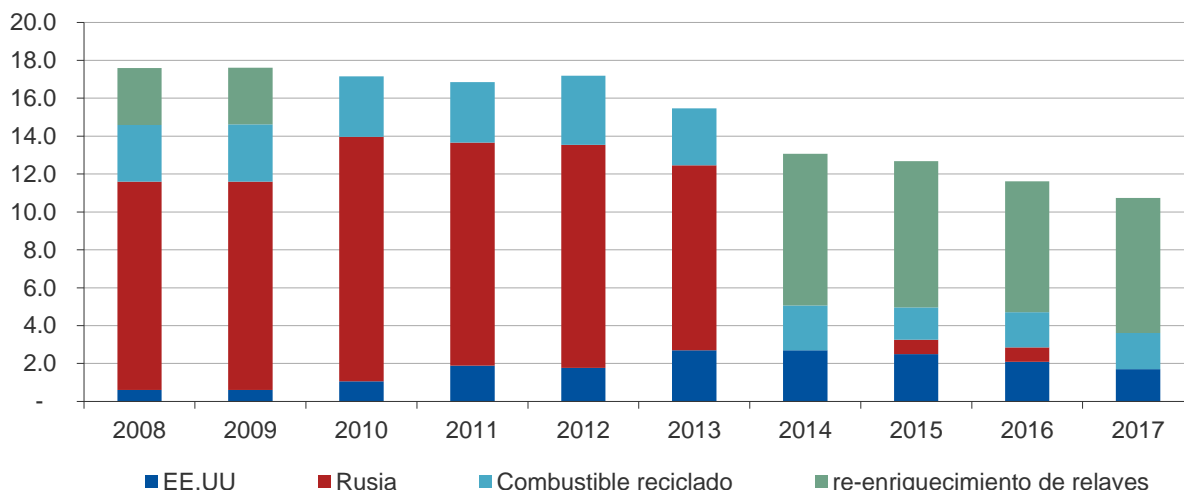
Durante la Guerra Fría, EEUU y Rusia desarrollaron grandes reservas gubernamentales de uranio, principalmente en forma de uranio altamente enriquecido (HEU). El final de este período planteó la pregunta sobre la gestión de este material. Como parte del acuerdo bilateral con EEUU, Rusia puso en marcha el programa "M2M", que considera la reducción de la mezcla de uranio altamente enriquecido (HEU) a uranio poco enriquecido (LEU). Desde mediados de la década de 1990, esto proporcionó un promedio de 11.000 tU por año hasta 2013, cuando el programa terminó.

El gobierno norteamericano cuenta con grandes reservas de uranio en diversas formas y calidades. Estos acopios se mantienen en varios lugares y el exceso de material se libera al mercado de los reactores nucleares comerciales de forma controlada con el objetivo de minimizar el impacto en el mercado. Por lo tanto, el suministro secundario de EEUU se ha gestionado históricamente a discreción del Departamento de Energía de EEUU

El combustible reciclado se deriva del reprocesamiento del combustible nuclear UO_2 gastado (4% U-235, 96% U-238). Teóricamente, el material reciclado podría proporcionar entre el 20 y el 30% de los requerimientos de un reactor. Sin embargo, el reciclaje de combustible utilizado es técnicamente exigente y no ha demostrado ser económico en el pasado. Japón estaba promoviendo activamente el uso de uranio reprocesado, y las empresas de servicios públicos financiaban el programa de reciclaje. Sin embargo, tras el incidente de Fukushima, Japón detuvo el funcionamiento de las centrales nucleares, lo que se tradujo en condiciones financieras difíciles para las empresas de servicios públicos y en un aumento del costo del combustible procesado en comparación con el combustible de nueva producción.

A partir de 2014, surgió un re-enriquecimiento global de relaves que proporcionó una oferta relativamente estable de 7.000-8.000 tU. Esto se debió principalmente al desastre de Fukushima y a la caída de la demanda de uranio enriquecido en todo el mundo. Si bien es costoso cerrar las capacidades de las plantas de enriquecimiento, estas plantas continuaron operando con relaves.

Figura 18 Oferta secundaria histórica (miles Ut)



Fuente: CRU

Tabla 12 Oferta secundaria histórica en 2008-2017, tU

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2010-17
Acopios de EEUU	600	600	1.064	1.894	1.777	2.705	2.705	2.500	2.100	1.700	6,9%
Acopios de Rusia	11.000	11.000	12.908	11.768	11.768	9.760	-	750	750	-	
Combustible reciclado	2.990	3.020	3.190	3.190	3.640	3.000	2.360	1.720	1.858	1.910	-7,1%
Re-enriquecimiento de relaves	3.000	3.000	-	-	-	-	8.000	7.713	6.901	7.126	
Oferta secundaria	17.590	17.620	17.162	16.852	17.185	15.465	13.065	12.683	11.609	10.736	-6,5%
% cambio anual		0%	-3%	-2%	2%	-10%	-16%	-3%	-8%	-8%	

Fuente: CRU

1.1.6. Proyección de producción de uranio

Escenario 1 – Continuidad

Nuestra evaluación de la producción futura de uranio refleja estimaciones mina por mina basadas en datos geológicos y de la empresa actuales, incluyendo las minas que también se encuentran en la etapa de desarrollo.

Estimamos que la oferta de uranio aumentará de 52.000 tU en 2018 a 82.900 tU en 2035 con una TCAC del 2,9%. Se espera que los cinco principales países productores pasen de 42.000 a

59.600 tU en el mismo período. Entre ellos, se espera que el mayor productor de uranio, Kazajstán, sólo disminuya ligeramente la producción a una TCAC del 0,3%.

Se estima que el suministro de Kazajstán alcanzará su punto máximo en 2023, con 27.321 tU, gracias a las nuevas minas y a la expansión de las ya existentes. El país utiliza el método de producción de ISL, que puede producir uranio en minas de baja ley sujetas a ciertas características geológicas.

En contraste, Canadá posee las minas de mayor ley en el mundo ubicadas en la región de Athabasca. Se espera que la oferta alcance su punto máximo en 2027 con 11.889 tU, provenientes principalmente de sólo dos minas: McArthur River y Cigar Lake. El cierre de la mina de Cigar Lake en 2029 se estima en la mitad de la producción a 5.900 tU, pero la adición de nuevas minas llevará los niveles de producción a 8.000 tU para 2035.

