



## CONTENIDO

[Volver al índice](#)

---

### **NOTICIAS DE ROSATOM**

[El primer respiro de Akkuyu](#)

[Los reactores salieron de a pares](#)

### **TECNOLOGÍAS DE REACTORES**

[Reactor de plomo en formato de “hierro”](#)

### **TENDENCIAS**

[Uranio por 100 años por delante](#)

### **AMÉRICA LATINA**

[Bolivia recibe el reactor](#)



## El primer respiro de Akkuyu

El primer lote de combustible nuclear para la 1ra unidad de la central Akkuyu fue entregado en el emplazamiento de la planta. A partir de este momento, la central pasa a ser una instalación nuclear y el país se convierte en propietario de energía nuclear. A la ceremonia de entrega del combustible asistieron el Director General del OIEA, Rafael Grossi, el Director General de Rosatom, Alexey Likhachev y el Ministro de Energía y Recursos Naturales de Turquía, Fatih Dönmez. La ceremonia fue observada por videoconferencia por los presidentes de Rusia y Turquía, Vladimir Putin y Recep Tayyip Erdogan.

“Este es un evento muy emocionante para todos. Comparado con la vida humana, es como el primer respiro del niño recién nacido. Aún quedan muchas cosas por delante: el niño recibirá un nombre, aprenderá a caminar, a hablar. Pero el primer respiro ya ha tenido lugar y el mundo se ha enterado que hay una instalación nuclear más en el planeta”, dijo Alexey Likhachev.

El jefe de Rosatom entregó a Fatih Dönmez un certificado que confirma que el combustible se entregó cumpliendo con todas las normas y requisitos de seguridad. Al final de la ceremonia se realizó un gesto simbólico: los residentes del distrito de Gulnar, un representante de la generación de más edad, un niño de edad escolar y un joven ingeniero nuclear, izaron la bandera de la energía atómica pacífica sobre la central Akkuyu como señal de adhesión de Turquía al número de países



## NOTICIAS ROSATOM

[Volver al índice](#)

que desarrollan la energía nuclear con fines pacíficos.

**“Es simbólico que hoy Turquía se una al club de las naciones industrializadas y tecnológicamente desarrolladas que ya tienen su propia industria nuclear, justamente en 2023, cuando Turquía celebra sus 100 años de la fundación de la República de Turquía”,** comentó Vladimir Putin.

Rafael Grossi, dirigiéndose a los participantes del evento, señaló: **“La energía nuclear aporta grandes beneficios, y a la vez una gran responsabilidad. Por lo tanto, el OIEA ha seguido el proyecto de la central nuclear de Akkuyu desde el principio y brindado apoyo para garantizar el cumplimiento de todas las normas de seguridad. Hoy estamos llenos de esperanza y damos este paso con fe en el éxito. La planta nuclear Akkuyu seguirá produciendo energía limpia dentro de 100 años. Pueden contar con el apoyo del OIEA en cada paso de este camino”.**

La entrega de combustible nuclear es un indicador del alto nivel de preparación de la unidad. Según Alexey Likhachev, los trabajos generales de construcción de la 1ra unidad concluirán este año. Los trabajos previos a la puesta en marcha comenzarán en noviembre. Primero, se probarán los sistemas individua-

les, luego se probarán en su conjunto. Las siguientes etapas son la puesta en marcha propiamente dicha y la carga de combustible. **“Lleva muchos meses, pero de cualquier forma, tenemos previsto realizar un lanzamiento físico el próximo año, o sea, llevar el reactor al nivel de mínimo de potencia controlable e iniciar un aumento gradual de la potencia del reactor para que, en 2025, ya genere electricidad de forma sostenible, como lo propusimos en nuestro acuerdo intergubernamental con la República de Turquía”,** dijo Alexey Likhachev, durante una rueda de prensa.

El proyecto avanza según lo previsto y, en algunas etapas, incluso antes de lo previsto, a pesar del increíble número de “cisnes negros” que han sobrevolado en los últimos años. Entre ellos, la pandemia y las restricciones impuestas por las sanciones, así como el catastrófico terremoto sucedido en Turquía. Como señaló Alexey Likhachev, el trabajo bien coordinado del equipo del proyecto ruso-turco unificado y la atención personal de los presidentes de ambos países favorecen a continuar con la construcción de la central.

**“La importancia de este momento va más allá de los límites de Turquía. Dado que la comunidad nuclear mundial está comprometida con la construcción de nuevas centrales nucleares a la velocidad y escala necesarias, la central nuclear Akkuyu es un poderoso símbolo de ese compromiso compartido. Y es evidente que la finalización de la construcción de la primera unidad de potencia en unos 5 años demuestra la cooperación internacional y que nosotros, como industria, podemos construir reactores nucleares de forma eficiente”,** enfatizó la Directora de la Asociación Nuclear Mundial (WNA, por sus siglas en inglés), Sama Bilbao y León, en sus palabras de felicitaciones.



## NOTICIAS ROSATOM

[Volver al índice](#)

Una vez completadas, las cuatro unidades de la central generarán 35.000 millones de kWh de electricidad libre de carbono al año. Esto es casi el 10% de la demanda nacional total. De esta forma, Akkuyu impulsará a Turquía hacia el logro de cero emisiones y fortalecerá la independencia energética del país.

Akkuyu es el primero, pero quizás no sea el único proyecto nuclear conjunto entre Moscú y Ankara. La República de Turquía prevé construir varias plantas nucleares a gran escala, incluso en la región de Sinop. **“Por supuesto, conocemos los planes del gobierno turco, los apoyamos y nos disponemos a iniciar las negociaciones oficiales. Tenemos nuestras propias propuestas tanto sobre el aspecto técnico y la localización importante en Turquía, como sobre la faceta económica, sobre cómo plegar el nuevo proyecto en términos de gestión”**, dijo Alexey Likhachev. También agregó que la Corporación Estatal está dispuesta a cooperar no solo en la construcción de las centrales nucleares de alta potencia, sino también en el segmento de las centrales nucleares pequeñas.

La central nuclear Akkuyu es la primera central de energía nuclear en Turquía. Consta de cuatro unidades de potencia con reactores de generación 3+ VVER-1200 de diseño ruso. Rosatom posee una participación del 100% en el proyecto y, de conformidad con el Acuerdo Intergubernamental, puede vender hasta el 49% a uno o más inversores. La CN Akkuyu es el primer proyecto de central nuclear del mundo basado en el modelo Build-Own-Operate (Construir-Poseer-Operar).



