

¿Qué es el uranio?

El uranio. Reservas y suministro a las centrales nucleares

El uranio es un elemento químico metálico de color gris de la serie de los actínidos, descubierto en 1789 por el físico alemán M. H. Klaproth, llamándolo así en honor del planeta Urano, localizado ocho años antes.

Su símbolo químico es “U” y su número atómico es 92. Tiene el mayor peso atómico de entre todos los elementos que se encuentran en la naturaleza y es, aproximadamente, un 70% más denso que el plomo. Raramente se utiliza en estado puro;

Para utilizar el uranio como combustible nuclear, hay que someter al mineral a una serie de procesos físico-químicos, ya que es necesario aumentar la proporción del isótopo U-235 -el único fisionable- desde el 0,7% en el que se encuentra en la naturaleza hasta entre el 3% y el 5%. Este proceso se denomina enriquecimiento

habitualmente se trabaja con sus óxidos.

En estado natural es una mezcla de tres isótopos [U-234 (0,02%, nivel de trazas), U-235 (0,7%) y U-238 (99,28%)] y es levemente radiactivo. Se localiza principalmente en la corteza terrestre, **es 500 veces más abundante que el oro** y el único uso que se le conoce es el de servir como combustible para los reactores nucleares.

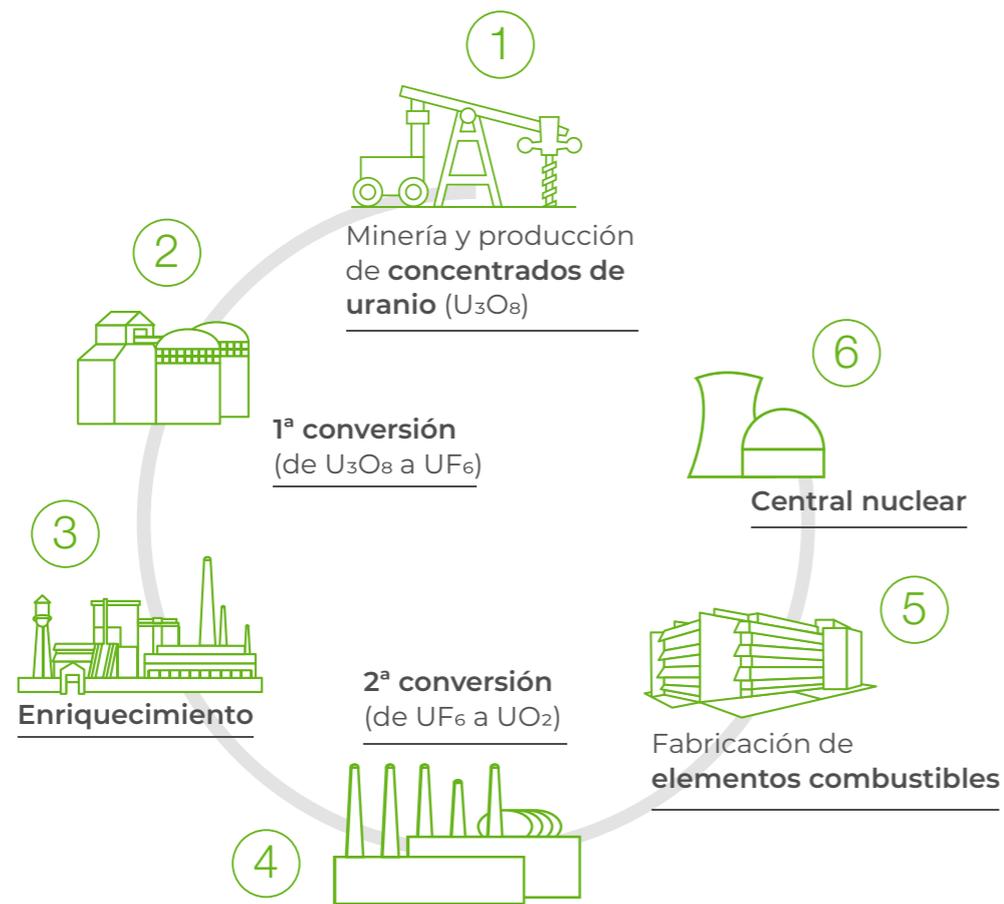


Mineral de uranio

Fabricación y uso del combustible nuclear

El ciclo de fabricación y uso del combustible nuclear consta de dos partes con varias etapas.