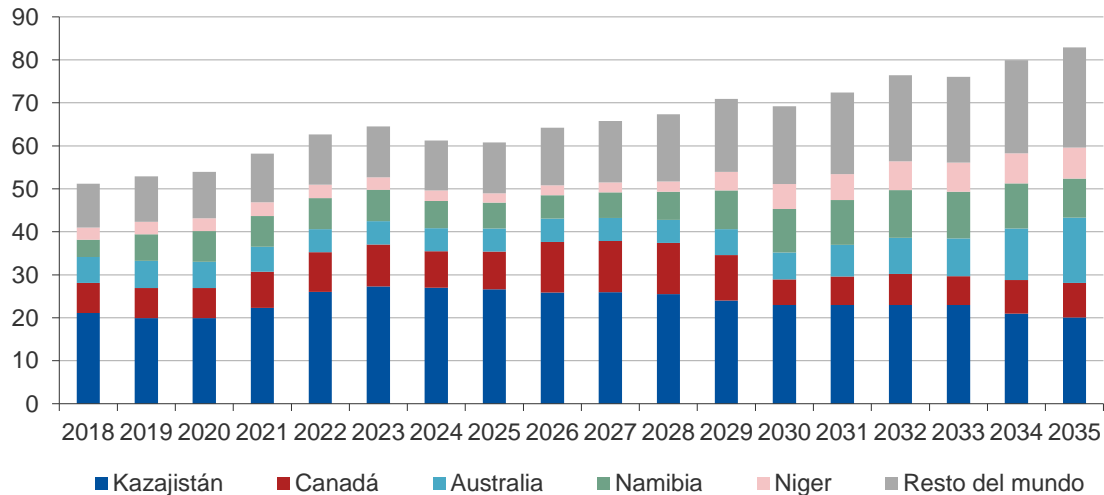
De forma similar, se estima que la oferta de uranio australiano aumente a partir de la expansión de una importante mina de cobre: Olympic Dam. Actualmente, se sabe que la mina posee las mayores reservas y recursos de uranio del mundo. El uranio es un subproducto de esta mina, por lo que la producción está impulsada principalmente por la economía de la producción de la mina de cobre. Estimamos que la producción australiana de uranio aumentará de 6.068 tU en 2018 a 15.231 tU en 2035.

A mediano plazo, estimamos que la producción de Namibia aumentará a medida que la mina Husab se acelere y que otras minas eleven la producción de 3.400 tU en 2017 a 5.922 tU en 2027. El país posee muchas minas potenciales que se espera que añadan un número sustancial de ofertas a partir de 2029. Se estima que la oferta alcanzará las 9.098 tU en 2035.

En Níger, esperamos el cierre de una importante mina, Cominak, hacia 2025. La producción procedente de este país disminuirá de ~3.400 tU en 2017 a ~2.500 tU en 2024, mientras que la adición de nuevas minas aumentará el suministro a 7.225 tU en 2035.

La industria cuenta con un número considerable de minas sin explotar. El aumento de la producción hasta 2027 será impulsado principalmente por la reanudación de estas minas, mientras que a partir de 2028 el aumento de la oferta será impulsado por las nuevas minas.

Figura 19 Proyección de producción de uranio en 2018-2035, tU



Fuente: CRU

Tabla 13 Proyección de oferta primaria en 2018-2035, tU

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Kazajistán	21.114	19.941	19.941	22.308	25.994	27.321	26.979	26.607	25.895	25.946
Canadá	6.954	6.954	6.954	8.429	9.248	9.746	8.484	8.785	11.762	11.889
Australia	6.068	6.325	6.153	5.814	5.390	5.390	5.390	5.390	5.390	5.390
Namibia	4.053	6.224	7.089	7.089	7.212	7.347	6.299	6.029	5.479	5.922
Níger	2.777	2.882	3.022	3.197	3.093	2.896	2.468	2.155	2.260	2.298
Resto del mundo	10.190	10.552	10.788	11.321	11.737	11.794	11.620	11.804	13.407	14.353
Total mundial	51.156	52.879	53.947	58.158	62.674	64.494	61.240	60.770	64.193	65.798
<i>% cambio anual</i>		3%	2%	8%	8%	3%	-5%	-1%	6%	2%

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Kazajistán	25.512	24.015	22.961	22.961	22.961	22.961	20.951	20.038	-0,3%
Canadá	11.872	10.600	5.936	6.644	7.208	6.737	7.788	8.032	0,9%
Australia	5.401	5.967	6.313	7.361	8.467	8.785	12.008	15.231	5,6%
Namibia	6.506	9.071	10.117	10.413	11.068	10.829	10.515	9.098	4,9%
Níger	2.380	4.262	5.746	6.040	6.662	6.757	6.991	7.225	5,8%
Resto del mundo	15.656	16.970	18.095	19.017	20.066	19.987	21.651	23.297	5,0%
Total mundial	67.327	70.884	69.168	72.437	76.432	76.056	79.904	82.921	2,9%
<i>% cambio anual</i>		2%	5%	-2%	5%	6%	0%	5%	4%

Fuente: CRU

Proyección de oferta secundaria, 2018-2035

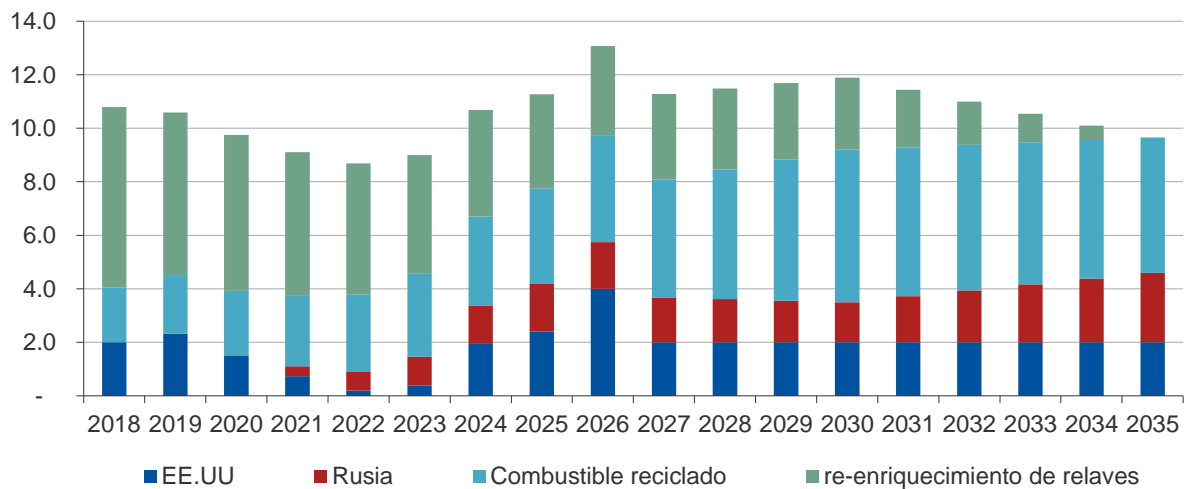
La urgencia política de reducir las reservas gubernamentales en Rusia ha disminuido en comparación con lo que se vio a principios de la década de 1990. Por lo tanto, se estima que la producción secundaria rusa será de ~2.600 tU en 2035, alrededor de cuatro veces menos que durante los días más favorables del programa ruso M2M.

En EEUU, el Departamento de Energía (DOE) emite el Plan de Manejo de Exceso de Inventario para administrar las reservas gubernamentales. El plan proporciona proyecciones del material que se lanzará al mercado hasta 2026. Más allá de 2026, asumimos nominalmente que el DOE liberará ~2.000 tU por año.

En teoría, el combustible reciclado puede proporcionar entre el 10 y el 20% de la demanda mundial de uranio. No hemos descubierto ninguna evidencia que sugiera que la economía de producción mejorará sustancialmente en el futuro. En consecuencia, nuestra proyección supone sólo aumentos modestos en la oferta de uranio, de 2.000 tU en 2017 a 5.000 tU en 2035.