## Los reactores salieron de a pares

A fines de abril, Atom mash (que es parte de Atomenergomash, la división de construcción de maquinaria de Rosatom), envió dos conjuntos de equipamiento clave para las centrales nucleares. En total, se trata de 2 reactores y 8 generadores de vapor. Es la primera vez en la historia de la industria mundial de la energía nuclear que se envía tal volumen desde un único centro de producción.

### Preparación a tiempo

Por supuesto, Atom mash comenzó a prepararse con antelación para el trabajo duro. La tarea se abordó de manera integral, resolviéndola en varios aspectos: modernización y reequipamiento técnico de las instalaciones de producción, digitalización de los procesos productivos, optimización de los procesos comerciales, reciclaje y capacitación avanzada de los empleados.

Desde 2018, se han comprado y modernizado para Atom mash decenas de unidades de



## NOTICIAS ROSATOM

[Volver al índice](#)

equipos de soldadura, máquinas de corte de metales, equipos para operaciones de control de calidad. Por ejemplo, en 2020, la planta inauguró una fresadora y mandrinadora CNC horizontal de casi 600 toneladas y 40 metros de longitud de trabajo. La renovación de las máquinas permitió acelerar el mecanizado de piezas y cuerpos de generadores de vapor y reactores.

Entre 2016–2022, la cantidad de empleados de Atommash aumentó más de 1,5 veces. No solo fueron contratados, sino también capacitados en el marco de programas especiales. Se utilizó tutoría y capacitación proactiva, lo que se correlacionó con el programa de modernización de las instalaciones de producción.

Atommash ha implementado tecnologías de escaneo 3D de productos para controlar los parámetros geométricos y un sistema de información para optimizar el transporte dentro de la planta. El proceso de fabricación de los generadores de vapor utiliza un sistema de simulación capaz de calcular el programa de producción y compararlo con el desempeño real de las operaciones tecnológicas y de control. También se utilizan soluciones y tecnologías digitales para el monitoreo del

estado del personal (movimientos, indicadores clave de salud, uso de EPI, etc.).

Atommash utiliza herramientas de modelado digital: más del 90% de la gama de productos tiene modelos 3D con la capacidad de verificar el ensamblaje. La gestión de la producción se realiza mediante el sistema de información “Panel de Dirección” (una App). Incluye la información sobre las cargas de equipos clave, control de ejecución de contratos, implementación del programa mensual por tramos y otros indicadores.

### **Carga compacta**

El plazo de fabricación de los equipos para una planta de reactor es de más de dos años. El complejo proceso de la producción pasa por numerosos puntos de control. Por ejemplo, para la vasija de un reactor nuclear hay alrededor de 300 puntos de este tipo. Solo después de pasar un punto se puede continuar trabajando hasta llegar al siguiente.

Teniendo en cuenta estas etapas, se estima la carga de trabajo y se construye el cronograma óptimo según el principio de secuencia efectiva. Cuando un producto supera una etapa, las instalaciones de producción pueden asumir la siguiente. La capacidad de producción de la empresa permite ejecutar una serie de procesos en paralelo y llevar varios equipos a la fase final simultáneamente.

### **¿Adónde fueron enviados los equipos?**

Un conjunto fue a la India, a la central nuclear Kudankulam, para la 5ta unidad de potencia que se encuentra en construcción. El segundo equipo fue a China, para la 7ma unidad de potencia de la central nuclear Tianwan. El peso total de la carga es de 3400 toneladas.



## NOTICIAS ROSATOM

[Volver al índice](#)

**AtomEnergomash (AEM)** es la división de ingeniería energética de Rosatom y uno de los mayores productores rusos de maquinaria energética que brinda soluciones integrales en diseño, fabricación y suministro de maquinarias y equipos para las industrias nuclear, térmica, petrolera, naval y metalúrgica.

La central nuclear Kudankulam se ubica al sur de la India, en el estado de Tamil Nadu. En el sitio de la central nuclear, se están construyendo cuatro unidades de potencia con reactores VVER-1000, que son la segunda y la tercera etapa de la central nuclear.

La central nuclear Tianwan se encuentra en la provincia china de Jiangsu. Rosatom está construyendo dos unidades con reactores VVER-1200, que pertenecen a la generación de seguridad 3+.

### ¿Cómo se transportaron los reactores?

La carga se llevó primero por carretera a un muelle especializado en Tsimlyansk. Los equipos fueron transportados de noche para no crear atascos de tráfico. Debido al gran tamaño, los servicios de la ciudad bloquearon las carreteras y cortaron las líneas eléctricas. La velocidad de los transportadores era de solo 2–7 km/h.

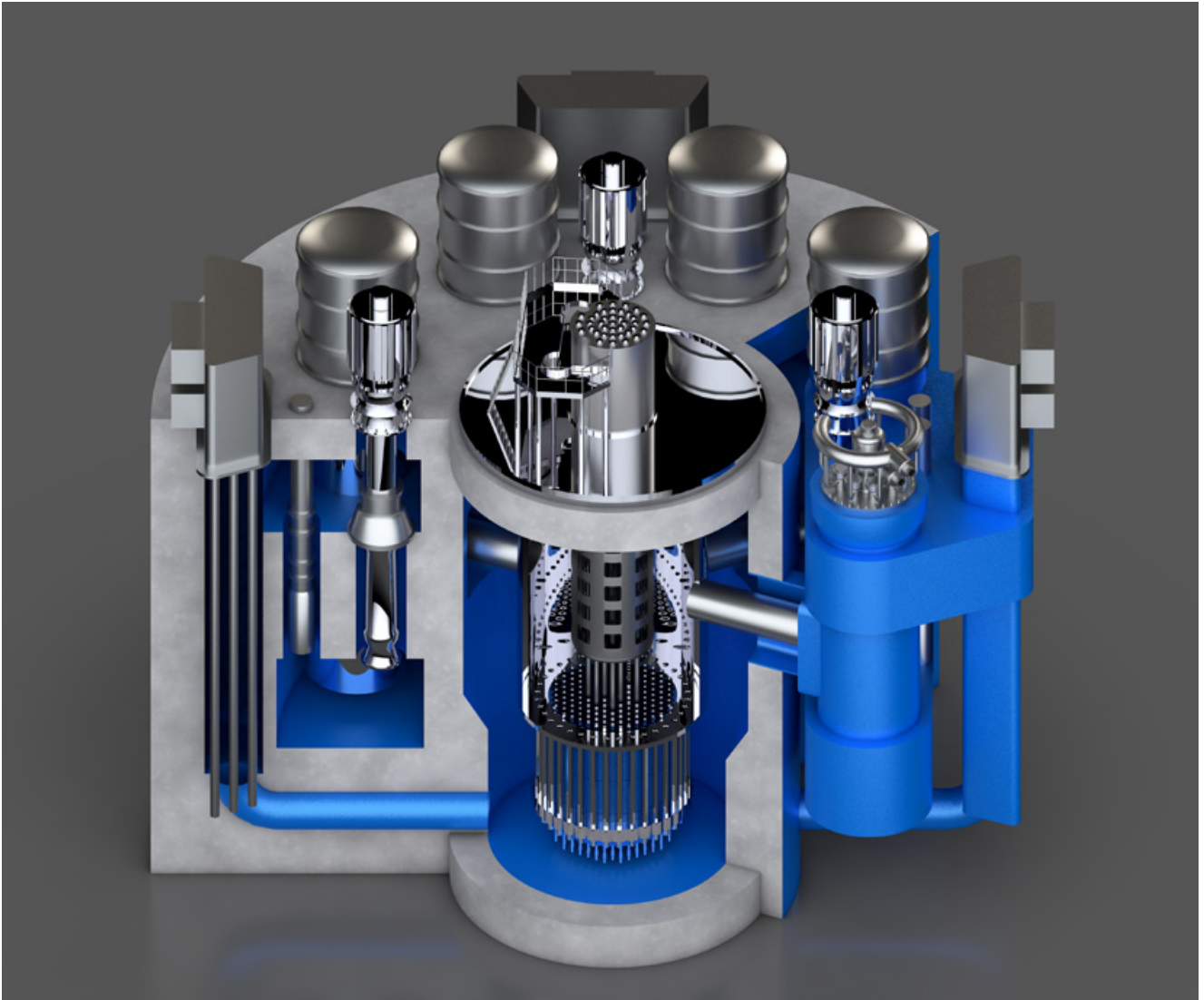
El 27 y 29 de abril los equipos fueron trasladados a barcasas y se dirigieron a San Petersburgo por el río. El recorrido por los ríos fue de 3500 km. Las barcasas navegaron por Saratov, Samara, Kazan, Nizhny Novgorod, Shlisselburg y otras ciudades.