Primera parte del ciclo: de la naturaleza al reactor



Fuente: ENUSA Industrias Avanzadas, S.A. y Foro Nuclear

Tras la etapa de exploración, minería a cielo abierto o subterránea y tratamiento del mineral, en la que a través de procesos físico-químicos se obtiene del uranio natural el concentrado de uranio U_3O_8 -conocido como *yellow cake*-, se realiza la etapa de primera conversión, en la que el concentrado de uranio se transforma en UF_6 gaseoso para poder pasar a la siguiente etapa de enriquecimiento.

El enriquecimiento se realiza por difusión o por centrifugación y consis-

te en el aumento de la proporción del isótopo U-235, desde el 0,7% en el que se encuentra en la naturaleza hasta un 5% como máximo.

Terminado el enriquecimiento, se realiza la etapa de segunda conversión para pasar el uranio en estado gaseoso a estado sólido, concretamente en forma de polvo de dióxido de uranio UO_2 . A continuación, comienza la etapa de fabricación de elementos combustibles.

De las distintas etapas para la fabricación del combustible nuclear a partir del mineral de uranio, en España únicamente se realiza la de fabricación de los elementos combustibles. La empresa pública ENUSA Industrias Avanzadas S.A. se encarga del diseño, abastecimiento y fabricación de combustible -en la fábrica que tiene en Juzbado (Salamanca)- para centrales nucleares españolas y extranjeras



Concentrado de uranio U_3O_8 -conocido como *yellow cake*



Fábrica de elementos combustibles de Juzbado, Salamanca

Etapa de fabricación de elementos combustibles

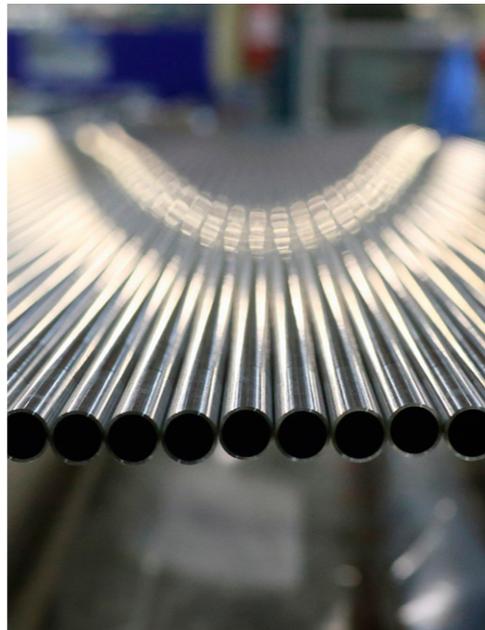
Fabricación de pastillas

Del polvo de dióxido de uranio UO_2 , mediante prensado y sinterizado se obtienen pastillas cilíndricas cerámicas de unos 8 mm de diámetro y 10 mm de altura con unas características mecánicas estables a temperaturas elevadas como las que soportarán en el interior del reactor. Constituyen las unidades menores del combustible nuclear y su función primaria es la de proveer de una fuente de energía térmica por medio de la reacción de fisión nuclear en cadena controlada.



Fabricación de barras

Son unas vainas cilíndricas, de diámetro interno ligeramente superior a 8 mm y una longitud de unos 4 m, fabricadas en una aleación especial de zirconio denominada zircalloy. Dentro de ellas se colocan las pastillas y se almacenarán los productos de fisión gaseosos que se liberarán durante la reacción de fisión en cadena, por lo que su principal requisito funcional es garantizar su estanqueidad a lo largo de toda su vida operativa.