El re-enriquecimiento de los relaves suma en total entre 3.500 y 7.000 tU/año adicionales hasta mediados de la próxima década. Después de este momento, ya no se espera un exceso de capacidad de enriquecimiento debido a la creciente demanda mundial de reactores.

Figura 20 Proyección de oferta secundaria en 2018-2035, tU



Fuente: CRU

Tabla 14 Proyección de oferta secundaria en 2018-2035, tU

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
EEUU	1.996	2.329	1.513	738	194	386	1.936	2.402	4.000	2.000
Rusia	-	-	-	360	720	1.080	1.440	1.800	1.740	1.680
Combustible reciclado	2.048	2.186	2.410	2.638	2.866	3.094	3.322	3.550	3.980	4.410
Re-enriquecimiento de relaves	6.745	6.075	5.828	5.366	4.905	4.443	3.982	3.520	3.354	3.188
Oferta secundaria	10.789	10.590	9.751	9.102	8.685	9.003	10.680	11.272	13.074	11.278
<i>% cambio anual</i>		-2%	-8%	-7%	-5%	4%	19%	6%	16%	-14%

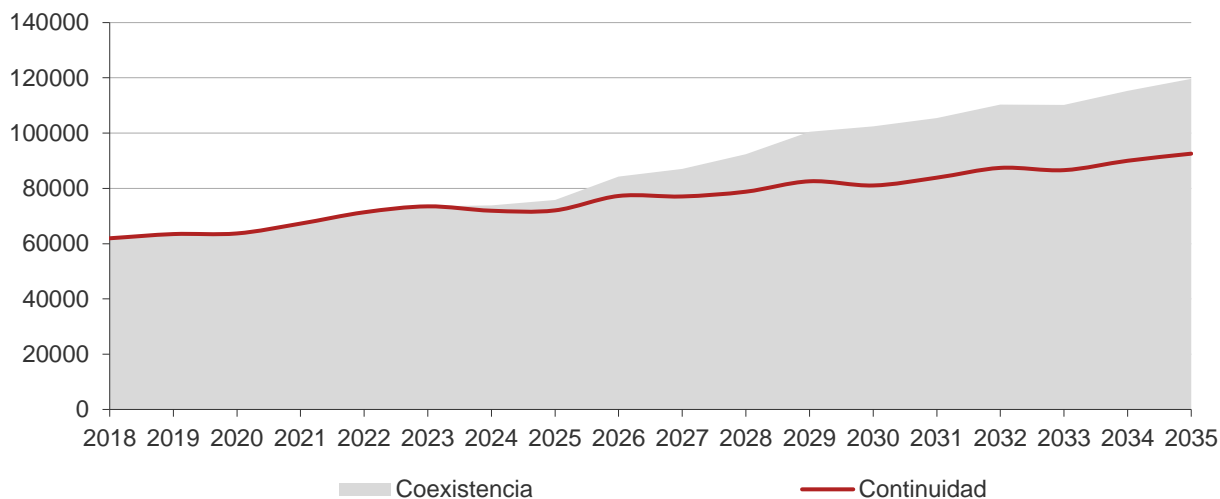
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2022
EEUU	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	0.0%
Rusia	1.620	1.560	1.500	1.720	1.940	2.160	2.380	2.600	
Combustible reciclado	4.840	5.270	5.700	5.570	5.440	5.310	5.180	5.050	5.5%
Re-enriquecimiento de relaves	3.021	2.855	2.689	2.151	1.613	1.076	538	-	
Oferta secundaria	11.481	11.685	11.889	11.441	10.993	10.546	10.098	9.650	-0.7%
<i>% cambio anual</i>	2%	2%	2%	-4%	-4%	-4%	-4%	-4%	

Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

Para el escenario de Coexistencia, se asume que la oferta no tendrá la capacidad de ajustarse a posibles cambios en la demanda gatillado por los extensos tiempos de desarrollo minero del uranio. En el largo plazo, sin embargo, la oferta sí tendría la capacidad de reaccionar a estos cambios. Como consecuencia, en el escenario de Coexistencia vemos que la oferta se mantiene en el mediano plazo y luego se mueve al alza siguiendo a la demanda desde el 2024 en adelante.

Figura 21 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (toneladas)



Fuente: CRU

Tabla 15 Oferta en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (toneladas)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	61.945	63.469	63.698	67.260	71.359	73.497	71.920	72.042	77.267	77.075
Coexistencia	61.945	63.469	63.698	67.260	71.359	73.497	73.897	75.791	84.238	87.020
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	1.977	3.748	6.971	9.944

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	78.809	82.570	81.057	83.878	87.425	86.602	90.002	92.571	2,4%
Coexistencia	92.417	100.469	102.434	105.481	110.335	110.219	115.344	119.643	3,9%
Diferencia*	13.609	17.900	21.377	21.603	22.910	23.617	25.342	27.072	

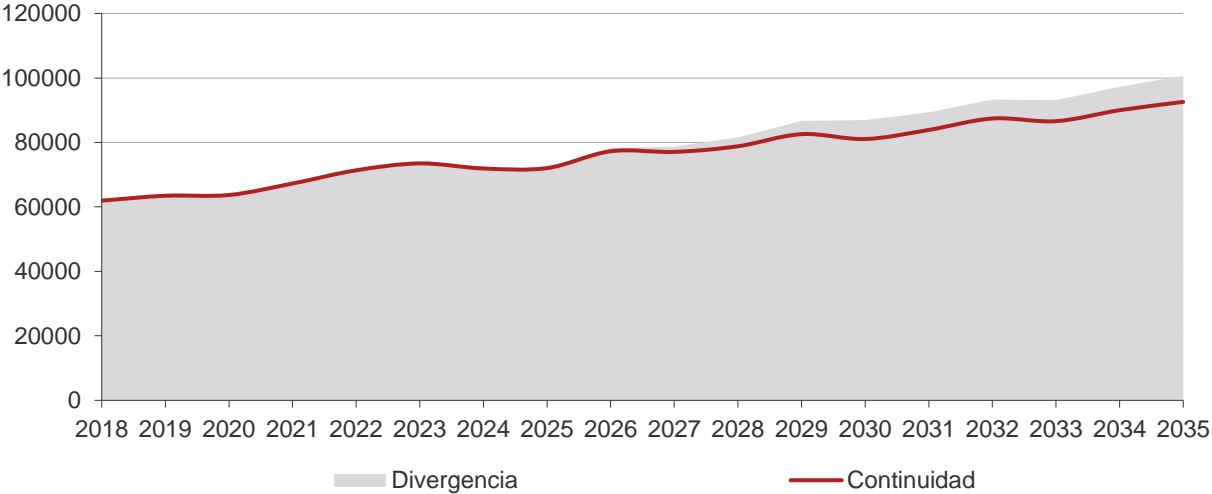
* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

Dado que la oferta no se ajusta a la demanda en el corto plazo, no se ven diferencias entre la oferta de los escenarios Continuidad y Divergencia entre 2018 y 2023. Desde 2024 en adelante, la oferta sigue la tendencia de la demanda y va en aumento.