En San Petersburgo, las barcasas navegarán por el río Neva, de noche, bajo los puentes elevados. Desde San Petersburgo, los equipos irán a sus destinos. La carga pasará por los mares Báltico y del Norte, Gibraltar, el mar Mediterráneo, el canal de Suez y los mares Rojo y Arábigo.

### Los récords continúan

En 2023, Atomenergomash seguirá batiendo récords. Hasta fin de año, las empresas de la división de construcción de maquinaria planean enviar tres reactores nucleares más (nuevamente desde la planta de Atomenergomash) y otros equipos clave y auxiliares para las centrales nucleares, reactores de rompehielos, así como decenas de otros equipos. En total, la cartera de pedidos de la empresa incluye equipos para la sala del reactor de 23 unidades de potencia en diferentes países. Y esto sin tener en cuenta los equipos para los proyectos de GNL, construcción naval, petroquímica, combustible y energía, metalúrgica y otras industrias. <sup>NU</sup>

[Al inicio de la sección](#)



## Reactor de plomo en formato de “hierro”

El reactor BREST-OD-300 es el primer reactor rápido de este tipo, alimentado con nitruro y enfriado con plomo, implementado no solo en papel, sino ya construido en “hierro”. Su objetivo clave es demostrar la viabilidad y el éxito del cierre del ciclo del combustible nuclear y las últimas tecnologías de reactores.

### ¿Cómo está diseñado el reactor y cómo es su funcionamiento?

BREST-OD-300 significa “reactor rápido de seguridad natural, demostración experimental, con una capacidad de 300 MW”. El refrigerante utilizado es plomo fundido. El combustible es una mezcla de nitruro de uranio y plutonio (SNUP). El primer hormigón se vertió en los cimientos del edificio del reactor en junio de 2021.

El nuevo refrigerante requiere el uso de un diseño especial. En el BREST-OD-300, el núcleo se encuentra en la cavidad central de una



## TECNOLOGÍAS DE REACTORES

[Volver al índice](#)

piscina de hormigón armado lleno de plomo líquido. Los generadores de vapor y las bombas de circulación se ubican en las cavidades periféricas.

Las temperaturas de fusión y ebullición y otras características físicas del refrigerante, así como las características del reactor permitieron abandonar la trampa de fusión, evitar un gran volumen de sistemas de apoyo y también reducir la clase de seguridad de los equipos ajenos al reactor. El diseño integral y la física de la planta del reactor excluyen accidentes que requieran la evacuación de la población.

El reactor opera según un esquema de dos circuitos: el combustible nuclear calienta el plomo líquido del circuito primario, dentro del generador de vapor él entrega el calor al agua del circuito secundario, que en forma de vapor hace girar la turbina que transfiere energía al generador eléctrico, que, a su vez, produce electricidad.

BREST-OD-300 es parte del Complejo de Energía de Demostración Experimental (ODEK). El ODEK también incluye un módu-

lo de producción de combustible de uranio-plutonio y un módulo de reprocesamiento de combustible gastado. Se producirán nuevas porciones de combustible fresco a partir del plutonio apto para el uso energético con adición de uranio empobrecido, mediante la tecnología de fusión carbotérmica.

Los tres elementos del ODEK deben demostrar la sostenibilidad de la producción cíclica de combustibles, su uso y reprocesamiento del combustible nuclear gastado. De hecho, este es el cierre del ciclo del combustible nuclear en el emplazamiento de una central nuclear.

### Diferentes lados del desarrollo

A fines de abril, en la Planta Química de Siberia (SKhK, que forma parte de TVEL), en cuyo emplazamiento se está construyendo el ODEK, comenzaron a ensamblar una bomba prototipo para el bombeo del plomo fundido. Para este equipo se utilizó acero de alta aleación y materiales cerámicos. El equipo pesa más de 30 toneladas y la bomba se entregó a fines de marzo de 2023. Tras su instalación, se probará en un soporte especial en una columna con plomo fundido. La bomba BREST es capaz de bombear 11 toneladas de plomo fundido por segundo a través del circuito primario del reactor, lo que equivale al volumen de un camión mediano cargado de plomo.

Durante este año, los especialistas comprobarán las características de presión y caudal de la bomba. En base a los resultados obtenidos, teniendo en cuenta las posibles mejoras, se fabricarán cuatro unidades de bombeo en serie.

La Planta de Concentrados Químicos de Novosibirsk (NCCP, que es parte de Rosatom)







## TECNOLOGÍAS DE REACTORES

[Volver al índice](#)

está trabajando en la creación de una zona de simulación, que son modelos de cartuchos de combustible. Se espera que esté lista a finales de 2024 y se envíe a la ODEK.


