

Capítulo quinto

Dos desafíos a la seguridad energética europea: la crisis del gas ruso y la dependencia de China en las tecnologías de la transición energética

José María Calvo-Sotelo

Resumen

Este capítulo analiza dos desafíos de muy distinta naturaleza a la seguridad energética de la Unión Europea: 1) la crisis del gas ruso con motivo de la invasión rusa de Ucrania en febrero de 2022, momento en que Alemania importaba todo el gas que consumía y el 72 % de ese gas provenía de Rusia, y 2) el dominio de China sobre las cadenas de suministro de las tecnologías más importantes de la transición energética, dominio que China hizo patente en varias ocasiones a lo largo de 2025 con el recurso a controles sobre exportaciones de tierras raras (y de los productos intermedios y finales que las incorporaban como los imanes permanentes) y de baterías de ion-litio. Controles que pusieron en jaque a la industria europea (y norteamericana) y que obligaron a la administración Trump a firmar en octubre pasado una «tregua» con el Gobierno chino en su guerra comercial.

Ambos desafíos son ejemplo de cómo Europa, a lo largo de las últimas dos décadas, ha puesto en riesgo la seguridad de suministro de su sistema energético al apostar por las alternativas más baratas. Así ocurrió con la apuesta por el gas ruso de Alemania y

el resto de Europa Central, y está ocurriendo en toda Europa con las industrias claves para su transición energética, transición que hoy en día depende de cadenas de suministro controladas muy mayoritariamente por empresas chinas.

Palabras clave

Unión Europea, Seguridad de Suministro, Soberanía Energética, Minerales Críticos, Guerra comercial.

Two challenges to European energy security: the Russian gas crisis and China's dependence on energy transition technologies

Abstract

This chapter analyses two challenges of a very different nature to the energy security of the European Union: (1) the Russian gas crisis triggered by Russia's invasion of Ukraine in February 2022, at a time when Germany imported all the gas it consumed and 72 % of that gas came from Russia; and (2) China's dominance over the supply chains of the most important technologies for the energy transition, a dominance that China made evident on several occasions throughout 2025 through the use of export controls on rare earths (and on its intermediate and final products, such as permanent magnets) and on lithium-ion batteries. These controls placed European (and North American) industry under severe strain and forced the Trump administration to sign a «truce» with the Chinese government in October of last year in its trade war.

Both challenges illustrate how, over the past two decades, Europe has put the security of supply of its energy system at risk by opting for the cheapest available alternatives. This was the case with Germany's—and the rest of Central Europe's—reliance on Russian gas, and it is now happening across Europe with the key industries of its energy transition, a transition that today depends on supply chains overwhelmingly controlled by Chinese companies.

Key words

European Union, Security of Supply, Energy Sovereignty, Critical Minerals, Trade Wars.

Introducción

Así como las «cinco fuerzas» de Michel Porter sirvieron durante varias décadas para estructurar el análisis de la competitividad de cualquier industria, el famoso trilema de la energía lleva dominando los análisis y la prospectiva sobre los sistemas de abastecimiento y consumo de energía desde hace al menos dos décadas, y principalmente en las economías avanzadas. Este trilema expone el difícil equilibrio que todo sistema energético debería alcanzar entre tres variables fundamentales: seguridad de suministro, coste asequible y sostenibilidad ambiental. Las dos primeras variables, seguridad y coste, saltaron a la palestra con la primera crisis del petróleo en la década de los años setenta del siglo pasado, en la que se puso de manifiesto el poder que los países productores de petróleo de Oriente Medio habían concentrado sobre el abastecimiento de combustibles fósiles a las principales economías de Occidente. La variable de sostenibilidad ambiental tardaría casi cuarenta años más en cobrar relevancia, y lo hizo a la sombra de la revolución del petróleo y del gas de esquisto (*shale oil & gas*) en Norteamérica, que resolvió definitivamente el reto de seguridad de suministro que trajo consigo la primera crisis petrolera.

La firma del Acuerdo de París sobre cambio climático en la COP 20 de 2015 dio el empujón decisivo a la variable de sostenibilidad ambiental, al consagrar como mandato universal que el aumento de la temperatura media de la superficie terrestre no alcanzara los 2 °C al cierre de este siglo, y que preferiblemente no superara los 1,5 °C, ambos incrementos medidos sobre la temperatura media de la era preindustrial. El informe especial del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas) de 2018 apuntaló el objetivo de 1,5 °C y estableció el año 2050 como aquel en el que el mundo debería culminar su transición energética hacia una economía descarbonizada y climáticamente neutra, objetivo más conocido como Net Zero by 2050. En 2021, la Unión Europea elevó este objetivo de neutralidad climática a rango de ley con su Reglamento 2021/1119 en el que definía el cambio climático como una «amenaza existencial». Pocos meses después, la COP 26 de Glasgow hizo suyo el objetivo de Net Zero by 2050 y la Agencia Internacional de la Energía, organismo perteneciente a la OCDE, publicaba su informe seminal *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. Este informe, el mayor ejercicio de prospectiva

energética realizado hasta la fecha, detallaba a modo de guía la transición energética de los distintos sectores de la economía global (generación de electricidad, transporte, industria y edificación) hacia la neutralidad climática, identificando a cada paso las nuevas tecnologías que la harían posible. Casi al mismo tiempo, el IPCC publicaba su llamado Sexto Informe de Evaluación (más conocido como el informe AR6), informe compendio del conocimiento científico sobre el cambio climático hasta la fecha, que incorporaba por vez primera el objetivo de 1,5 °C como condición necesaria para cuantificar las políticas de «mitigación» de emisiones de CO₂ en el horizonte del siglo XXI.

Pertrechada con esta armazón científica y técnica, económica y jurídica, la Unión Europea había delineado a finales de 2021 la transición verde de su sistema energético para las siguientes tres décadas, estableciendo hitos vinculantes en la reducción de emisiones de CO₂ para los años 2030 (55 %) y 2040 (90 %) respecto de la cifra de 1990. Su Agenda Verde se desplegaba en al menos quince frentes normativos que iban desde los dos Sistemas de Comercio de Derechos de Emisión (ETS) hasta el Mecanismo de Ajuste por Carbono en Frontera (CBAM), pasando por la directiva de Eficiencia Energética o la de combustibles renovables de origen no biológico. Pero llegó febrero de 2022 y Rusia invadió Ucrania —«events, my dear boy, events»— dando al traste de un plumazo con la seguridad de suministro y el coste asequible de la energía en la Unión Europea: el gas ruso dejaba de ser una fuente de energía segura. En 2021, el gas natural representaba casi el 25 % del consumo total de energía primaria de la UE, con una concentración muy significativa en la generación de electricidad, en la producción de calor industrial y en la calefacción de los hogares. La UE importaba el 85 % del gas que consumía. El gas ruso, que llegaba a Europa Central por varios gasoductos, acaparó el 41 % del total de las importaciones de gas natural de la UE.