Figura 22 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (toneladas)



Fuente: CRU

Tabla 16 Oferta en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (toneladas)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	61.945	63.469	63.698	67.260	71.359	73.497	71.920	72.042	77.267	77.075
Divergencia	61.945	63.469	63.698	67.260	71.359	73.497	72.058	72.245	78.175	78.729
Diferencia*	-	-	-	-	-	-	138	203	908	1.654

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	78.809	82.570	81.057	83.878	87.425	86.602	90.002	92.571	2,4%
Divergencia	81.590	86.603	86.934	89.372	93.329	93.075	97.241	100.697	2,9%
Diferencia*	2.781	4.033	5.877	5.494	5.903	6.474	7.239	8.126	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

1.3 Balance de mercado y precio del uranio

1.3.1 Descripción de la estructura y mecanismos de precio del uranio

El precio del uranio se basa en los precios al contado publicados. Generalmente, los contratos están vinculados a los precios publicados por TradeTech o la empresa consultora Ux. Puede ser el 100% del precio publicado en el momento de la entrega o una mezcla porcentual de ambos precios. A veces, para evitar alzas inusuales en los precios, las partes pueden acordar un precio promedio en un período de tiempo seleccionado (alrededor de 3 meses).

Una cantidad sustancial de uranio se vende bajo contratos a largo plazo. El proveedor se compromete a entregar, y el consumidor se compromete a adquirir una determinada cantidad de uranio (a menudo con cierta flexibilidad de volumen) durante una cantidad de años en el futuro. Los servicios públicos generalmente pagan una prima sobre el precio al contado por el suministro a largo plazo.

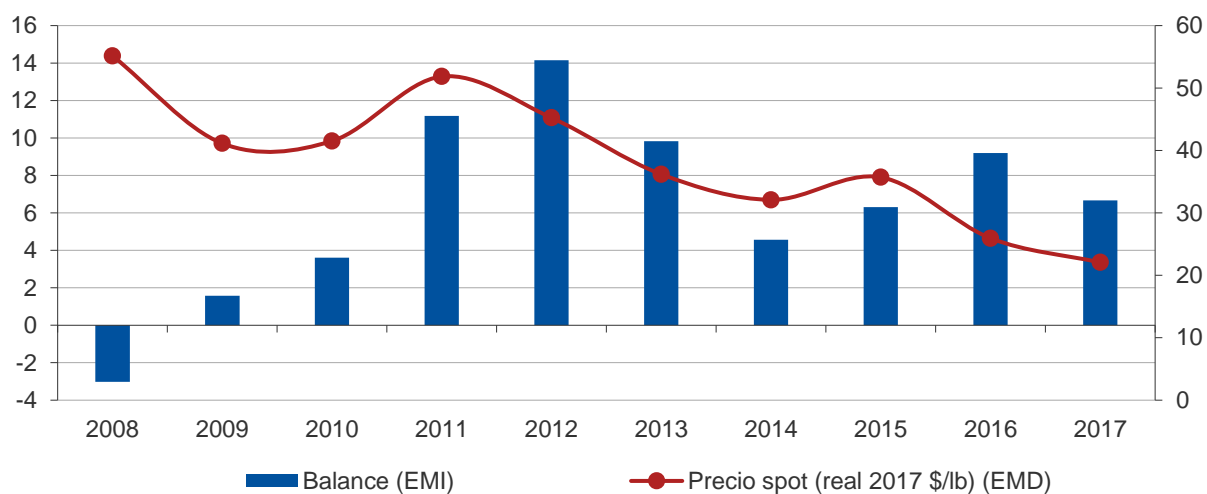
1.3.2 Balance de mercado y precio histórico del uranio

El principal efecto en el mercado del uranio fue la fusión de Fukushima Daiichi y el consiguiente escrutinio público de la energía nuclear. Japón cerró completamente sus centrales nucleares en 2011 y, posteriormente, países desarrollados como Alemania anunciaron la eliminación gradual de la energía nuclear. Por el lado de la oferta, Kazajstán desarrolló e implementó un método económico de extracción de uranio: la lixiviación in situ. Esto contribuyó a un importante aumento del suministro de uranio a pesar de la caída de los precios.

A diferencia de países como Japón y Alemania, países en desarrollo como China e India adoptaron la energía nuclear como la solución para reducir las emisiones de carbono, y ayudaron a aumentar la demanda en el mercado.

En general, los precios del uranio siguen los fundamentos del mercado. Los precios al contado alcanzaron los USD 55 /lb U_3O_8 en 2008, que incentivaron la producción de uranio y llevaron al mercado a un superávit en 2009-2010. El superávit aumentó sustancialmente a 11.000 tU en 2011 debido al cierre de las centrales nucleares japonesas. Un mercado en superávit a partir de 2011 contribuyó a que los precios del uranio se redujeran a la mitad, de alrededor de USD 51,8 /lb U_3O_8 en 2011 a USD 22 /lb U_3O_8 en 2017.

Figura 23 Equilibrio y precio histórico de mercado del uranio, 2008-2017 (miles de tU)



Fuente: CRU

Tabla 17 Equilibrio histórico del mercado de uranio en 2008-2017, (tU)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Oferta	61.443	68.244	69.497	70.840	75.567	74.994	68.921	72.601	74.646	71.057	1,6%
Demanda	64.464	66.675	65.882	59.657	61.415	65.169	64.353	66.286	65.452	64.394	0,0%
Balance	-3.021	1.569	3.615	11.183	14.152	9.825	4.568	6.314	9.194	6.663	

Fuente: CRU

Tabla 18 Precio histórico del mercado de uranio en 2008-2017, (\$/lb U₃O₈)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Precio al contado del uranio (real 2017)	55,2	41,1	41,5	51,8	45,2	36,2	32,1	35,7	26,0	22,1	-9,7%
Precios al contado del uranio (nominal)	63,0	46,7	46,5	56,9	48,8	38,4	33,4	36,8	26,4	22,1	-11,0%
Precio a largo plazo del uranio (real 2017)	72,2	57,8	54,4	60,8	55,8	51,0	44,6	44,9	38,3	32,0	-8,7%
Precio a largo plazo del uranio (nominal)	82,5	65,5	60,9	66,8	60,1	54,1	46,5	46,3	39,0	32,0	-10,0%