Antes de esto, las barras de combustible y los conjuntos de combustible para BREST-OD-300 se han sometido a numerosos estudios y pruebas. Un ejemplo reciente fue en septiembre de 2022, cuando se completaron las pruebas y estudios post-reactor de maquetas de barras de combustible en el reactor pulsado IGR (Kazajistán). Como resultado, se confirmó experimentalmente el comportamiento de las barras de combustible en situaciones fuera de diseño que implican la introducción de reactividad positiva.

En paralelo, los científicos están explorando nuevos materiales que mejoren el rendimiento del combustible. Así, en febrero de este año, los especialistas de VNIINM JSC (parte

de Rosatom) produjeron un lote piloto de tuberías bimetálicas con una capa protectora de acero ferrítico de 0,3 mm de espesor. Estos tubos pueden utilizarse como revestimiento de elementos combustibles en un reactor refrigerado por plomo. También pueden convertirse en la base de las celdas de la rejilla espaciadora en el núcleo. En el futuro, los nuevos materiales estructurales ayudarán a aumentar la quema de combustible SNUP en un reactor rápido enfriado con plomo en un 20–25% y, como resultado, aumentarán la eficiencia económica de su operación.

También se está trabajando mucho en la formación de especialistas. En marzo, más de 30 empleados del módulo de fabricación-refabricación de la ODEK fueron capacitados en un simulador analítico. Los especialistas desarrollaron las habilidades de trabajar en la línea de producción, los procesos tecnológicos, se familiarizaron con el procedimiento para situaciones de emergencia.

Este año comenzarán las pasantías de dos semanas para especialistas de la Planta Química de Siberia en la central nuclear de Beloyarskaya.

Los trabajos de construcción del reactor, instalación y puesta en marcha de los equipos y diseño del módulo de procesamiento del combustible nuclear gastado avanzan según lo programado. Se espera que el ODEK se ponga en marcha por completo en 2030. 

[Al inicio de la sección](#)



A Joint Report by the Nuclear Energy Agency  
and the International Atomic Energy Agency



# Uranium 2022 Resources, Production and Demand



## Urano para 100 años por delante

A principios de abril se publicó un informe periódico del OIEA “Uranio-2022: recursos, producción y demanda”. En ese informe no sólo se registran los resultados de 2020 y los cambios en los dos años transcurridos desde la publicación de la edición anterior, sino que también el informe evalúa los acontecimientos más recientes

que afectan al mercado del uranio. La crisis energética en Europa, las interrupciones en la cadena de suministro y el aumento de precios hasta situarse en torno a los 50–51 dólares por libra de óxido uránico. La suma de los factores hizo económicamente factible extraer reservas con un mayor costo, aumentando así la vida útil de las centrales nucleares hasta 100 años.

El informe sobre la industria mundial del uranio, elaborado por la OCDE y la Agencia de Energía Nuclear (NEA), debía salir a fina-



# TENDENCIAS

[Volver al índice](#)

les de 2022, pero la publicación se retrasó. A pesar del retraso, el ejercicio contable se mantuvo sin cambios.

## Recursos

En 2019–2020, los recursos de uranio a nivel mundial disminuyeron un 2%, mientras que en los dos años anteriores aumentaron alrededor de un 1%. Por ejemplo, los recursos identificados con costos de extracción de hasta \$260/kg de uranio (\$100/lb de óxido nitroso), que también incluye recursos de menor costo, cayeron de poco más de 8 millones de toneladas de uranio a poco menos de 7,92 millones de toneladas. La disminución ascendió a 152,9 mil toneladas ó 1,9%.

Los recursos fueron los que más cayeron, un 28,2%, en la categoría hasta \$40/kg (\$15/lb de óxido nitroso), de casi 1,1 millones de toneladas a una fracción de 776 mil toneladas. En la categoría de hasta \$80/kg (\$30/lb de óxido nitroso), la disminución fue solo del 0,8%, mientras que en la categoría de hasta \$130/kg (\$50/lb de óxido nitroso), la disminución fue del 1,1%.

En el grupo de recursos razonablemente seguros, incluidos en los recursos identificados, los cambios en la categoría hasta \$40/kg son aún más dramáticos, ya que la caída fue de 38,6%, los recursos disminuyeron de 744,5 mil toneladas a 457,2 mil toneladas. En otras categorías, la disminución es mucho menos significativa: un 2,6% (a 1,21

Figure 1.1. Global distribution of identified recoverable conventional uranium resources (<USD 130/kgU as of 1 January 2021)



\* Secretariat estimate or partial estimate.

The global distribution of identified recoverable conventional uranium resources in the <USD 130/kgU cost category among 15 countries, which are either major uranium producers or have significant plans for growth of nuclear generating capacity, illustrates the widespread distribution of these resources. Together, these 15 countries are endowed with 95% of the global resource base as specified above (the remaining 5% are distributed among another 24 countries). The widespread distribution of uranium resources is an important geographic aspect of nuclear energy in light of security of energy supply.



# TENDENCIAS

[Volver al índice](#)