La guerra de Ucrania y la crisis del gas ruso dejaban, sin embargo, indemnes a las fuentes de energía renovable solar y eólica que, inmunes a los riesgos geopolíticos de las energías fósiles, salían reforzadas. La transición energética había encontrado en la «soberanía energética» y en la «autonomía estratégica» dos poderosos aliados para acelerar la descarbonización de nuestras economías y el *transitioning away from fossil fuels* que había acordado la COP 28 de Dubái en diciembre de 2023. Pero en ese mismo año, China volvió a dar muestras (no lo hacía desde 2010) del control

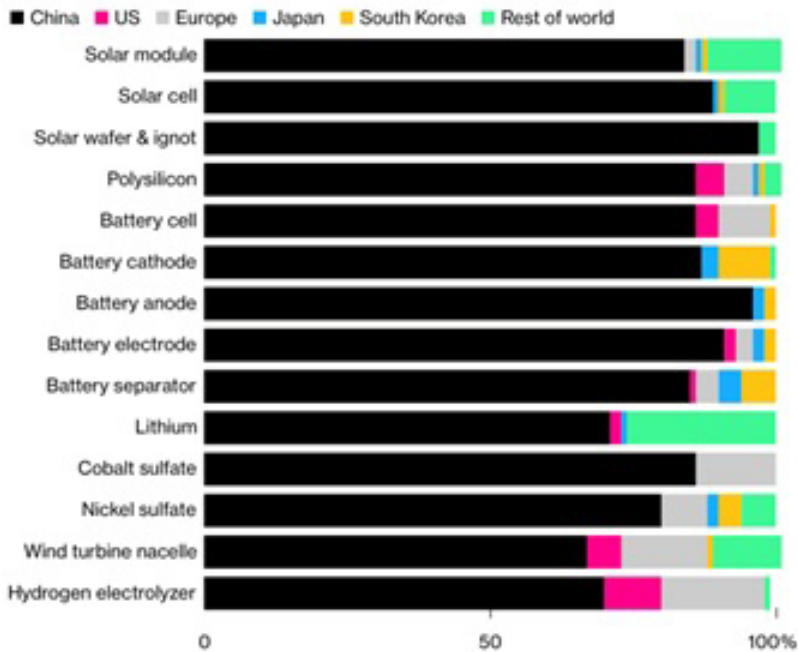
que ejercía sobre las cadenas de suministro de sectores tecnológicos clave para la transición energética, poniendo en tela de juicio la soberanía que la transición energética parecía traer consigo. En efecto, a lo largo de 2023, y en represalia por las restricciones que la administración Biden había impuesto en octubre de 2022 sobre las exportaciones a China de chips avanzados para aplicaciones de inteligencia artificial, China impuso restricciones y controles a las exportaciones de varios minerales críticos esenciales (germanio, galio, grafito y antimonio) y de ciertas tierras raras e imanes permanentes a los Estados Unidos. El tira y afloja entre ambos países continuaría en 2024 y se agravaría en 2025, cuando la administración Trump añadió la guerra arancelaria a los controles sobre chips. Llegados a octubre del año pasado, China había ampliado sus controles a doce de las diecisiete tierras raras y a todos los productos intermedios y finales que las incorporaban (imanes permanentes principalmente). Y así puso en jaque las cadenas de suministro de multitud de sectores industriales: los de *high tech* y defensa, por un lado, y otros claves para la transición energética como la fabricación de motores para vehículos eléctricos, baterías y aerogeneradores. Llegados a este punto, la administración Trump pestañeó primero y acordó una tregua de un año con Xi Jin Pin, tregua en la que China levantaba los controles sobre tierras raras y los Estados Unidos permitían la exportación de ciertos chips de Nvidia a empresas chinas, entre otras concesiones. La demostración de fuerza de China, sostenida y aumentada a lo largo de dos años, había tenido éxito.

La UE había sido observadora y víctima de este fuego cruzado y la presidenta de la Comisión Ursula von der Leyen acusó a China de establecer un «patrón de dominio, dependencia y chantaje» para llevar a la bancarrota a sus competidores. El control de China sobre las principales cadenas de suministro de la transición energética (ver figura 1) es el resultado del enorme poder de mercado de sus grandes empresas, poder que han construido aplicando ese «patrón de dominio» bajo dirección estatal que denunciaba von der Leyen. Europa ha sido testigo de ello con la industria fotovoltaica europea, que, dos décadas después de su despegue inicial, ha desaparecido prácticamente de su geografía. Pero sería un error de diagnóstico explicar este poder de mercado exclusivamente como el resultado de años de subvenciones públicas y *dumping* masivo de sus productos. Las empresas chinas son dominantes porque la propia República Popular China es el mayor consumidor mundial de sus productos: de paneles solares, de tierras raras y minerales críticos, de baterías o de

vehículos eléctricos. Este mercado casi cautivo y una integración vertical «from well to wheel» construida a lo largo de los años han sido los pilares principales de su estrategia competitiva, por volver a Michael Porter. Sobre esos pilares han construido unas economías de escala y unos niveles de eficiencia difíciles de superar por sus competidores occidentales.

China Dominates Clean-Technology Supply Chains

Asian nation's share of global manufacturing capacity is above 80% in 11 segments



Source: BloombergNEF

Note: Capacity is for physical facility location, not manufacturer headquarters. Lithium refers to lithium hydroxide and carbonate.

Figura 1. China domina las cadenas de suministro de las tecnologías limpias. Fuente: BloombergNEF

¿Qué tienen en común estos dos desafíos (gas ruso y dominio chino) que se proponen analizar? Desde el año 2000 hasta la invasión de Ucrania (Energy Institute 2025), Europa importaba de Rusia entre el 30 % y el 35 % de su consumo anual de gas. En el mismo periodo, el consumo anual de Alemania representaba entre el 40 % y el 50 % de las importaciones rusas. El gas ruso era el más barato, hasta que la invasión de Ucrania lo sacó del tablero de juego. Si se vuelve la mirada al trilema energético

de seguridad, coste y sostenibilidad, se concluirá que Alemania y buena parte de Europa Central apostaron por el coste más bajo a expensas de la seguridad. Si se mira ahora a los últimos quince años de la transición energética ¿no está pasando algo parecido?, ¿no se está apostando por el coste más bajo (el chino) a expensas de la seguridad?, ¿no ha llegado Europa en su conjunto a unos niveles de concentración de riesgos con la industria china incompatibles con su seguridad económica? Veamos más en detalle cómo la UE se ha enfrentado con éxito a la disrupción causada por la invasión rusa de Ucrania en el abastecimiento de gas natural, y a qué retos se enfrenta para diversificar los riesgos y mejorar la seguridad de sus cadenas de suministro de la transición energética.

1 La reconfiguración del sistema energético europeo tras la invasión rusa de Ucrania: la irrupción del gas natural licuado como sustituto del gas ruso

El 3 de diciembre de 2025 en Bruselas fue una jornada que marcó un punto de inflexión en la política energética europea, en el marco de la larga respuesta de la Unión Europea a la invasión de Ucrania por Rusia. Tras meses de negociaciones entre la Comisión Europea, el Parlamento Europeo y el Consejo, la Comisión presentó un acuerdo destinado a eliminar de manera gradual las importaciones de gas ruso, con el objetivo explícito de una prohibición total para finales de 2027. El acuerdo establecía un calendario gradual y jurídicamente vinculante: la prohibición de nuevos contratos de importación de gas ruso (tanto por gasoducto como por barco en forma de gas natural licuado) a partir de 2026, plazos claros para la extinción de los contratos existentes y, como fecha límite, la eliminación completa de todas las importaciones de gas ruso en el transcurso de 2027. La propuesta representaba la culminación de una estrategia iniciada tras el estallido de la guerra, y que en tres años había conseguido reducir el peso del gas ruso del 47 % de las importaciones en 2021 al 13 % en 2025. El objetivo declarado en REPowerEU era cerrar de una vez por todas la «vía de agua» que había permitido a Moscú utilizar el gas como instrumento de presión económica y política. Aunque el reglamento aún debía ser ratificado formalmente por el Parlamento y el Consejo, el anuncio del 3 de diciembre fue recibido como un paso decisivo hacia una Unión Europea más independiente en su abastecimiento de energía. Pero lo que más interesa es entender cómo un cambio tan sustancial en el

abastecimiento de tan grandes cantidades de gas se pudo llevar a cabo en un espacio tan corto de tiempo, sabiendo como se sabe que los despliegues de nuevas infraestructuras de abastecimiento de energía son proyectos de muy largo aliento. Para ello, lo mejor mirar de cerca el caso alemán, porque Alemania es el mayor consumidor de gas de la UE y el país que más dependía del suministro de gas ruso en 2021.