Fuente: CRU

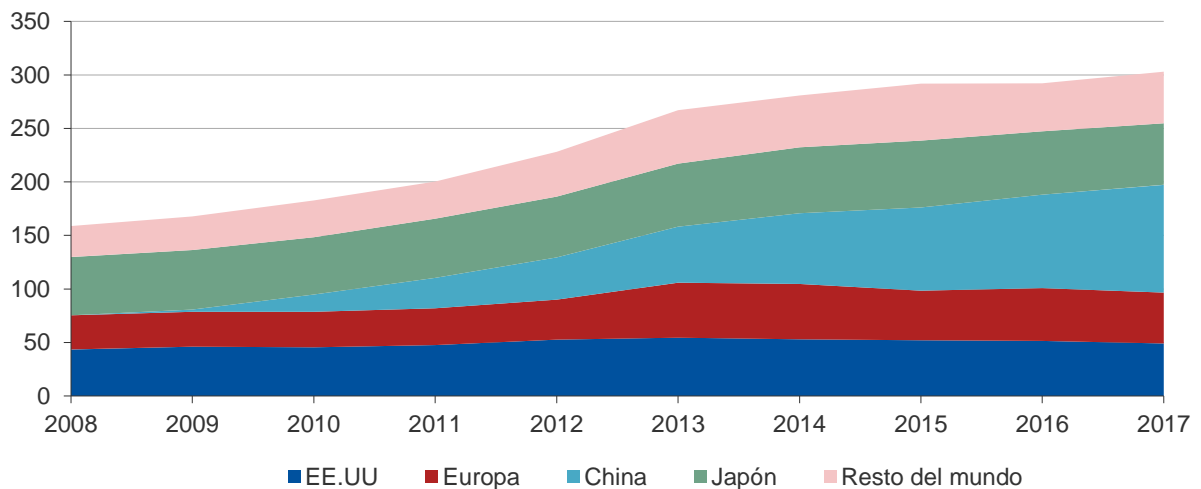
Inventario histórico, 2008-2017

Las empresas de servicios públicos tienden a mantener inventarios para cubrir varios años de operación del reactor. Esto puede deberse a la construcción de centrales nucleares, en las que las empresas de servicios públicos compran entre 2 y 3 veces la necesidad anual de un reactor, entre 2 y 4 años antes del abastecimiento inicial de combustible de un nuevo reactor. Otra razón se debe a consideraciones estratégicas. Especialmente cuando un país es bastante dependiente de la energía nuclear, tiende a acumular uranio durante varios años de funcionamiento del reactor.

Los bajos precios del uranio han proporcionado un contexto fructífero para la acumulación de inventarios de uranio en todo el mundo. Aprovechando las actuales condiciones del mercado, EEUU y Europa han aumentado sus inventarios de uranio en un 1,3% y un 4,5%, respectivamente. Por otra parte, las empresas de servicios públicos japonesas desconfiaban de la adquisición de uranio debido a un debate en curso sobre el futuro de la energía nuclear en el país.

El mayor aumento de inventario se produjo en China. El país tiene políticas ambiciosas de expansión nuclear que no se han visto obstaculizadas por consideraciones de seguridad tras el desastre de Fukushima. Las empresas de servicios públicos chinas han aumentado considerablemente su inventario de cero en 2008 a 100.000 tU en 2017.

Figura 24 Inventarios de uranio de las empresas de servicios públicos en 2008-2017, ('000 tU)



Fuente: CRU

Tabla 19 Inventarios de uranio de las empresas de servicios públicos en 2008-2017, (tU)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
EEUU	43.463	45.936	45.354	47.431	52.555	54.515	53.080	51.892	51.514	49.004	1,3%
Europa	31.926	32.618	33.272	34.542	37.542	51.302	51.710	46.581	49.235	47.581	4,5%
China	-	2.169	16.215	28.299	39.418	52.474	65.953	77.645	87.214	100.619	
Japón	54.481	55.562	53.326	55.287	56.859	58.827	61.537	62.630	59.208	57.569	0,6%
Resto del mundo	28.902	31.534	34.484	34.907	41.712	49.839	48.536	52.995	44.965	48.220	5,9%
Total mundial	158.772	167.819	182.651	200.466	228.085	266.958	280.816	291.743	292.137	302.994	7,4%
<i>% cambio anual</i>		6%	9%	10%	14%	17%	5%	4%	0%	4%	

Fuente: CRU

1.3.3 Proyección de balance de mercado y precio del uranio

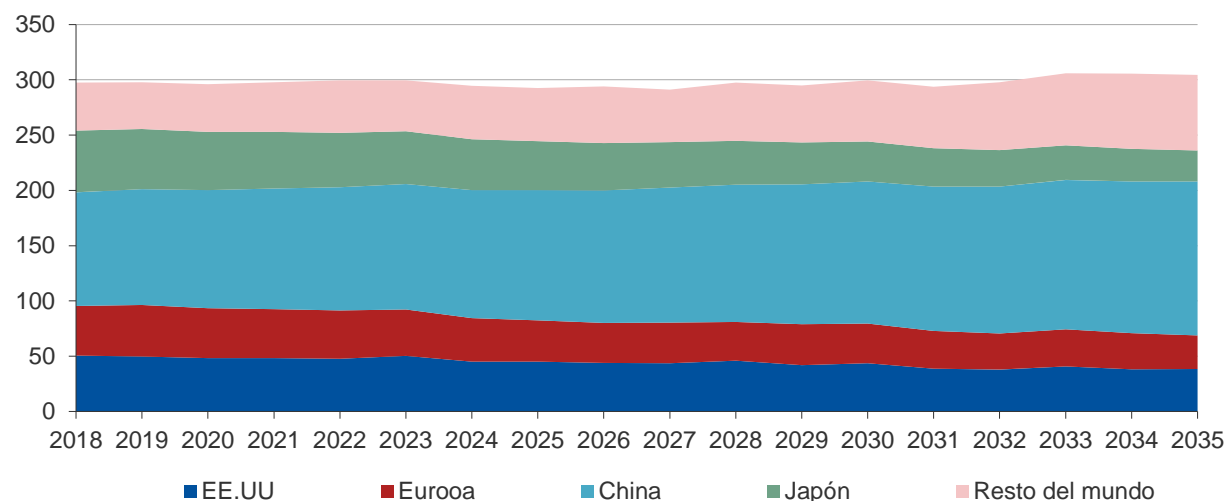
Proyección de inventarios

Nuestra proyección se basa en el supuesto de que las empresas de servicios públicos suelen necesitar dos años de cobertura de la demanda a partir de los inventarios. En el caso de China y Japón, asumimos que la cobertura de la demanda debe ser de 5 años, basado en los patrones históricos de la región y también debido a las preocupaciones sobre la seguridad energética en estos países.

Para 2017, China tenía ~100.000 tU de inventario. En nuestra opinión, China será reacia a vender este uranio de nuevo al mercado, ya que tiene una importancia estratégica para el país como fuente de seguridad energética y, en menor medida, como fuente de producción de armas nucleares.

Se estima que la proyección de inventarios de uranio sea estable, ya que la disminución del uso de energía nuclear en los países desarrollados se complementa con la expansión de la energía nuclear en los países en desarrollo.

Figura 25 Proyección de inventario de uranio de las empresas de servicios públicos en 2018-2035, (tU)



Fuente: CRU

Tabla 20 Proyección de inventario de uranio de las empresas de servicios públicos en 2018-2035, (tU)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
EEUU	50.511	49.794	48.218	48.293	47.678	50.244	45.108	44.967	44.055	43.665
Europa	45.022	46.546	45.082	44.323	43.725	42.136	39.429	37.410	36.107	36.699
China	102.766	104.912	107.059	109.206	111.352	113.499	115.645	117.792	119.938	122.085
Japón	55.930	54.290	52.651	51.012	49.372	47.733	46.093	44.454	42.815	41.175
Resto del mundo	43.416	42.277	43.028	44.980	47.340	45.915	48.365	48.088	51.036	47.662
Total mundial	297.643	297.820	296.038	297.813	299.467	299.527	294.641	292.711	293.952	291.286
% cambio anual		0%	-1%	1%	1%	0%	-2%	-1%	0%	-1%
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2008-17	
EEUU	46.014	41.881	43.607	38.625	37.929	40.636	38.022	38.305	-1,6%	
Europa	35.005	37.205	35.966	34.146	32.725	33.803	32.834	30.448	-2,3%	
China	124.232	126.378	128.525	130.671	132.818	134.965	137.111	139.258	1,8%	
Japón	39.536	37.897	36.257	34.618	32.978	31.339	29.700	28.060	-4,0%	
Resto del mundo	52.863	51.680	55.193	55.735	61.489	65.214	67.880	68.327	2,7%	
Total mundial	297.649	295.041	299.548	293.795	297.940	305.957	305.547	304.397	0,1%	
% cambio anual	2%	-1%	2%	-2%	1%	3%	0%	0%		