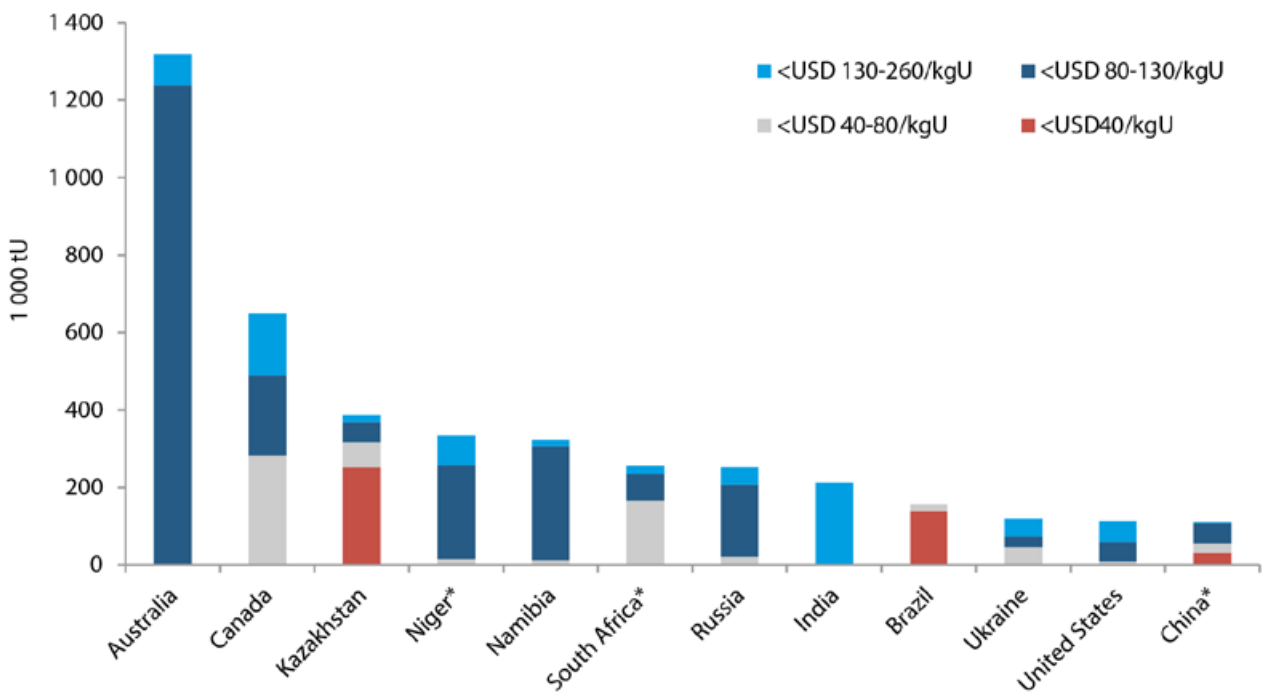
millones de toneladas) en la categoría hasta \$80/kg; en un 0,6% (hasta 3,81 millones de toneladas) en la categoría hasta \$130/kg y en un 0,7% (hasta 4,69 millones de toneladas) en la categoría hasta \$260/kg.

**“La disminución se debió principalmente al agotamiento de las reservas y a la reasignación de recursos por categorías en Kazajistán y Canadá. Además, la disminución de los recursos en estos y otros países productores de uranio se vio afectada por los cambios en las estimaciones de límites a bordo, datos de recuperabilidad revisados, el impacto de la inflación monetaria y una reevaluación de los recursos de uranio previamente identificados”**, explican los autores del informe. En particular, tras la revalorización en Canadá, no quedaron recursos en la categoría hasta \$40/kg. Solo Argentina (2,4 mil toneladas), Brasil (138,1 mil toneladas), China (73,2 mil toneladas), Kazajistán (502

mil toneladas), España (8,1 mil toneladas) y Uzbekistán (52,1 mil toneladas) declararon disponer de ellos. Sin embargo, los autores del informe instan que los datos en las dos categorías inferiores de costos se traten con cautela, **“porque algunos países no informan las estimaciones para los recursos de bajo costo, principalmente por razones de confidencialidad, y otros países que nunca exploraron las minas de uranio o comenzaron la exploración hace poco, puede subestimar el costo de producción”**.

En las tres categorías de mayor costo (entre \$40 y \$260/kg), los recursos han disminuido en Rusia, Ucrania, Kazajistán y la República Centroafricana. Las estimaciones de recursos para Mongolia, China y Turquía fueron revisadas. Guayana, Hungría, India, Malawi, Mauritania, Mongolia, Namibia, Níger y Paraguay anunciaron aumentos de recursos en las mismas categorías. Estos son

Figure 1.2. Distribution of reasonably assured recoverable conventional uranium resources among select countries with a significant share of resources



\* Secretariat estimate or partial estimate.



# TENDENCIAS

[Volver al índice](#)

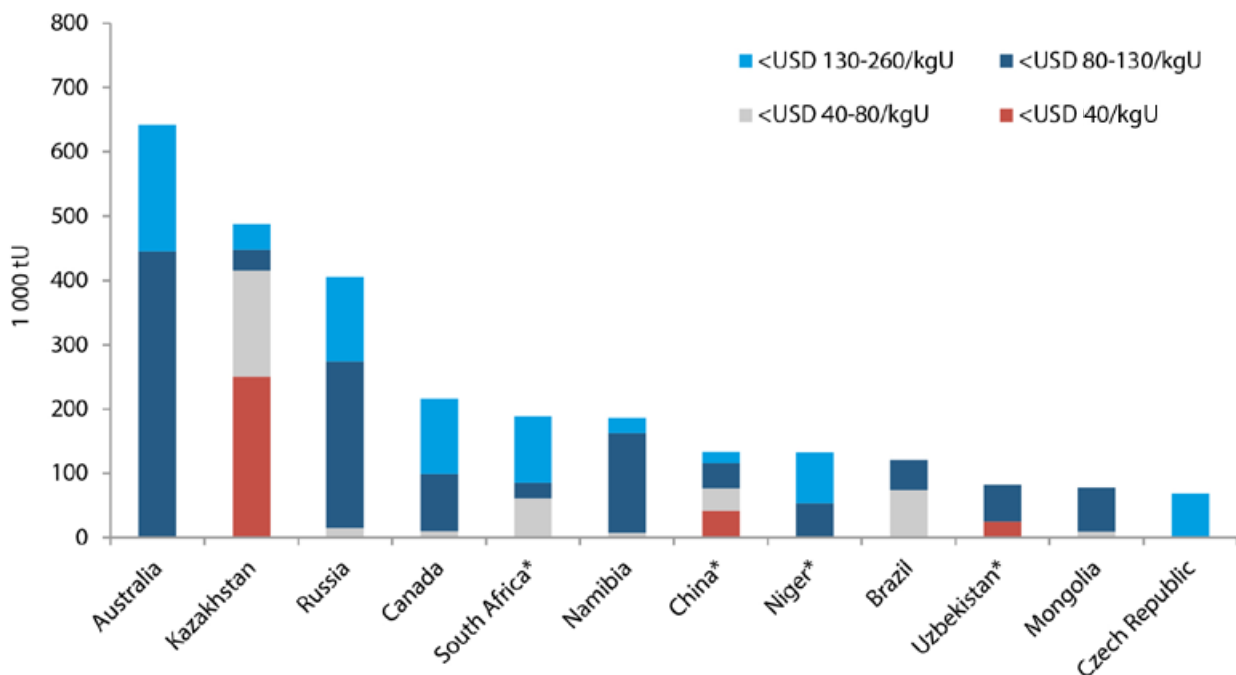
resultados de la exploración en curso y de nuevos descubrimientos.

La categoría de menor costo para recursos razonablemente recuperables está dominada por materias primas FPV (291,56 mil toneladas de 457,3 mil toneladas). En las tres categorías de mayor costo, el papel de la minería subterránea está creciendo: los recursos ascienden a 549,6 mil toneladas de 1,21 millones de toneladas en la categoría hasta \$80/kg de uranio; 2,14 millones de toneladas de 3,81 millones de toneladas en la categoría de hasta \$130/kg y 2,62 millones de toneladas de 4,69 millones de toneladas en la categoría de hasta \$260/kg. En las dos categorías principales, la participación de la lixiviación en pilas también está aumentando: los recursos para esta tecnología ascienden a 268,22 mil toneladas y 323,57 mil toneladas, respectivamente.