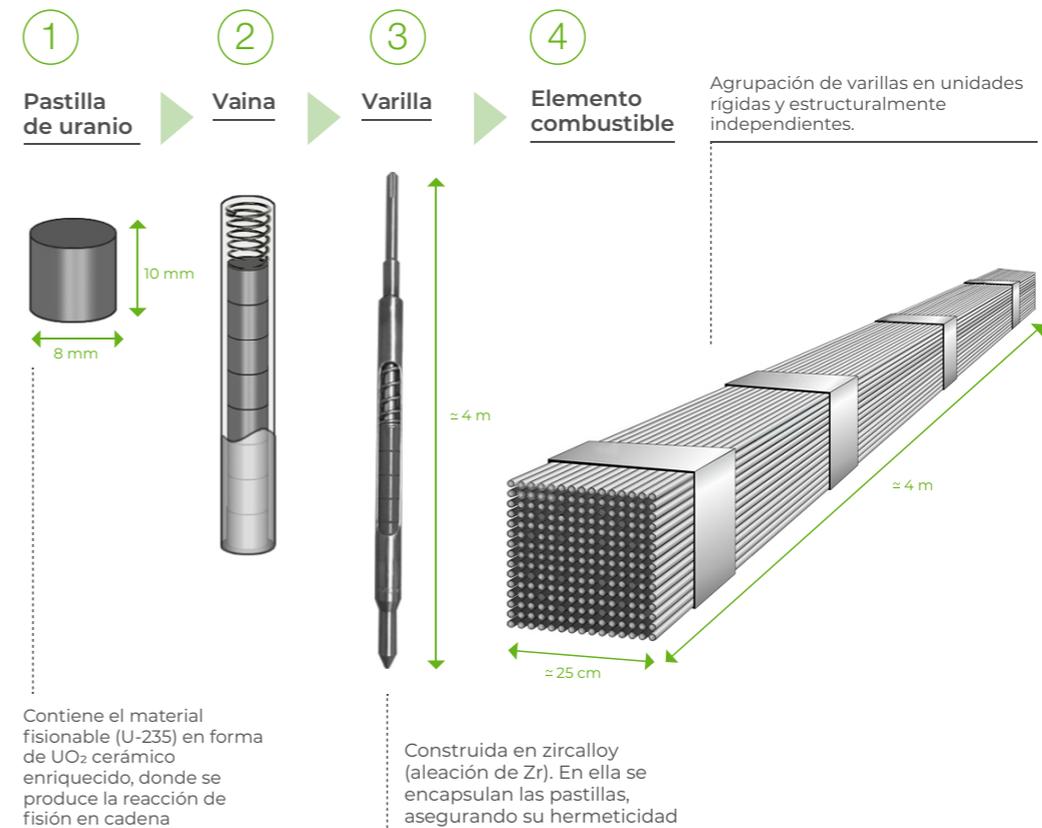


Elemento combustible

Las barras se agrupan en estructuras paralelepípedicas rígidas formando el elemento combustible. Su función principal es mantener las barras a una distancia apropiada para que circule el refrigerante entre ellas y reciba el calor generado en la reacción de fisión nuclear en cadena.



Composición de un elemento combustible



Fuente: Foro Nuclear

Segunda parte del ciclo: el combustible dentro y fuera del reactor

El núcleo del reactor de una central nuclear tipo de 1.000 MWe de potencia instalada está formado por unos 150 elementos combustibles. A medida que generan energía mediante la reacción de fisión en cadena, pierden efectividad a causa de la reducción del material fisionable y de la acumulación de productos de fisión. Por ello, es necesario sustituir aproximadamente una tercera parte de los mismos por elementos combustibles nuevos en una operación llamada **parada de recarga**. Ésta se realiza en las centrales nucleares españolas cada 12, 18 o 24 meses y en la que también



Interior de un reactor nuclear

se llevan a cabo trabajos de mantenimiento y modificaciones de diseño.

La segunda parte del ciclo incluye todas las operaciones a las que es sometido el combustible que se encuentra en el reactor hasta su almacenamiento y aislamiento definitivo.

Cuando el combustible irradiado se retira del reactor tras tres ciclos de operación, tan sólo se ha utilizado el 5% de la energía inicialmente contenida. Por tanto, dispone de una gran capacidad energética remanente, susceptible de ser utilizada de nuevo en otros reactores

Una vez que el combustible ha permanecido durante tres ciclos de operación -unos 5 años- todavía conserva el 95% del U-235 enriquecido; el 1% es plutonio y el resto son actínidos menores, productos radiactivos de vida larga y de vida corta y productos estables de fisión.