La rapidez con que Alemania realizó esta transición no debe subestimarse. En 2021, las importaciones de gas de Rusia llegaron a representar el 72 % de todas sus importaciones de gas de fuera de la UE (ver figura 2), con el resto proveniente de Noruega. Todas las importaciones de gas de Alemania (su producción doméstica es anecdótica) eran por gasoducto, porque en 2021 no contaba con ninguna planta de regasificación de gas natural licuado (GNL), lo que limitaba enormemente su capacidad para diversificar sus fuentes de suministro. Así fue como el Gobierno alemán aprobó en mayo de 2022 su «Ley de Aceleración del GNL» y pudo inaugurar su primera planta de regasificación flotante (FSRU) tan temprano como en diciembre de ese mismo año en el puerto de Wilhemshaven. La capacidad de esta planta era de unos 6,7 bcm por año, alrededor de un 7 % del consumo nacional en 2021, un volumen significativo pero ilustrativo del tamaño del reto. A lo largo de 2023, se conectaron dos plantas flotantes adicionales, con lo que la capacidad de recepción de GNL aumentó a 16,7 bcm, y en 2024 se conectó una planta más alcanzando una capacidad total de 24,7 bcm, que para entonces equivalía al 30 % del consumo nacional de gas. En 2024, las importaciones por gasoducto de Alemania provenientes de fuera de la UE se habían reducido a 37 bcm desde los 104 bcm de 2021, todos ellos procedentes de Noruega. En el conjunto de la UE, desde la invasión de Ucrania, la capacidad de las terminales de regasificación de GNL había aumentado un 45 %, 75 bcm adicionales sobre los 165 bcm de 2021, con Alemania, Holanda e Italia a la cabeza de este esfuerzo inversor.

Así las cosas, las importaciones de GNL a la UE pasaron de representar un 23 % del total en la primera mitad de 2021 a un 48 % en la de 2025, igualando prácticamente a las importaciones por gasoducto, que lideraba Noruega con el 55 %. En este mismo intervalo de tiempo, el peso del gas ruso importado ya fuera por gasoducto o por barco en forma de GNL, se redujo del 47 % al 13 %. Hoy en día, el 60 % de las importaciones totales de gas de la UE provienen de Estados Unidos (GNL), Noruega (gasoducto) y

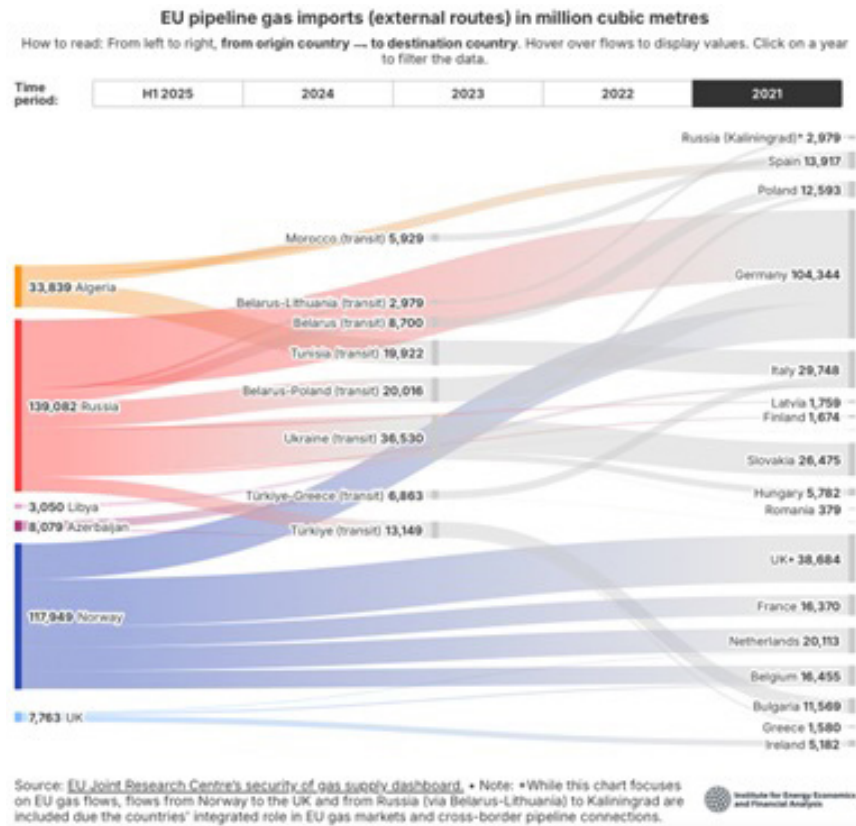


Figura 2. Importaciones (rutas externas) de gas por ducto de la UE en 2021, en millones de metros cúbicos. Fuente: EU JRC y IEEFA

Reino Unido, seguidos por Argelia (gasoducto) y Qatar (GNL) que suman un 16 % adicional.

Los únicos flujos de gas ruso importado por la UE que resisten al cabo de estos tres años son el del gasoducto turco rumbo Bulgaria, y el de GNL por barco, cuyos principales importadores provienen de Francia, Bélgica y España (ver figura 3), que firmaron en 2018 contratos a veinte años con la rusa Novatek y su filial Yamal LNG. El acuerdo de la UE del 3 de diciembre pasado pretende cancelar todos estos flujos antes de finales de 2027

El gas representa alrededor del 24 % del suministro de energía primaria de la Unión Europea, solo superado por el petróleo con el 33 % (IEA, 2025a). En el primer semestre de 2025, el 48 % de este gas llegó por barco y el 52 % por gasoductos procedentes de Noruega, Reino Unido y Argelia principalmente. La

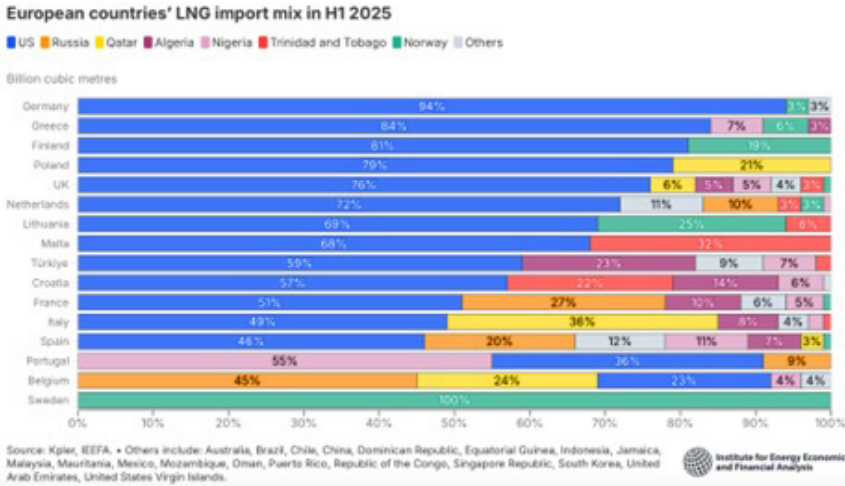
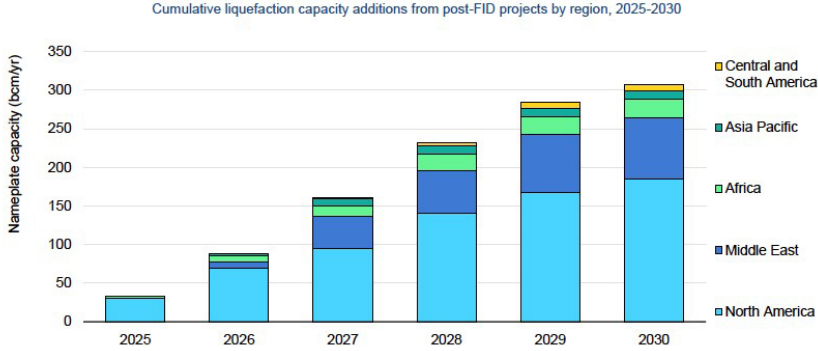