## Exploración

Una estimación confiable de los costos de exploración es una tarea difícil, ya que no todos los países brindan los datos necesarios. **“Algunos países no informan (o no lo hicieron hasta hace poco) los gastos incurridos en el extranjero, por lo que los datos no pueden considerarse completos. Se sabe que las empresas privadas de Canadá y Australia han invertido fuera del país y probablemente invirtieron más en la exploración y desarrollo de yacimientos de uranio en el extranjero, sin embargo, en los últimos años, los gobiernos de estos países no han facilitado ninguna información al respecto”**, — señalan los autores del informe. Desde 2008, solo cuatro países (China, Francia, Japón y Rusia) han proporcionado datos sobre el gasto en la exploración fuera de sus propios países. Pero, para este informe, China no los entregó. En 2019 y, aparen-

Figure 1.3. Distribution of inferred recoverable conventional uranium resources among select countries with a significant share of resources



\* Secretariat estimate or partial estimate.



## TENDENCIAS

[Volver al índice](#)

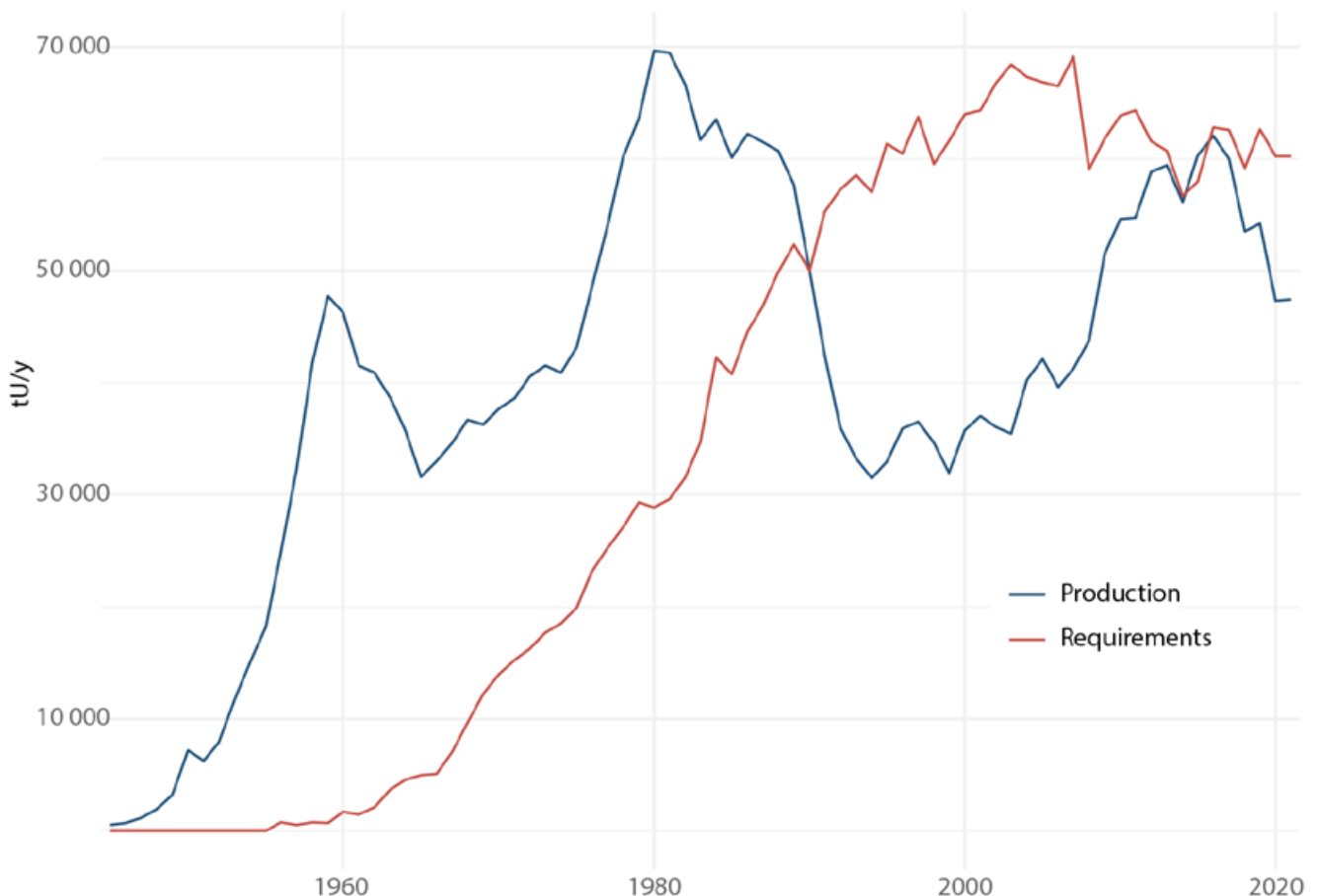
temente, en 2020, la inversión en exploración de uranio en el extranjero estuvo en su nivel más bajo desde al menos 2014. El gasto ascendió a casi \$ 801 millones de dólares, y en 2019, solo 56,82 millones de toneladas, una caída de 14 veces.

Sobre las inversiones en la exploración de uranio en sus países, 19 países actualizaron datos para 2019 y 2020. En comparación con 2015, las inversiones disminuyeron un 71%: de \$ 876,5 millones en 2015 a \$ 251,3 millones en 2020. Es cierto que esta última cifra no tiene en cuenta la inversión china, ya que Celestial Empire no proporcionó datos para 2020. En 2019, China ocupó el segundo lugar con una inversión de \$154 millones.

Entre los 19 países, el líder en inversiones en exploración de uranio es Canadá. Ha invertido 210,7 millones de dólares en 2019 y 140,88 millones de dólares en 2020. En tercer lugar en 2019 y en segundo lugar en 2020 se encuentra India, con un gasto de 66,17 millones de dólares y 47,81 millones de dólares, respectivamente. El costo mundial total conocido fue de \$508,47 millones y \$251,31 millones en 2019 y 2020, respectivamente.