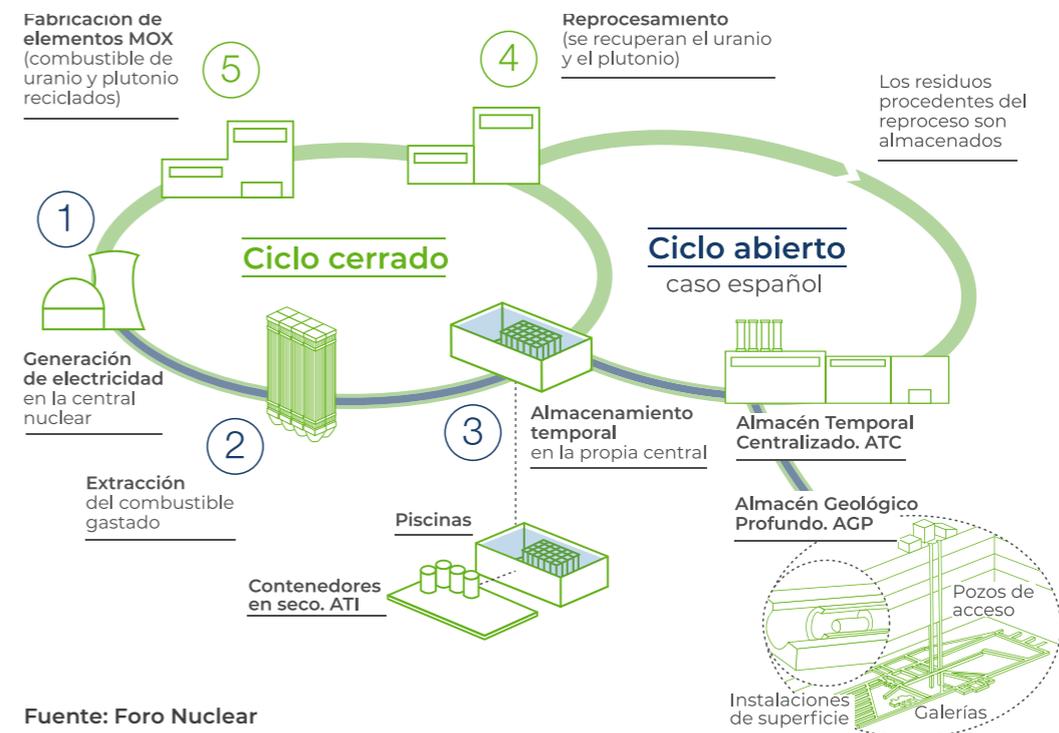
En caso de que se considere la reutilización del U-235 remanente y del Pu-239 generado, se procede a la reelaboración o reciclado del combustible para su uso en otro tipo de centrales nucleares, ya que conserva más del 90% de su capacidad energética inicial.

El combustible reelaborado se conoce como MOX -abreviatura de Mezcla de Óxidos- compuesto por una mezcla de óxido de uranio natural, uranio reprocesado y óxido de plutonio. Con esta operación se separan estos dos elementos de los productos de fisión, que constituyen los residuos de alta actividad. Esta opción, en la que se reutiliza el combustible, es conocida como **ciclo cerrado**.

Si se opta por no reutilizar los recursos energéticos contenidos en el combustible irradiado, se procede a

la gestión del mismo como **residuo radiactivo de alta actividad**, ya que los productos de fisión quedan confinados en él. Tras una estancia inicial en la piscina de la propia central nuclear se depositará inicialmente en un Almacén Temporal Individualizado (ATI) en seco y, posteriormente, en un Almacén Temporal Centralizado (ATC). El destino final del combustible irradiado es su aislamiento definitivo en un Almacén Geológico Profundo (AGP). Esta opción es conocida como **ciclo abierto** y es la utilizada en España.

Segunda parte del ciclo del combustible



Fuente: Foro Nuclear

¿Cuánto uranio hay en el mundo?