Figura 3. Mix de las importaciones de GNL de los países europeos en el primer semestre de 2025. Fuente: IEEFA

capacidad de las plantas de regasificación de gas natural licuado en suelo europeo se espera que superen los 350 bcm/año, muy por encima de los menos de 200 bcm/año de demanda de GNL prevista para los próximos años (IEEFA, 2025b). A esta realidad presente del abastecimiento de gas de la UE hay que añadir las perspectivas de crecimiento de la oferta de GNL para los próximos diez años, que apuntalarán la mejora sostenida de dos de las variables del trilema energético: la seguridad del suministro y el coste asequible. La Agencia Internacional de la Energía (IEA), en su informe Gas 2025 de octubre pasado, prevé un crecimiento de la capacidad de licuefacción mundial de GNL de 300 bcm al 2030, de los que los solo los proyectos de expansión de EE.UU. y Qatar explican un 70 % (ver figura 4). Sin embargo, la IEA no cree que la nueva demanda de GNL mundial absorba más allá de 250 bcm para el 2030, lo cual añadirá una presión a la baja de los precios. Este crecimiento se verá acompañado por una mayor flexibilidad y diversidad en los contratos de GNL, que dará mayor liquidez al mercado, apuntalando la seguridad de suministro frente a nuevos riesgos geopolíticos. En el entretanto, la IEA prevé que la demanda europea de gas se contraiga en un 8 % en el horizonte 2030, por la decreciente participación del gas en la generación de electricidad que resulta del crecimiento de las energías eólica y solar.

La intervención de la administración Trump en Venezuela y en su negocio petrolero no parece que vaya a afectar a la perspectiva

Annual liquefaction capacity additions accelerate midway through the outlook period



IEA. CC BY 4.0.

Note: Outlook includes post-FID projects as of 24 October 2025.

Figura 4. Nueva capacidad de licuefacción de gas por regiones 2025-2030. Fuente: IEA, Gas 2025

de una mejora de la seguridad de suministro y del coste asequible de los combustibles fósiles en el futuro próximo. La OPEP pierde uno de sus países fundadores y el bloque norteamericano pasaría a controlar un 30 % de la producción mundial de petróleo, según analistas de JP Morgan. Estos analistas adelantan que Venezuela podría tardar una década en recuperar los tres millones de barriles diarios que extraía antes de 2010, pero que en dos años podría conseguir duplicar el nivel actual de 750 k barriles. Una mayor producción venezolana se sumaría a la previsión (IEA, 2025e) de un aumento de oferta de cinco millones de barriles día de aquí al 2030. China es hoy el primer país receptor de petróleo venezolano, y una cantidad relevante de sus préstamos a Venezuela, estimados en US\$ 60bn (Michal Meidan, 2025), están garantizados con contratos de petróleo. Las importaciones de crudo venezolano apenas suponen el 4 % de las importaciones de la RPC, con lo que no existiría riesgo de desabastecimiento para China si los EE. UU. redirigieran estos volúmenes a otros mercados.

Valga todo lo anterior para proponer una serie de conclusiones importantes, que miran a un medio y largo plazo más allá de las serias turbulencias que la administración Trump está ocasionando en las relaciones trasatlánticas:

1. La enorme capacidad de reacción de toda la cadena de suministro del mercado gasista mundial (en especial, la del gas

natural licuado y Noruega) para resolver en un espacio de tiempo tan corto una disrupción de la magnitud como la ocasionada por la invasión rusa de Ucrania.

2. La gran diversidad geográfica de fuentes de suministro de gas natural licuado y el bajo riesgo geopolítico de la mayoría de los países proveedores de gas de la Unión Europea.
3. La seguridad y la diversidad de fuentes de suministro que ofrece consolidarán al GNL como una pieza esencial del sistema europeo de abastecimiento de energía a largo plazo, con un impacto igualmente estructural y al alza en sus costes.
4. El crecimiento esperado de la oferta de GNL liderado por Estados Unidos y Qatar al 2030, por encima de la demanda prevista, podría resultar en una evolución a la baja de los precios actuales del GNL en lo que queda de década, y en una creciente liquidez de mercado que permitirá amortiguar los nuevos riesgos geopolíticos que se puedan presentar.

2 Los retos que plantea el control por empresas chinas de cadenas de suministro clave para la transición energética

Los antecedentes del uso político por China de su control de la cadena de valor de las tierras raras llevan a septiembre de 2010. En represalia por un incidente diplomático con Japón, China respondió con un embargo no declarado de sus exportaciones de tierras raras al país del sol naciente. Japón era por entonces el primer importador mundial y China su casi único proveedor. Aquel embargo *de facto* duró apenas unas semanas, pero le siguió una subida repentina de los precios internacionales de las tierras raras en 2011, subida que llegó a multiplicar por más de diez los valores de referencia anteriores. En 2014, la Organización Mundial del Comercio (OMC) condenó a China por haber manipulado los mercados internacionales en favor de su industria nacional a base de un sistema de licencias, cuotas y aranceles a la exportación que redujeron drásticamente la disponibilidad de tierras raras en los mercados internacionales, ocasionando la referida subida de precios en 2011. Pero la reacción de Japón al embargo de China fue mucho más rápida. Ya en 2011, el Gobierno japonés dio instrucciones a la JOGMEC (Organización Nacional de Seguridad Energética y Metales) para incrementar la reserva estratégica de tierras raras y minerales críticos que habían puesto en marcha en 1983, emulando a las de reservas estratégicas de petróleo creadas en la estela de la crisis de los años setenta. Al mismo tiempo,

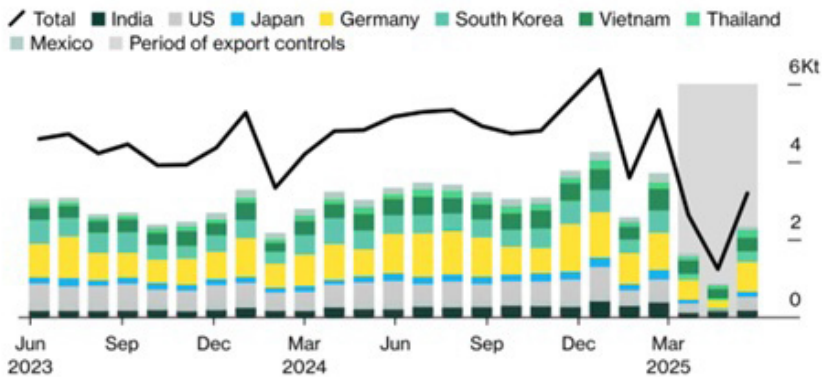
Japón buscó diversificar sus fuentes de suministro y, entre otros proyectos, financió la expansión de una gran mina en Australia (Lyamas), que hoy en día sigue siendo (junto con MP Materials en los EE. UU.) uno de los principales productores de tierras raras fuera de China.