Fuente: CRU

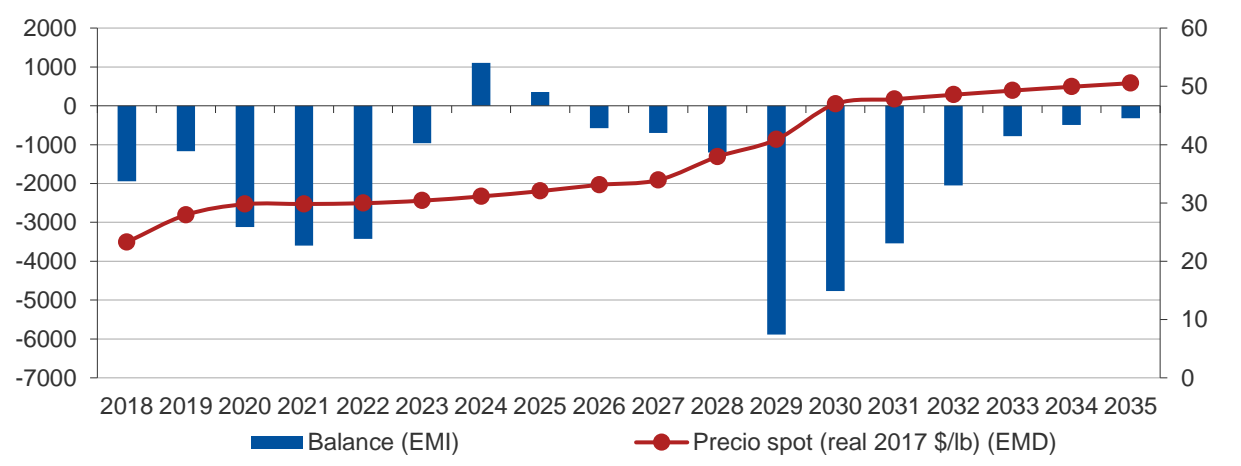
Escenario 1 – Continuidad

En la última década, los precios del uranio han disminuido dos veces y media con respecto al nivel de 2008. La caída de la demanda de uranio creó una condición en la que el uranio se ha ido acumulando en los inventarios. Además, existe un número considerable de minas que quedaron inactivas. Esto crea una presión a la baja sobre los precios, que se verá impulsada por el costo del productor marginal en el mercado.

A mediano plazo, esperamos que algunos de estos inventarios se desarrollen debido al déficit de uranio resultante de los recortes de oferta provenientes los principales países productores de uranio. Se estima que los precios al contado aumentarán con respecto a los actuales USD 23,3 /lb U₃O₈ a USD 30,4 /lb U₃O₈ para 2023. Este precio sería suficiente para que McArthur River, una mina que constituye la mitad de la oferta de proyectos sin actividad a 7.000 tU, vuelva al mercado y aumente gradualmente la producción. Como resultado, habrá un ligero superávit en 2024-2025, mientras que el aumento de la demanda después de 2025 devolverá el mercado al déficit.

Se espera que la demanda aumente debido a la expansión de los reactores nucleares de China, y para 2028, no habrá suficiente suministro de las minas existentes y será necesario poner en marcha nuevos proyectos. Estos proyectos son de alto costo y requieren tiempo para ser construidos. Por lo tanto, los precios aumentarán de USD 33,9 /lb U₃O₈ en 2027 a USD 47,0 /lb U₃O₈ en 2030 para incentivar la inversión necesaria a nivel de mina. Para el período 2030-2035, un pequeño déficit soportará un ligero aumento de precios de USD 47,0 /lb. U₃O₈ en 2030 a USD 50,5 /lb U₃O₈ al 2035.

Figura 26 Proyección del equilibrio de mercado y precios en 2018-2035



Fuente: CRU

Tabla 21 Proyección del equilibrio del mercado de uranio en 2018-2035, (tU)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Oferta	61.945	63.469	63.698	65.264	68.025	72.699	73.377	72.886	77.267	77.075
Demanda	63.888	64.640	66.821	68.862	71.447	73.664	72.272	72.530	77.839	77.778
Balance	(1.942)	(1.171)	(3.123)	(3.599)	(3.422)	(965)	1.104	356	(572)	(703)

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Oferta	78.809	78.468	79.041	81.862	86.350	86.602	90.002	92.571	2,4%
Demanda	80.012	84.352	83.809	85.402	88.401	87.387	90.497	92.891	2,2%
Balance	(1.203)	(5.884)	(4.768)	(3.541)	(2.051)	(786)	(495)	(320)	

Fuente: CRU

Tabla 22 Proyección del precio de mercado del uranio en 2018-2035, (\$/lb U₃O₈)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Precio al contado del uranio (real 2017 \$/lb U ₃ O ₈)	23,3	27,9	29,8	29,8	29,9	30,4	31,1	32,0	33,1	33,9
Precio al contado del uranio (nominal \$/lb U ₃ O ₈)	23,7	29,1	31,7	32,3	33,0	34,1	35,6	37,3	39,4	41,2
Precio a largo plazo del uranio (real 2017 \$/lb U ₃ O ₈)	30,2	32,7	34,8	35,8	37,9	39,4	40,1	41,5	42,8	43,6
Precio a largo plazo del uranio (nominal \$/lb U ₃ O ₈)	30,8	34,0	37,0	38,8	41,8	44,2	45,9	48,4	50,9	52,9

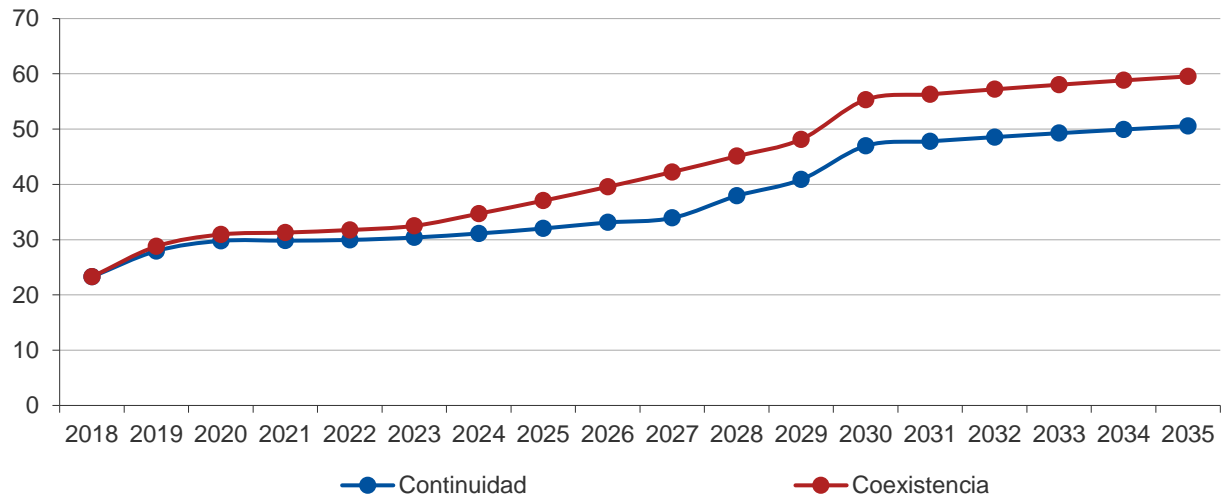
	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
Precio al contado del uranio (real 2017 \$/lb)	37,9	40,9	47,0	47,8	48,6	49,3	49,9	50,5	4,7%
Precio al contado del uranio (nominal \$/lb)	46,9	51,6	60,5	62,7	65,0	67,3	69,6	71,8	6,7%
Precio a largo plazo del uranio (real 2017 \$/lb)	47,6	50,6	56,7	57,5	58,3	59,0	59,6	60,2	4,1%
Precio a largo plazo del uranio (nominal \$/lb)	58,9	63,8	72,9	75,5	78,0	80,5	83,1	85,6	6,2%