Una característica de la nueva edición del Libro Rojo es la publicación de una tabla que resume los datos sobre los volúmenes de perforación. La información fue enviada por 15 países, aunque 9 países los enviaron

Figure 2.6. **World annual uranium production and requirements**  
(1949-2021)





## TENDENCIAS

[Volver al índice](#)

parcialmente. Los datos mostraron que solo Namibia y Egipto aumentaron los volúmenes de perforación entre 2018 y 2021, mientras que la perforación en otros países disminuyó constantemente o no mostró cambios pronunciados. Los datos, a pesar de la fragmentación, suponen una disminución en los volúmenes de perforación en el período estimado “en promedio a nivel global”.

Además, los autores recopilaron los datos sobre las inversiones en exploración y perforación de uranio para 2021. Incluso las cifras preliminares e incompletas sugerían que tanto el dinero como los metros perforados en la exploración de uranio eran mayores que un año antes.

### **Demanda**

Las 442 centrales nucleares en funcionamiento, con una capacidad eléctrica total de 393 GW requieren alrededor de 60,1 mil toneladas de uranio al año (unas 150 toneladas por 1 GW de un reactor ya en funcionamiento). El escenario pesimista para el desarrollo de la industria nuclear mundial supone que la capacidad total de las unidades en funcionamiento en 2040 será de 394 GW. El escenario optimista es de 677 GW, que es alrededor de un 70% más que en 2020. En consecuencia, la demanda de uranio también cambiará, de 63 mil toneladas a 108,2 mil toneladas anuales, dependiendo del escenario. El mayor crecimiento en capacidad instalada se espera en Asia Oriental, Central y Meridional, así como en Oriente Medio. En Europa, en el mejor de los casos, la energía nuclear se mantendrá en el nivel actual y en un escenario pesimista, caerá en una cuarta parte. Se espera un crecimiento moderado en África y Centroamérica y Sudamérica. En Norteamérica, las expectativas

van desde un recorte de capacidad del 42% hasta un crecimiento del 3% con respecto a los niveles de 2020.

### **La relación entre la oferta y la demanda**

En esta sección del “Libro Rojo” se presenta una respuesta a la pregunta de si hay suficiente uranio para satisfacer las necesidades de las centrales nucleares y por cuánto tiempo alcanzará.

Una de las tendencias señaladas por los expertos es la reducción de la proporción de uranio natural en el volumen total de las necesidades de los reactores. De esta manera, si en 2019 fue del 86%, en 2020 disminuyó al 79%. Sin embargo, la reducción de la producción no afectó el suministro de combustible a las centrales nucleares. El déficit fue cubierto por las llamadas fuentes secundarias. Dichas fuentes de suministros secundarios incluyen excedentes gubernamentales y reservas comerciales, reprocesamiento de combustible gastado, ventas de uranio por plantas de enriquecimiento de uranio, uranio obtenido por el reenriquecimiento de los relaves de uranio empobrecido y uranio poco enriquecido producido mediante la “mezcla descendente” de uranio altamente enriquecido. Es difícil estimar el volumen de estas fuentes, ya que no hay acceso público a la información sobre ellas.

Otro factor que contribuyó significativamente a la expansión de la oferta fue el aumento de los precios a alrededor de \$50/lb de óxido nitroso. Su impacto comenzó a notarse después de esos dos años descritos, pero se tuvo en cuenta al construir el pronóstico hasta 2040. Además, la interrupción de las cadenas de suministro causada por la pande-



## TENDENCIAS

[Volver al índice](#)

mia en 2020, la crisis energética en Europa en 2021 y la presión de las sanciones sobre Rusia en 2022, han llevado a los compradores a volver a los contratos a largo plazo para asegurar el suministro de uranio. Todos estos factores hicieron económicamente viable extraer uranio a un costo mayor. Si antes, para evaluar la disponibilidad de uranio para el ciclo del combustible nuclear, tenía sentido considerar solo los recursos en la categoría hasta \$40/kg, máximo hasta \$80/kg, ahora tiene sentido económico extraer uranio con un costo de hasta \$130/kg. Si el precio se hubiera mantenido en el nivel de 2019–2020, es decir, por debajo de \$78/kg, entonces para 2040, según los autores, se habría producido el 80% de los recursos recuperables identificados con un costo inferior a \$80/kg. Al precio actual, que brinda la oportunidad de involucrar minerales más caros en la minería, los recursos recuperables identificados en la categoría de hasta \$130/kg se reducirían solo en un 26%. **“Por lo tanto, bajo este tipo de condiciones económicas y de mercado, los recursos recuperables identificados en la categoría por debajo de \$ 80 por kg de uranio (equivalente a \$ 30 por libra de U3O8, es decir, el precio promedio del uranio a principios de 2021) será suficiente para cubrir las necesidades de uranio mundiales para los reactores solo durante unos 30 años (manteniendo la demanda mundial de uranio al nivel de 2020). Con precios de mercado promedio de alrededor de \$50/lb U3O8 (\$130/kg de uranio) entre mediados de 2021 y principios de 2023, podría ser económico desarrollar aproximadamente el 75% de la base de recursos recuperables, cubriendo las necesidades de uranio durante unos 100 años”,** concluyeron los autores del “Libro Rojo”.

Sin embargo, ellos nos recuerdan que no alcanza solo con el aumento en el precio del



uranio. Para asegurar el nivel requerido de su producción, son necesarias inversiones oportunas en exploración, construcción de minas y producción, así como un alto nivel de formación de los especialistas.

Los cambios rápidos en la situación política y económica han llevado a un cambio en la percepción de la energía nuclear por parte de los estados de todo el mundo. **“Si bien [estos cambios] también están impulsados por la severa crisis energética geopolítica de 2022 en Europa, en el Libro Rojo de 2024 intentaremos brindar una imagen más completa del impacto de estos desarrollos en la oferta y demanda de uranio”,** prometieron los autores.

Por ahora, sin embargo, los cambios están a favor de la energía nuclear: **“Después de un período de disminución de la producción, desaceleración de las inversiones y precios relativamente bajos del uranio, queda por ver si las condiciones políticas y del mercado que cambian rápidamente crearán los incentivos para una expansión significativa del mercado del uranio en las próximas décadas.”** <sup>NL</sup>

[Al inicio de la sección](#)





## Bolivia recibe el reactor

**Representantes de Bolivia participaron en la culminación del montaje de prueba del primer reactor de investigación destinado para el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN). Próximamente, el reactor será enviado a Bolivia para su instalación.**

En la ceremonia participaron la embajadora de Bolivia en la Federación de Rusia, María

Luisa Ramos Urzagaste, representantes de Rosatom y del Gobierno de la región de Uliánovsk. El Presidente de la Cámara de Diputados de la Asamblea Legislativa Plurinacional de Bolivia, Jerges Mercado Suárez, se unió a la ceremonia por teleconferencia.