Entre 2010 y 2020, la extracción de tierras raras se habría mantenido muy estable si se atiende a las cuotas de producción de las minas chinas que publica el US Geological Survey (USGS): 130 000 toneladas en 2010 y 140 000 en 2020. Pero entre 2020 y 2024, siempre según el USGS, la cuota de producción china se habría multiplicado casi por dos hasta las 270 000 toneladas, alcanzando un 70 % del potencial de producción mundial. La Unión Europea, en su estudio sobre materias primas críticas de 2023, asignaba a China una cuota en la extracción de tierras raras del 68,3 %. Pero cuando se trata de su procesamiento posterior y su incorporación a productos intermedios o finales como los imanes permanentes, la cuota global de China supera siempre el 85 % (hace dos décadas, Japón controlaba el 50 % de este mercado). Es en este dominio de la cadena de valor aguas abajo de la extracción de tierras raras donde radica la verdadera posición de control que China tiene en el mercado mundial. Según la Asociación Mundial de Tierras Raras (REIA), el 75 % del valor económico de las aplicaciones finales de las tierras raras se concentra en la producción de imanes permanentes. Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), «China exportó 58 000 toneladas de imanes permanentes en 2024, suficientes para fabricar componentes para millones de automóviles, motores industriales o aviones, o para construir miles de sistemas militares estratégicos, centros de datos o turbinas eólicas». La explosión del crecimiento de los últimos cinco años ha sido resultado de la creciente demanda de imanes permanentes para los motores de vehículos eléctricos, aerogeneradores de tecnología *direct drive* y para sectores de defensa como el de «medium altitude long endurance UAV», los vehículos aéreos no tripulados más conocidos como drones.

Por todo ello, el impacto económico de los controles que China implantó en 2025 se incrementó en varios órdenes de magnitud cuando pasaron a incorporar no solo materias primas, sino también los productos intermedios y finales que las incorporaban («piezas, componentes y ensamblajes»). Los primeros controles, que llegaron en abril de ese año, afectaban a siete de las diecisiete tierras raras y sus productos intermedios y finales, incluidos

imanes permanentes, y solo eran de obligado cumplimiento para empresas exportadoras chinas. La concesión de licencias a la exportación les obligaba a identificar usuarios finales, detallar usos específicos y aceptar un grado de escrutinio que muchas empresas internacionales considerarían incompatible con la confidencialidad comercial. Llegados a octubre (MOFCOM Decision No.61), los controles se ampliaron a doce tierras raras y a sus productos derivados, obligando también a las «organizaciones extranjeras» a obtener un permiso de exportación de doble uso para los productos que contuvieran tierras raras de origen chino o que se hubieran fabricado utilizando tecnologías chinas. También se incorporaron controles sobre la exportación de maquinaria y equipamiento claves para el refinado y procesamiento de tierras raras, tecnologías sobre las que China mantiene un cuasi monopolio mundial. La extraterritorialidad de estas medidas estaba dentro de la mejor tradición del régimen de sanciones de los EE. UU. y, como en todas las medidas de este tipo, su éxito dependía del poder de mercado del Estado sancionador. Así como las sanciones de Estados Unidos son especialmente eficaces cuando se trata de transacciones financieras en dólares, también habrían de serlo las de China en el ámbito de las tierras raras. Véase en la figura 5 la caída de las exportaciones chinas de imanes permanentes a partir de marzo de 2025, que resultó en precios en suelo europeo de hasta seis veces los de China.

China rare earth magnet exports

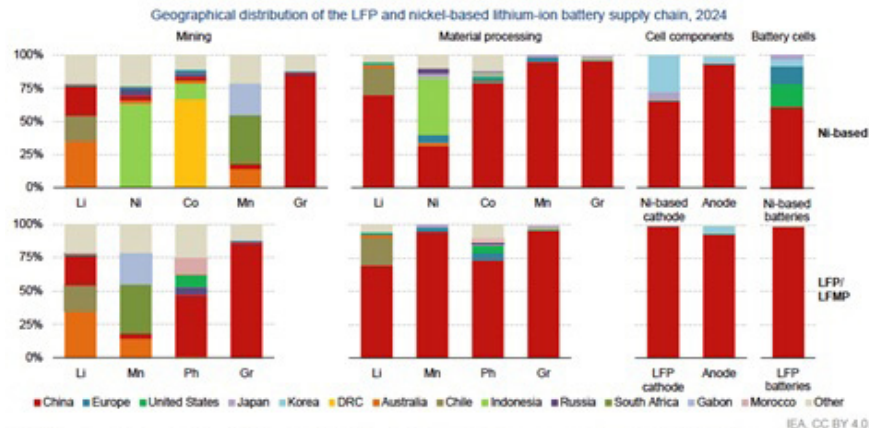


Source: China's General Administration of Customs

Figura 5. Exportaciones chinas de imanes de tierras raras. Fuente: Administración de Aduanas de la RPC

Pero el despliegue de controles administrativos de octubre 2025 no se limitó a las tierras raras y sus aplicaciones. En la misma fecha, el ministerio de Comercio de la República Popular China hizo públicos (MOFCOM Decision No.58) nuevos controles sobre baterías de ion-litio, así como sobre sus componentes y la tecnología y maquinaria para su fabricación. Era la primera vez que el MOFCOM imponía controles a la exportación a la industria de baterías. Al igual que con las tierras raras, las licencias exigían identificar usuarios finales y detallar usos específicos. Al igual que con las tierras raras, China mantiene un control de las cadenas de suministro de baterías superior al 80 %, y en algunos eslabones cercano al 100 % (ver figura 6). Las baterías LFP (litio ferrofosfato) suponen la mitad del mercado de vehículos eléctricos mundial y la práctica totalidad de las baterías de almacenamiento energético, ambos sectores determinantes para el avance de la descarbonización del transporte y de la generación de electricidad.

The LFP battery supply chain is even more dominated by China than conventional nickel-based chemistry supply chains

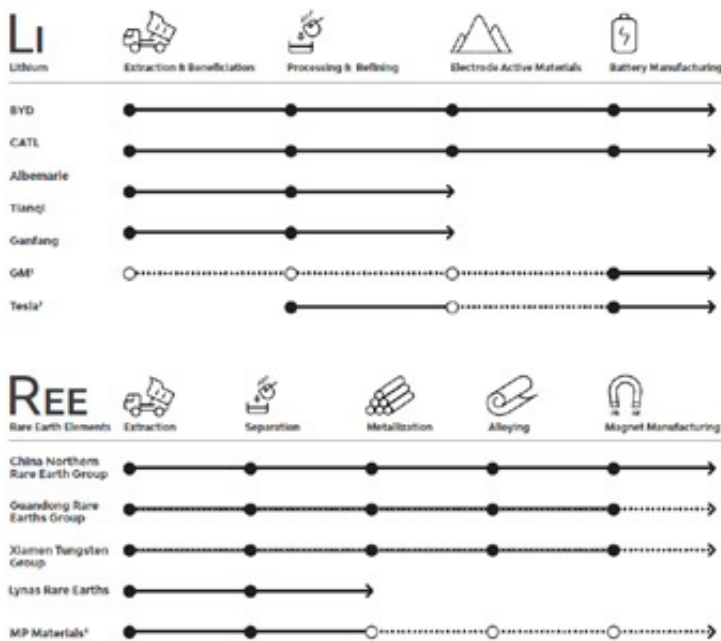


Notes: Ni-based = nickel-based cathodes. Li = lithium; Ni = nickel; Co = cobalt; Gr = graphite; Mn = manganese; Ph = phosphate; Material Processing: Mn = battery-grade Mn sulphate, Ph = battery-grade phosphoric acid, Gr = battery-grade graphite. DRC = Democratic Republic of the Congo. Sources: IEA analysis based on USGS (2025), Mineral commodity summaries, BloombergNEF and Benchmark Mineral Intelligence.