Fuente: CRU

Escenario 2 – Coexistencia

Al presentar el escenario de Coexistencia una demanda mayor durante todo el periodo 2018-2035, sumado a la incapacidad de la oferta de responder a este incremento en el mediano plazo, se espera que el precio en este escenario sea superior al del escenario Continuidad durante todo el periodo. En línea con lo anterior, la diferencia de los precios en ambos escenarios ira aumentando progresivamente hasta alcanzar una diferencia de \$9/lb en 2035.

Figura 27 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (2017 US\$/lb)



Fuente: CRU

Tabla 23 Precios en escenario Continuidad vs. Coexistencia para uranio (2017 US\$/lb)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	23	28	30	30	30	30	31	32	33	34
Coexistencia	23	29	31	31	32	32	35	37	40	42
Diferencia*	-	1	1	1	2	2	4	5	6	8

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	38	41	47	48	49	49	50	51	4,7%
Coexistencia	45	48	55	56	57	58	59	60	5,7%
Diferencia*	7	7	8	9	9	9	9	9	

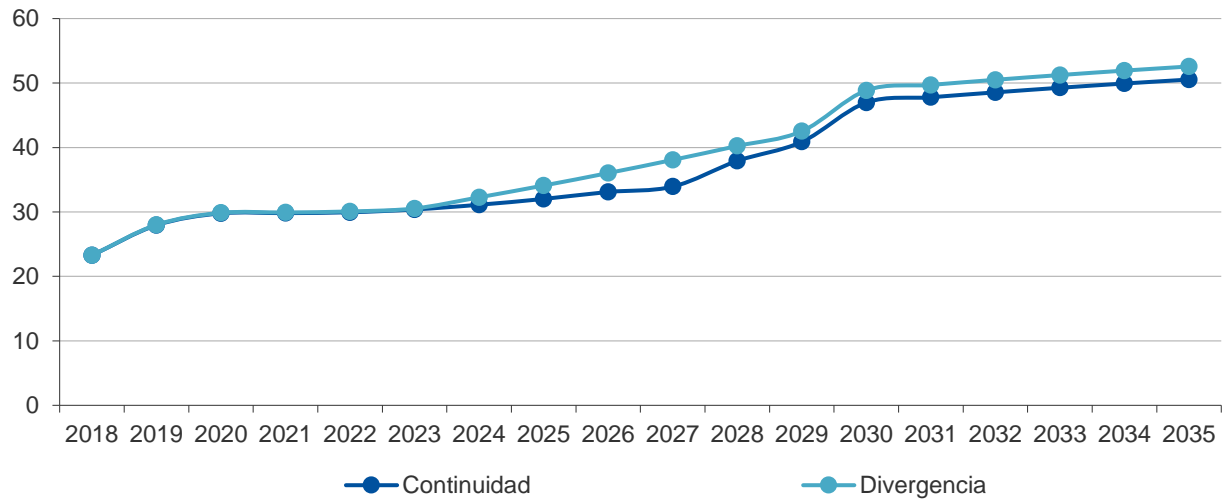
* Diferencia calculada como Coexistencia menos Continuidad

Fuente: CRU

Escenario 3 – Divergencia

Los precios en ambos escenarios se mantendrán estables hasta 2024. De ahí en adelante, la mayor demanda esperada en el escenario de Divergencia mantendrá los precios en este escenario sostenidamente más altos que en el escenario de Continuidad. Lo anterior se explica por el aumento sostenido en la demanda de uranio en el escenario de Divergencia impulsada por un mayor crecimiento del PIB global.

Figura 28 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para uranio (2017 US\$/lb)



Fuente: CRU

Tabla 24 Precios en escenario Continuidad vs. Divergencia para aluminio (2017 US\$/lb)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Continuidad	23	28	30	30	30	30	31	32	33	34
Divergencia	23	28	30	30	30	31	32	34	36	38
Diferencia*	-	0	0	0	0	0	1	2	3	4

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Continuidad	38	41	47	48	49	49	50	51	4,7%
Divergencia	40	43	49	50	51	51	52	53	4,9%
Diferencia*	2	2	2	2	2	2	2	2	

* Diferencia calculada como Divergencia menos Continuidad

Fuente: CRU

1.4 Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del uranio

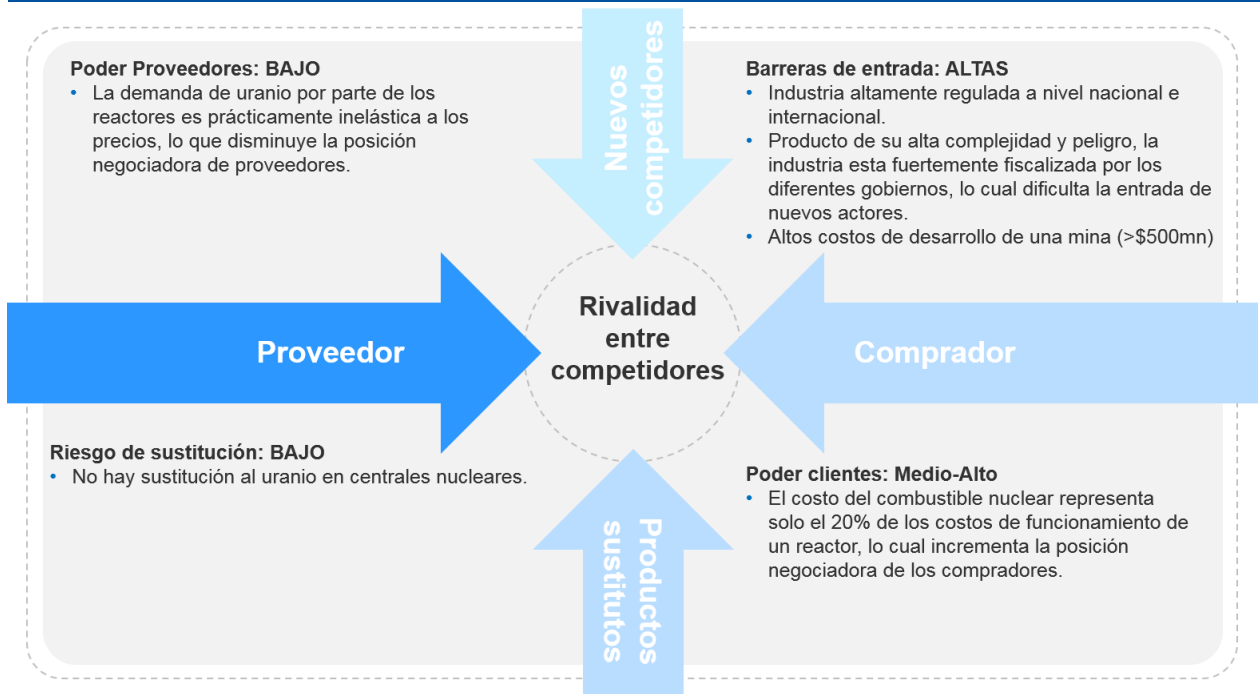
El modelo de Porter es una herramienta que se usa para analizar el nivel de competencia de un mercado. Este marco de trabajo trata con cinco fuerzas clave que ayudan a determinar qué tan atractiva es una industria. Estas fuerzas incluyen: la amenaza de productos sustitutos, la amenaza entre competidores existentes, la amenaza de nuevos competidores entrantes y el poder de negociación de los compradores y los proveedores. A continuación, resumimos cada fuerza.