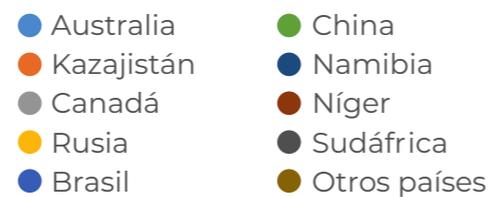
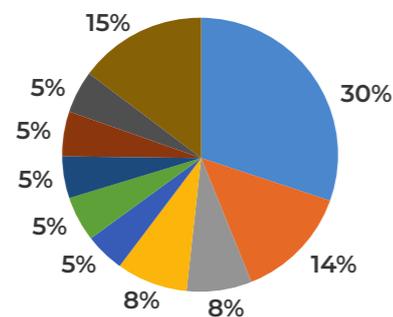
Existen suficientes reservas de uranio en el mundo para el suministro del actual parque nuclear mundial durante los próximos 100 años, según el Libro Rojo del Uranio 2018 de la Agencia de Energía Nuclear y del Organismo Internacional de Energía Atómica

Según el informe *Uranium 2018: Resources, Production and Demand* de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE y el Organismo Internacional de Energía Atómica de Naciones Unidas, conocido como el Libro Rojo del Uranio 2018, las reservas identificadas de uranio -incluyendo las razonablemente aseguradas y las inferidas- **son más que suficientes para satisfacer la demanda esperada en un futuro próximo**. Existen más de 6,14 millones de toneladas a precios inferiores a 130 \$/kgU. La demanda mundial de uranio actual -para un parque de 450 reactores con una potencia instalada de 391

GW que produce cerca del 11% de la electricidad consumida- es superior a las 62.800 toneladas anuales, lo que supone la existencia de cerca de 100 años de reservas.

Las 22 millones de toneladas de uranio que podrían obtenerse como subproducto de la explotación de los depósitos de fosfatos, los 4.000 millones de toneladas contenidas en el agua del mar, el desarrollo de nuevos reactores y el impulso de tecnologías avanzadas permitirán que haya más disponibilidad de uranio a largo plazo, pudiendo ser del orden de varios miles de años.

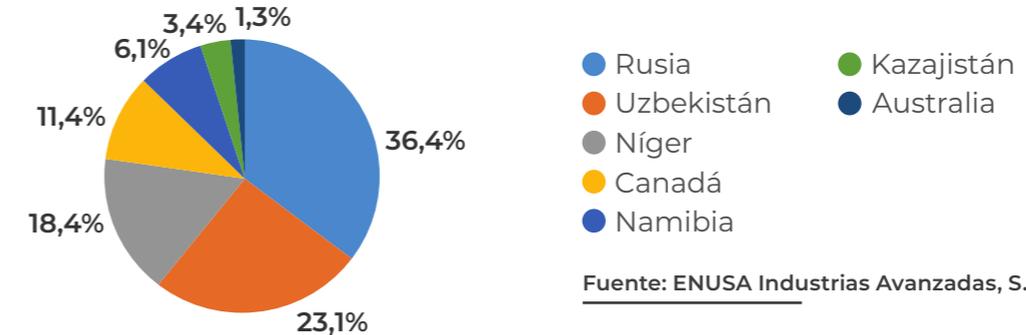
Reservas de uranio en el mundo



Fuente: Libro Rojo del Uranio 2018 - NEA/OCDE y OIEA/ONU

En España, el concentrado de mineral de uranio se importa desde distintos países en la proporción siguiente:

Importación de uranio en España 2019



Fuente: ENUSA Industrias Avanzadas, S.A.

El abastecimiento de combustible nuclear en España se considera de carácter nacional, de acuerdo con la metodología utilizada por la Secretaría de Estado de Energía en sus estadísticas. Esto se debe a que la seguridad de tener el combustible a disposición cuando se necesita es comparable a la del combustible nacional.

La seguridad de suministro en España está garantizada por las siguientes razones:

- Diversificación de suministradores y precio del uranio estable en los mercados internacionales.
- Los contratos de suministro se reali-

zan por cinco años.

- La legislación exige tener acopiado el combustible nuclear en la central, al menos, dos meses antes del inicio de la parada de recarga.
- Junto al *stock* regulado, las empresas eléctricas disponen de reservas estratégicas que posibilitarían el funcionamiento durante un año de todo el parque nuclear español.
- El combustible nuclear tiene una gran capacidad energética por unidad de masa. El consumo anual de combustible de una central nuclear de 1.000 MWe de potencia instalada es de unas 30 toneladas de uranio.

Equivalencia energética de distintos tipos de materias primas