Figura 6. Distribución geográfica de la cadena de suministro de baterías de litio y baterías de níquel, 2024. Fuente: IEA

Si se mira al tamaño de los mercados en cuestión, el mercado de las baterías es mucho mayor que el de los imanes permanentes. Según el escenario conservador STEPS de la IEA para 2030 (IEA, 2024), la inversión en baterías podría rondar los US\$ 500bn de valor, mientras que el de imanes permanentes rondaría entre los US\$ 35bn y US\$ 50bn, según varias fuentes. Pero ambas

industrias tienen en común la aplicación sistemática de una estrategia nacional sostenida a lo largo del tiempo: la integración vertical de sus actividades en todos los eslabones de la cadena de valor de sus productos con el objetivo alcanzar una influencia determinante en los mercados en que operan. Esta integración vertical les permite transferir valor de unos eslabones a otros utilizando precios de transferencia internos, con el objetivo de eliminar la competencia de empresas que operan solamente en uno o varios de ellos. Generalmente, estas industrias están lideradas por grandes compañías cuyo accionariado es en parte público o que en cualquier caso están sujetas a un control estatal relevante. La razón última que explica el éxito de esta estrategia es que estas empresas cuentan con el cuasi monopolio de su mercado interno, que por lo general representa cuando menos el



1. GM is advancing vertical integration in its supply chain through strategic initiatives, including an equity investment in the Thacker Pass lithium project in Nevada, with production expected to start in 2027; a joint venture with POSCO Future M in Quebec to produce cathode active materials (Lithium CFM), slated to begin operations in 2025; and a long-term offtake agreement with LG Chem to source materials from its Tennessee CFM plant, expected to come online in 2026.
2. Tesla is advancing vertical integration by developing in-house battery material production; its Texas lithium refinery commenced operations in December 2024 and cathode active material factory is expected to start production in 2025.
3. MP Materials commissioned its rare earths separation facility at Mountain Pass in 2023 that produces NdPr oxide, cerium, lanthanum, and SmGd-heavy rare earth concentrates. The NdPr is exported to magnet makers in Japan and other markets due to limited domestic industry and related consumption. The company is constructing a facility in Texas to produce rare earth metals, alloys, and magnets from NdPr mined and separated at Mountain Pass.

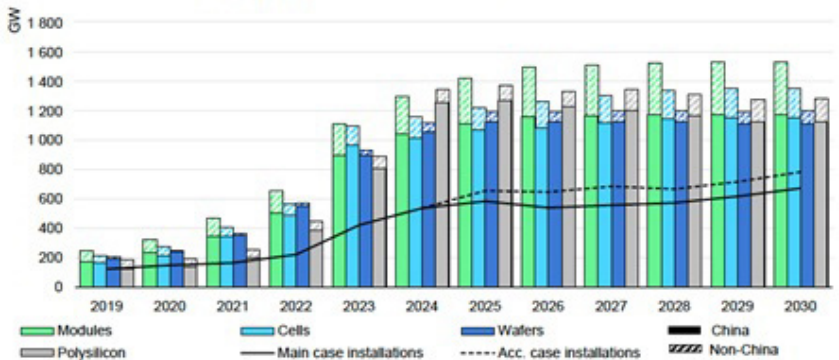
Figura 7. Integración vertical de empresas chinas y occidentales en la fabricación de baterías (Li) y de imanes permanentes de tierras raras (REE).
Fuente: SAFE

50 % de la demanda mundial. La razón primera de los controles a la exportación en China de hace décadas fue asegurarse de que la competencia extranjera (entonces por materias primas) impidiera el despegue de las industrias incipientes chinas. Ninguna empresa extranjera cuenta hoy con un mercado cautivo de ese tamaño, y, por eso, ninguna alcanza los niveles de integración vertical que se ven en China (ver figura 7 del SAFE Center for Critical Minerals Strategy, 2025).

Este dominio de mercado por empresas chinas se reproduce en otros sectores industriales muy relevantes para la transición energética (ver figura 1 de nuevo), y notablemente en el solar fotovoltaico. En este sector, una vez más, se replica la estrategia de la integración vertical y el soporte del mercado nacional cautivo como armas indispensables para alcanzar el control de las cadenas de suministro. En 2024, el mercado chino acaparó el 62 % de las nuevas instalaciones fotovoltaicas en el mundo —340 GW sobre un total de 550GW (IEA, 2025f)—. Al mismo tiempo, la IEA estima (IEA, 2025f) que China domina los cuatro eslabones principales de la cadena de producción de paneles solares (polisilicio, obleas/*wafers*, células y módulos) con cuotas de entre un 75 % y un 95 % de la capacidad de fabricación mundial, y que ese dominio se mantendrá inalterado en lo que queda de década (ver figura8).

Si hasta aquí todos los números parecían suficientemente terminantes, cuando aparece el espectro del exceso de capacidad

Solar PV manufacturing capacity and PV installations, 2019-2030



Sources: IEA analysis based on data from PV InfoLink, BNEF, S&P and SPV.

Figura 8. Instalaciones anuales y capacidad instalada global de la industria solar fotovoltaica, 2019-2030. Fuente: IEA

instalada a lo largo y ancho de estas industrias a partir de 2022, el panorama competitivo se vuelve todavía más complicado. La IEA dice que el exceso de capacidad de producción de la industria fotovoltaica a nivel global (ver también figura 9) más que duplicaba las instalaciones en el año 2025 (1400 GW de capacidad frente a 585 GW instalados) y que sus previsiones son que ese exceso se mantendrá lo que queda de década. La mayor parte del exceso de capacidad se concentra hoy en día en China. Si se compara la instalación de nueva capacidad fotovoltaica en China en 2024 (340 GW) con su capacidad instalada para módulos (1000 GW), se observa que la demanda doméstica solo cubre un tercio de su capacidad instalada, y que, por tanto, necesita recurrir a las exportaciones para sobrevivir. De ahí, el recorte de precios que experimentaron los módulos en Europa entre 2022 y 2025, que de pagarse a US\$ 0,35 por watio en 2022 pasaron a US\$ 0,12 (IEA, 2025f). Frente a los aranceles a la importación que le cierran el acceso al mercado estadounidense, y el pequeño tamaño de la demanda europea (un 10 % de la de China en 2024), los fabricantes chinos han empezado a inundar los mercados de países en desarrollo (véase el caso de Pakistán) con sus módulos.

El sector de baterías se enfrenta al mismo reto de exceso de capacidad que el de la solar fotovoltaica, con predicciones de capacidad al 2030 (IEA, 2024) que duplican las instalaciones anuales de baterías, tanto en el sector de la automoción como en el de almacenamiento de energía. La IEA prevé una capacidad global de fabricación de baterías de alrededor de 8000 GWh en 2030 (ver gráfico), de las que 5500 GWh estarían en suelo chino. La demanda prevista para entonces no llega a los 4000 GWh, con 3400 GWh correspondientes a vehículos eléctricos y 400 GWh a almacenamiento energético. La reducción de precios medios de los *packs* de baterías en los últimos tres años (apenas un 36 % según BloombergNEF) no ha sido tan acusada como en los paneles solares. Pero el precio de las baterías (dólares por kWh) en Europa y Estados Unidos cerraron 2025 un 44 % y un 56 % por encima de los precios chinos, respectivamente. Como el coste de la batería supone entre el 30 % y el 40 % del coste de un vehículo eléctrico, esta diferencia de precios supone una ventaja competitiva muy importante para el sector de automoción chino.

La constatación de que el exceso de capacidad instalada en sectores industriales clave para la transición energética estaba aquí para quedarse abocaba a la conclusión de que las empresas

occidentales no serían capaces de hacer frente a la competencia de las grandes empresas chinas, que con sus inigualables economías de escala y su integración vertical acabarían decimando a sus competidores del mundo desarrollado. Esa dinámica de mercado ya se había consumado en suelo europeo en el sector solar fotovoltaico, que creció rápidamente al calor de las subvenciones alemanas y españolas durante la primera década de este siglo. Hoy en día no existe una sola empresa europea relevante en el sector. Ante el riesgo de que se repitiera la historia con sectores industriales de tanto peso como el de la automoción, el Gobierno de Estados Unidos primero (2022), y la Comisión Europea después (2024), promovieron legislaciones que ofrecían incentivos a la inversión en nuevas tecnologías bajas en carbono siempre que se cumpliera un mínimo de contenido *made in America* o *made in Europe*.