Durante los eventos de prueba se reprodujeron todos los procesos de montaje de los principales equipos tecnológicos del reactor, incluyendo la instalación de bloques reflectores, maquetas y simuladores de elementos combustibles, elementos de control y protección, así como las tuberías de canales experimentales para asegurar la calidad de los elementos fabricados.



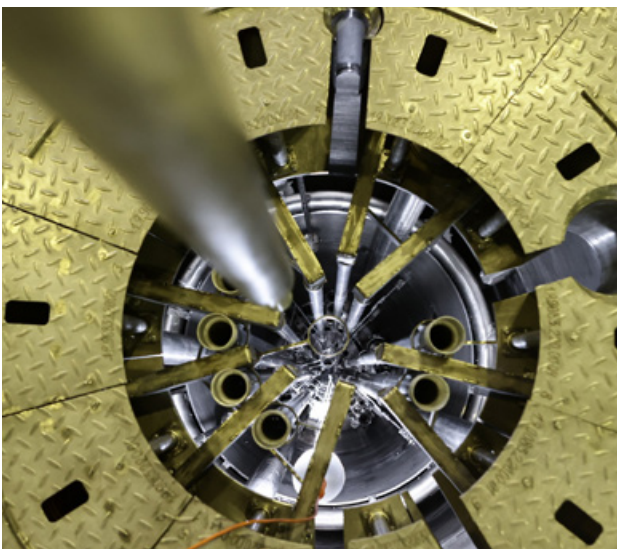
## LATIN AMERICA

[Back to contents](#)

**“La finalización del montaje de control del reactor de investigación es un hito importante en todo el proyecto de Bolivia, esto implica que el cliente debe venir, controlar la calidad y verificar la documentación. Los procesos de la aceptación del equipamiento deben confirmar que el equipo clave de largo plazo de funcionamiento fue fabricado de acuerdo con el proyecto y que es compatible entre sí”**, dijo Evgeny Pakermanov, Presidente de Rusatom Overseas.

El reactor de investigación de agua a presión tipo piscina de 200 kW fue desarrollado por especialistas de NIAR. Su vida útil es de 50 años. El reactor se ubicará en el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN), que se construye en la ciudad de El Alto, a una altitud de 4000 metros sobre el nivel del mar. La instalación permitirá producir radioisótopos para la investigación en el área de la agricultura, la ecología y la hidrogeología. Sus instalaciones también brindarán las condiciones para la formación de estudiantes en especialidades nucleares.

**“En un futuro muy cercano, el reactor irá a Bolivia, y ya este año comenzaremos su instalación en el emplazamiento del cen-**



**tro”**, dijo Kirill Komarov, Primer Vicedirector General y Director de la Unidad de Desarrollo y Negocios Internacionales de Rosatom.

Kirill Komarov también recordó que el complejo ciclotrón, que forma parte del CIDTN, inició recientemente sus actividades. El dispositivo comenzará a producir radiofármacos para la realización de más de 500 estudios al año. En el futuro, los tres centros de medicina nuclear de Bolivia estarán completamente provistos de radiofármacos producidos localmente.

La siguiente etapa es la ampliación de la gama de radiofármacos y la exportación a países vecinos. **“Es bueno ver que el proyecto ya está beneficiando a los ciudadanos bolivianos y continuaremos implementándolo activamente. El proyecto debería estar terminado en su totalidad en 2025”**, enfatizó Kirill Komarov.

Además del reactor de investigación, el CIDTN incluye un complejo de laboratorios, un complejo ciclotrón productor de radiofármacos para investigación clínica y un centro de irradiación polivalente donde se pueden procesar hasta 70 toneladas diarias de productos agrícolas para mejorar su seguridad alimentaria y prolongar su vida útil.

**“Este es un proyecto importante para nosotros, y nuestros socios en todo el mundo lo están observando. Este año, entregamos oficialmente al cliente el complejo ciclotrón, y ya está en funcionamiento en Bolivia la primera y la más moderna producción de radiofármacos en América Latina, que fue creada por ingenieros rusos. Estamos listos para transferir el centro de irradiación multifuncional al cliente, ya que la instalación está completamente lista”**, dijo Evgeny Pakermanov.



## LATIN AMERICA

[Back to contents](#)

Rosatom coopera activamente con otros países de América Latina. Así, en marzo de este año, la Corporación Estatal ganó la licitación de la empresa brasileña Eletronuclear para el suministro de 100 kg de hidróxido de litio-7 para dos unidades de la central nuclear de Angra.

A principios de mayo, Rosatom participó en la mayor exposición de negocios de la industria nuclear brasileña, Nuclear Trade and Technology Exchange (NT2E), organizada por la Asociación Brasileña para el Desarrollo de la Industria Nuclear (ABDAN). A la ceremonia de apertura asistieron el Ministro de Minas y Energía, Alexandre Silveira, la Ministra de Ciencia, Tecnología e Innovación, Luciana Santos y el Director General de la OIEA, Rafael Grossi. A la exposición asistieron más de 2.500 personas, más de 130 delegados participaron en mesas redondas. Entre los temas discutidos durante la NT2E estuvo el papel de la energía nuclear en el desarrollo sostenible,

la planificación energética, los pequeños reactores modulares, la extracción de uranio, la medicina nuclear y el desarrollo de cadenas productivas en la industria nuclear brasileña.

Rosatom también participó en la exposición y las conferencias. Durante el discurso en el panel de discusión sobre el papel de la energía nuclear en la inversión en energía verde, Kirill Komarov, Primer Vicedirector General y Director de la Unidad de Desarrollo y Negocios Internacionales, señaló: **“Hoy vemos que la energía atómica es interesante para los inversores. Como ejemplo es el proyecto Rosatom que estamos implementando en Rusia, que es la construcción de cuatro centrales nucleares flotantes. El contrato para el proyecto es por un período de 40 años, en el cual el cliente recibe un precio fijo durante las próximas cuatro décadas y nosotros, como fabricantes, tenemos la oportunidad de una planificación económica estratégica para medio siglo por delante”**.

En el marco de la NT2E Rosatom alcanzó nuevos acuerdos con sus socios brasileños.

“Seguimos desarrollando la cooperación con la empresa brasileña INB para el suministro de productos de uranio. El año pasado ganamos la licitación internacional y firmamos un contrato para el suministro de servicios de enriquecimiento de uranio. Hoy, en Río de Janeiro, se firmó otro contrato para el suministro de uranio natural”, dijo Kirill Komarov con motivo de la firma. <sup>NL</sup>

[Al inicio de la sección](#)