Para la mayoría de las industrias, la rivalidad es un determinante clave del nivel de atracción de la industria. Aquí tratamos de estimar qué tan concentrado está el mercado y si los competidores poseen una ventaja competitiva. Además, si la industria ofrece retornos altos, también se volverá atractiva para competidores nuevos. Esto podría causar una amenaza para los participantes actuales, ya que su rentabilidad se verá afectada. La importancia de la amenaza se ve determinada por: barreras de ingreso, costo capital, economías de escala, lealtad de los compradores y diferenciación de producto.

Al usar este modelo también vemos productos sustitutos. Los factores potenciales que podrían representar una amenaza son: costos de cambio del comprador, diferenciación de productos, dinámica de precios de sustitutos.

Por último, analizamos el poder de negociación de los proveedores y compradores. Aquí observamos una concentración relativa entre los proveedores y compradores, con una capacidad de influenciar los movimientos de precios.

Figura 29 Análisis de las cinco fuerzas de Porter



Fuente: CRU

Barrera de entrada: Alta

La industria está regulada a través de marcos nacionales e internacionales. Los gobiernos poseen normas ambientales y de seguridad rigurosas debido a los productos químicos que se utilizaron en el procesamiento del mineral de uranio. Además, puede haber preocupaciones públicas sobre la radiactividad del uranio extraído. Las empresas mineras también están obligadas a obtener aprobaciones para la exportación de estos materiales. El transporte nuclear está organizado de acuerdo con el "Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos" del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y proporciona temas adicionales a las empresas mineras.

Las minas generalmente requieren un gasto de capital sustancial, que asciende a por lo menos USD 500 millones. En un mercado sobre abastecido como el actual, es cada vez más difícil conseguir financiación de proyectos comerciales. También existe una competencia de empresas estatales que pueden contar con mucho dinero. Pueden permitirse más gastos que las entidades comerciales, lo que hace que la competencia se incline a su favor.

Riesgo de sustitución - Bajo

No hay sustitución del uranio en las centrales nucleares. Es parte crucial de las operaciones del reactor y de la reacción en cadena que ayuda a producir la electricidad. Las centrales nucleares tienen un alto CAPEX inicial, pero son baratas de operar. También es una fuente de energía limpia que ayuda a reducir las emisiones de carbono, pero debido a los desastres, el público no la percibe como segura. Las energías renovables son los claros sustitutos, donde también se percibe como una fuente de energía limpia y económica. Sin embargo, la producción de electricidad es bastante esporádica. Es posible que la adopción de baterías ayude a que las energías renovables sean mucho más atractivas. Ya que el desarrollo tecnológico puede tardar décadas en desarrollarse y llegar a escala industrial, en la actualidad, se considera que la energía nuclear forma parte de la solución libre de carbono.

Poder de negociación del proveedor - Bajo

El costo del combustible nuclear representa sólo el 20 % de los costos de funcionamiento de un reactor, en comparación a aproximadamente el 75 % y el 90 % del carbón y el gas en los Estados Unidos, y el mismo uranio sólo representa una parte del costo del combustible nuclear. Por lo tanto, incluso las oscilaciones extremas en el precio del uranio dan lugar a una pequeña variación en los costos de funcionamiento de los reactores. Esto hace que el consumo de uranio en los reactores nucleares sea esencialmente inelástico desde el punto de vista de los precios, lo que disminuye la posición negociadora de los proveedores.

Además, existe un exceso de oferta en el mercado de uranio. Hay una considerable capacidad minera que se destina al cuidado y mantenimiento. Por ejemplo, McArthur River, cerrada en 2017, se llevó alrededor del 10% de la oferta mundial con poco efecto en los precios del uranio. También existe una fuerte cartera de proyectos futuros y un alto excedente de inventario en diferentes regiones que puede cubrir más de 5 años de demanda mundial. Todo esto contribuye al bajo poder de negociación del proveedor.

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
CGNPG	China General Nuclear Power Group
COMINAK	Compagnie minière d'Akokan
DOE	Departamento de Energía
ESA	Agencia de Abastecimiento de Euratom
KKG	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
LME	Bolsa de Metales de Londres
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
ROSATOM	Rosatom State Atomic Energy Corporation / Corporación Estatal de Energía Atómica Rosatom

Medidas de peso

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

Otros

Sigla	Significado
CAPEX	Costos de capital
CCR	Costo de capital de reemplazo
CIF	<i>Cost, insurance and freight</i> / Costo, seguro y flete
CMLP	Costo marginal de largo plazo
CMCP	Costo marginal de corto plazo
HEU	Uranio altamente enriquecido
ISL	Lixiviación in situ
ISR	Recuperación in situ

IX	Intercambio iónico
LEU	Uranio de bajo enriquecimiento
LRMC	Costo Marginal de Largo Plazo
OPEX	Costos de operación
PIB	Producto Interno Bruto
SX	Extracción por solvente
TCAC	Tasa de Crecimiento Anual Compuesto
UPE/ LEU	Uranio de bajo enriquecimiento
UG	Underground/ Subterránea
ZEC	<i>Zero Emissions Certificate program /</i> Programa de certificado de emisiones cero

Anexo II. Bibliografía

1. Global Trade Information Services. IHS Markit GTA .
2. DESA/UNSD, *United Nations Comtrade database*
3. ITRI Ltd. Lead-Acid Batteries Technical Report 2017: Impact on future tin use. 2017. Disponible en internet: <https://www.internationaltin.org/wp-content/uploads/2018/03/ITRI-Report-Tin-in-Lead-Acid-Batteries-260318.pdf>
4. MARSHALL, Alfred. Principles of Economics. XVIII ed. Nueva York, Cosimo Inc, 2006.
5. IAEA, OCDE. Uranium Resources, Production and Demand (Red Book). 2009 - 2016. Disponible en internet: <https://www.oecd-nea.org/ndd/uranium/>