El primer paso lo dio la administración Biden en verano de 2022 con la ley conocida como Inflation Reduction Act (IRA), que otorgaba créditos fiscales y subvenciones a la inversión en multitud de tecnologías verdes, desde la solar fotovoltaica y la eólica marina a la energía nuclear, pasando por el hidrógeno verde y las baterías a la captura de CO₂. Las provisiones de la ley causaron alarma en la UE porque la combinación de generosísimas exenciones fiscales con la obligación de *made in America* atraería a suelo americano cuantiosas inversiones que de otro modo habrían ido a parar a suelo europeo. La UE respondió a la IRA con la mucho menos eficaz Net Zero Industry Act (mayo 2024), que establecía un objetivo del 40 % de contenido europeo para 2030, y con la Critical Raw Materials Act (abril 2024), que apuntaba a diversificar el riesgo de las cadenas de suministro de materias primas clave para la transición energética. La One Big Beautiful Bill (OB BB) de la administración Trump canceló en 2025 muchos de los créditos fiscales de la IRA, pero mantuvo los incentivos a la inversión en nueva industria manufacturera (baterías, procesamiento de minerales críticos, componentes solares), reforzando las provisiones de *made in America* y las limitaciones a las empresas extranjeras (*foreign entities*).

¿Cómo ha reaccionado la industria china antes estas leyes que beneficiaban la producción en suelo patrio frente a las manufacturas importadas? Implantándose en suelo patrio efectivamente. En palabras de la IEA (2025d): «La Unión Europea es el principal destino de las inversiones extranjeras de los productores chinos de baterías, cuya participación en la región podría cuadruplicarse,

pasando de menos del 10 % en 2024 a más del 30 % en 2030» (ver figura 9). Añade la Agencia que si bien «estas inversiones representan una oportunidad para la transferencia de tecnología y la reducción de costes en la región [...], crece la preocupación sobre la capacidad de los pequeños productores europeos para crecer y competir con los actores globales establecidos». El ejemplo paradigmático de esta preocupación fue la quiebra en noviembre de 2024 de la empresa de baterías sueca Northvolt, que había financiado entre capital y deuda la cifra récord de US\$ 15bn. A pesar de contar con órdenes de compra de US\$ 55bn de diferentes fabricantes europeos, no fue capaz de operar su fábrica sueca más allá del 1 % de su capacidad teórica de producción.

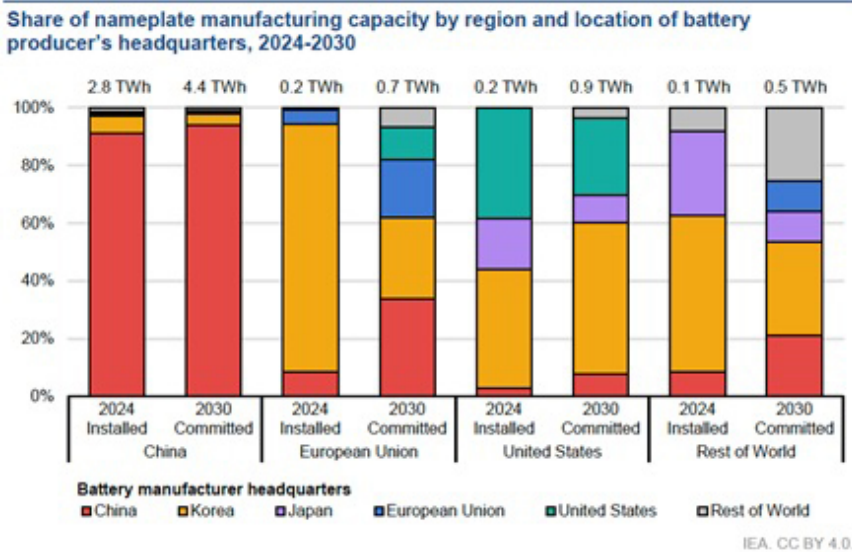


Figura 9. Capacidad de producción de baterías por geografía y país de origen del fabricante, 2024-2030. Fuente: IEA

Como dice la IEA, la implantación de empresas chinas al tejido productivo europeo es una oportunidad de transferencia de tecnología en los sectores donde la industria europea está muy por detrás de la china. Al fin y al cabo, es el mismo proceso, intercambiando los roles, que operó en suelo chino a partir de los años ochenta por el que las grandes empresas del mundo desarrollado se implantaron en China en *joint venture* con empresas locales. El reto que está sobre la mesa es si, en una economía de mercado sin intervención estatal como la europea, se pueden reproducir los mecanismos de transferencia de tecnología

que operaron en la China finisecular y que fueron el germen de los gigantes tecnológicos chinos que se conocen hoy día. A este respecto es muy ilustrativo el reciente enfrentamiento (también en octubre de 2025) que tuvo lugar entre el Gobierno de los Países Bajos y la holandesa Nexperia, filial de la china Wingtech, multinacional que opera en el sector de semiconductores. Este enfrentamiento puso de manifiesto la vulnerabilidad europea frente a las empresas chinas operando en su propia jurisdicción.

El *affaire* Nexperia saltó a los titulares de prensa en octubre pasado cuando el Gobierno holandés decidió intervenir la compañía ante las noticias de que su matriz china estaba llevando a cabo un «vaciado» de su capacidad tecnológica. Nexperia, que había pasado a manos chinas en 2017, fabrica chips para la industria de automoción europea y opera con fábricas propias en China, donde ensamblan las obleas que fabrican en Holanda. La intervención del Gobierno holandés fue a resultas de la presión norteamericana por las sospechas de que Nexperia fuera utilizada por su matriz china para la exportación de microprocesadores de doble uso a China por la puerta de atrás, aunque estos no formaran parte de su catálogo de productos. Los semiconductores de Nexperia son esenciales para el funcionamiento de un automóvil (que puede incorporar cientos de ellos), pero no son microprocesadores avanzados. Esta intervención trajo como represalia la decisión del Ministerio de Comercio chino (MOFCOM) de prohibir la exportación de los chips de Nexperia desde su filial china de regreso a Holanda. A mayores, Nexperia interrumpió el envío de obleas a sus fábricas chinas que habían recibido órdenes de no seguir las instrucciones de sus mayores holandeses tras la intervención del Gobierno. Todo ello resultó en una interrupción abrupta de la cadena de suministro que puso a los fabricantes de automóviles europeos al borde de la parada de sus cadenas de producción. Ante tal amenaza, el Gobierno holandés decidió poner fin a su intervención de la compañía en noviembre y la filial china de Nexperia reanudó la exportación de chips a su matriz holandesa.

Es muy relevante el paralelismo entre este caso y el de los controles a la exportación de los imanes permanentes de tierras raras. En ambos casos, se trata de componentes cuyo valor económico es muy pequeño en relación con el valor de los productos finales de los que forman parte, pero que sin ellos nada funciona. Nexperia se vendió a un grupo de inversores chinos en 2017 por

US\$ 2,75bn. A la vista de cómo una empresa de ese tamaño ha llegado a poner en jaque a toda una industria como la de automoción europea, las autoridades holandesas (o el norteamericano CFIUS) no habrían permitido hoy la venta de Nexperia a una empresa de capital chino.

Conclusiones

Es muy difícil que estadounidenses y europeos puedan trazar un camino a seguir para reducir el dominio de empresas chinas en sectores industriales tan relevantes para la transición energética. La apuesta de la administración Biden con su *Inflation Reduction Act* (muy reducida después por Trump) dio señales ciertas de un resurgir de nuevos proyectos de inversión en la industria solar, eólica, de baterías, fisión nuclear, hidrógeno verde y captura de carbono. Goldman Sachs estimó que el potencial de subvenciones y créditos fiscales podría superar el trillón de dólares (billón español) en diez años, movilizandando inversiones totales de más de tres trillones de dólares en el horizonte del año 2032. Dejando la IRA a un lado, tanto las administraciones de Trump como la de Biden han sido partidarias del *de-coupling* con China, cerrando el mercado estadounidense a las importaciones de paneles fotovoltaicos y vehículos eléctricos, por ejemplo, a base de muy elevados aranceles a la importación. La caída del 20 % de las exportaciones chinas a EE. UU. en 2025 es una prueba más del *de-coupling* de ambas economías.

La UE ha tratado de emular la IRA de Biden con la Net Zero Industry Act, pero, sin el músculo fiscal de Washington ni la capacidad de movilización de capital privado y de innovación tecnológica que tienen los Estados Unidos, su impacto hasta la fecha ha sido muy menor. Con la Critical Raw Materials Act y el plan ResourceEU, la UE ha dado un primer paso para diversificar sus fuentes de suministro de minerales críticos, para lo que tendrá que forjar alianzas con terceros países que tardarán muchos años en fructificar, como ha hecho Japón. Respecto de China, y al contrario que EE. UU., la UE no ha cerrado sus mercados a los productos chinos y así la transición energética europea se ha beneficiado de la «importación de productividad» de la economía china, gracias al menor coste de sus productos, ya sean placas solares, electrónica de potencia, baterías o vehículos eléctricos. Ahora bien, en 2024, las exportaciones chinas a Europa multiplicaron por dos veces y media las europeas a China y, según las cifras publicadas por las autoridades

chinas sobre el balance comercial de 2025, la UE superó a los EE. UU. como primer destino de sus exportaciones, alcanzando el 15 % (US\$ 560bn) del total, frente al 11 % de los Estados Unidos. La UE se enfrenta a la disyuntiva de cuánto proteger su industria frente a la competencia china, empezando por la de automoción (trece millones de empleos y 7 % del PIB), sin ralentizar o encarecer la transición energética.

El éxito de las cifras del superávit comercial de 2025, rompiendo el techo del trillón de dólares americanos, parecen indicar que la China de Xi Jin Pin mantendrá su apuesta por un modelo de crecimiento basado en la inversión y en la autosuficiencia en tecnologías avanzadas, todo ello financiado por las exportaciones masivas y la devaluación del yuan. La Cámara de Comercio de la Unión Europea en China, en su informe *Dealing with Supply Chain Dependencies* (diciembre 2025), aconseja a las empresas europeas a diversificar sus cadenas de suministro por fuera de China, porque si esta mantiene su agresividad comercial es muy probable que las disrupciones de mercado como las del año pasado pasen a ser norma en lugar de excepción. Pero ya no se trata solo de la seguridad de las cadenas de suministro, sino de un concepto más amplio, la seguridad económica de la UE. En efecto, el *affaire* Nexperia y la prueba de fuego de los controles a la exportación de tierras raras y baterías de octubre pasado advierten de que no se juega en un *level playing field*. Más allá de la caja de herramientas común de la Organización Mundial del Comercio, China cuenta con otras herramientas que no están en el kit de la Unión Europea.

Llegados a este punto, se observa que aumentar la seguridad económica de la UE pasará por restringir el comercio con China y buscar cadenas de suministro alternativas que serán seguramente más caras y menos eficientes en sus comienzos. Y ello redundará en un mayor coste de las tecnologías clave para la transición energética en las que la dependencia de China es especialmente elevada. Al igual que Alemania y Europa Central con el gas ruso, Europa en su conjunto ha llegado a unos niveles de concentración de riesgos con la industria china incompatibles con su seguridad económica. Y la solución, al igual que con el gas ruso, traerá consigo costes más elevados. Es una empresa mucho más complicada, en la que cada sector industrial requerirá aproximaciones diferentes, apuestas distintas. La UE deberá buscar alianzas (como los recientes acuerdos con la India y Mercosur) con terceros países, también interesados en reducir su dependencia de China, y no solo para diversificar su acceso a recursos naturales, sino también

para crear nuevo tejido industrial y cadenas de suministro alternativas. O promover iniciativas como las anunciadas en la reunión ministerial sobre minerales críticos entre Estados Unidos, Japón y la Unión Europea del 4 de febrero pasado, que tienen por objetivo la identificación de proyectos de minería, refinado y procesamiento de tierras raras que contribuyan a diversificar las cadenas de suministro y estimular la demanda. Sería una buena noticia que Europa pudiera sumar esfuerzos en el medio y largo plazo con los Estados Unidos para entre ambos presionar a China a cambiar el rumbo de su modelo de crecimiento.

Bibliografía

- Argus Media. (2023). Argus White Paper: Diversifying rare earths: Building a market, not just a supply chain [en línea]. Argus Media. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://view.argusmedia.com/rs/584-BUW-606/images/MET-2023-09-WP-Diversifying%20Rare%20Earths%20Copy.pdf>
- . (2025). Argus launches new prices for rare earth magnets [en línea]. Argus Media. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.argusmedia.com/es/news-and-insights/market-insight-papers/argus-launches-new-prices-for-rare-earth-magnets>
- Bobba, S. et al. (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the UE*. European Commission, Publications Office.
- Energy Institute. (2025). *Statistical Review of World Energy* [en línea]. Energy Institute. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- European Chamber. (2025). *Dealing with Supply Chain Dependencies: Challenges and Choices* [en línea]. European Union Chamber of Commerce in China. [Consulta: 2026]. Disponible en: [https://european-chamber.oss-cn-beijing.aliyuncs.com/upload/documents/documents/Dealing_with_Supply_Chain_Dependencies_Challenges_and_Choices\[1377\].pdf](https://european-chamber.oss-cn-beijing.aliyuncs.com/upload/documents/documents/Dealing_with_Supply_Chain_Dependencies_Challenges_and_Choices[1377].pdf)
- European Commission. (2025). Commission selects 47 Strategic Projects to secure and diversify access to raw materials in the EU. Bruselas, European Commission.
- European Court of Auditors. (2024). *Security of the supply of gas in the EU*. European Union, European Court of Auditors.

- IEA. (2024). *Batteries and Secure Energy Transitions* [en línea]. París, IEA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions>
- . (2025a). *Gas 2025* [en línea]. París, IEA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/gas-2025>
- . (2025b). *Global Critical Minerals Outlook 2025* [en línea]. París, IEA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>
- . (2025c). *Global Energy Review 2025* [en línea]. París, IEA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025>
- . (2025d). *Global EV Outlook 2025* [en línea]. París, IEA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- . (2025e). *Oil 2025* [en línea]. París, IEA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/oil-2025>
- . (2025f). *Renewables 2025* [en línea]. París, IEA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/renewables-2025>
- Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA). (2025a). *EU Gas Flow Tracker* [en línea]. IEEFA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://ieefa.org/eu-gas-flows-tracker>
- . (2025b). *European LNG Tracker* [en línea]. IEEFA. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://ieefa.org/european-lng-tracker>
- Japan Organization for Metals and Energy Security (JOGMEC) [en línea]. (s. f.). Japan Organization for Metals and Energy Security. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.jogmec.go.jp/english/>
- Joint Research Centre (JRC). (2024). *Security of Supply Dashboard*. European Commission.
- Rare Earth Industry Association (REIA) [en línea]. (s. f.). Rare Earths Industry Association AISBL. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://global-reia.org/rare-earth/>
- SAFE Center for Critical Minerals Strategy. (2025). *Resources for Resources: Financing Critical Minerals Supply Chains* [en línea]. SAFE Center for Critical Minerals Strategy. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://secureenergy.org/wp-content/uploads/2025/01/SAFE>

-Center-for-Critical-Minerals-Strategy-Resources-for-Resources-Financing-Critical-Mineral-Supply-Chains-FINAL.pdf

US Geological Survey. (s. f.). Rare Earths Statistics and Information [en línea]. US Geological Survey. [Consulta: 2026]. Disponible en: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/rare-earths-statistics-and-information>