

23/2025

26 de marzo de 2025

Francisco Márquez de la Rubia

**La batalla por la supremacía
tecnológica: EE. UU. vs. China**[Visitar la WEB](#)[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)**La batalla por la supremacía tecnológica: EE. UU. vs. China**

«You come at the king, you best not miss»
(Si atacas al rey, mejor no fallar)

Omar Little (*The Wire*)

Resumen:

A lo largo de la historia, la ventaja tecnológica ha sido un factor decisivo en el resultado de conflictos y guerras. Desde la invención del arco y la flecha hasta la llegada de la pólvora y, más recientemente, las armas nucleares, aquellos que han logrado desarrollar y dominar tecnologías avanzadas han obtenido una clara superioridad en el campo de batalla. Esta supremacía tecnológica no solo ha permitido a los ejércitos superar a sus adversarios en enfrentamientos directos, sino que también ha influido en la estrategia militar y en la capacidad de los Estados para proyectar poder más allá de sus fronteras. La Revolución Industrial marcó un punto de inflexión, ya que las potencias que lograron industrializarse rápidamente pudieron producir en masa armas, vehículos y otras herramientas de guerra, superando a aquellos que quedaron rezagados en el desarrollo tecnológico. Durante la Segunda Guerra Mundial, por ejemplo, la capacidad de Estados Unidos y sus aliados para innovar en áreas como la aviación, la criptografía y, finalmente, la energía nuclear, desempeñó un papel crucial en la derrota de las potencias del Eje. La superioridad tecnológica se tradujo no solo en victorias militares, sino también en la consolidación del poder político y económico a nivel global.

En nuestros días, se libra una cruda batalla por la supremacía en el campo de los semiconductores, un componente esencial en prácticamente todos los aspectos de la tecnología moderna. Estos diminutos chips son el núcleo de los dispositivos electrónicos que impulsan las economías digitales, desde *smartphones* hasta centros de datos y sistemas avanzados de defensa. La competencia por dominar la producción de semiconductores ha escalado a un nuevo nivel, con Estados Unidos, China y otras naciones invirtiendo miles de millones de dólares en investigación y fabricación, conscientes de que la hegemonía en este sector podría determinar el liderazgo económico y militar en el siglo XXI.

Palabras clave:

EE. UU., China, orden mundial, chips, semiconductores, competencia tecnológica, soberanía digital, Huawei, CHIPS Act, restricciones, sanciones, control a la exportación.

***NOTA:** Las ideas contenidas en los **Documentos de Análisis** son responsabilidad de sus autores, sin que reflejen necesariamente el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

The battle for technological supremacy: The US vs. China

Abstract:

Throughout history, technological superiority has been a decisive factor in the outcomes of conflicts and wars. From the invention of the bow and arrow to the advent of gunpowder and, more recently, nuclear weapons, those who have developed and mastered advanced technologies have consistently gained a clear upper hand on the battlefield. This technological supremacy has not only enabled armies to defeat their adversaries in direct confrontations but has also shaped military strategy and the ability of states to project power beyond their borders.

The Industrial Revolution marked a turning point, as the nations that industrialized rapidly could mass-produce weapons, vehicles, and other war tools, outpacing those that lagged in technological development. During World War II, for instance, the ability of the United States and its allies to innovate in areas such as aviation, cryptography, and, ultimately, nuclear energy played a crucial role in defeating the Axis powers. Technological superiority translated not only into military victories but also into the consolidation of political and economic power on a global scale.

In our time, a fierce battle for supremacy runs in the realm of semiconductors, a critical component in virtually all aspects of modern technology. These tiny chips are the heart of the electronic devices that drive digital economies, from smartphones to data centers and advanced defense systems. The competition to dominate semiconductor production has escalated to new heights, with the United States, China, and other nations pouring billions of dollars into research and manufacturing, fully aware that leadership in this sector could determine economic and military dominance in the 21st century.

Keywords:

US, China, World order, Chips, Semiconductors, Technological competition, Digital sovereignty, Huawei, CHIPS Act, Restrictions, Sanctions, Export control.

Cómo citar este documento:

MÁRQUEZ DE LA RUBIA, Francisco. *La batalla por la supremacía tecnológica: EE. UU. vs. China*. Documento de Análisis IEEE 23/2025. [enlace web IEEE](#) y/o [enlace bie³](#) (consultado día/mes/año)

Introducción

La pugna tecnológica entre Estados Unidos y la República Popular China se ha convertido en una batalla crucial del siglo XXI. Ambos colosos luchan por dominar las tecnologías emergentes que darán forma al futuro, buscando obtener la ventaja de ser los primeros en innovaciones disruptivas y en liderar la comercialización a gran escala de dichas tecnologías. Así lo constata en nuestro país la *Estrategia de Seguridad Nacional 2021*¹.

Durante décadas, Estados Unidos ostentó la supremacía indiscutible en la creación y expansión de nuevas tecnologías, mientras que China se mantenía rezagada. Sin embargo, el panorama ha cambiado drásticamente. China ha emergido como el principal candidato a superar la hegemonía tecnológica de Estados Unidos.

Con la Administración Trump, la relación económica entre ambas potencias entró en una nueva fase de hostilidad, marcada por una política centrada en la aprobación de aranceles y de estrictos controles de exportación. La Administración Biden ha continuado en gran manera con estas políticas, intensificando las medidas para evitar que China acceda a tecnologías críticas. De hecho, la posibilidad de restringir las inversiones estadounidenses en China se ha convertido en una herramienta más de la estrategia de contención.

Washington se enfrenta a tres desafíos estratégicos fundamentales: preservar su ventaja en desarrollo e innovación tecnológica frente a China, armonizar su estrategia con la de sus aliados y atraer el apoyo de naciones no alineadas, y mantener la cooperación internacional en comercio y ciencia.

Estado de la cuestión: del optimismo al desafío

El escenario en el que China pueda superar a Estados Unidos a partir de la próxima década no es inevitable, pero tampoco se puede descartar. En los últimos años ambas potencias han intensificado su carrera por dominar áreas tecnológicas clave, como los

¹ ESN2021. Cap. 1. «La disputa es particularmente intensa en el ámbito tecnológico, donde se está produciendo una carrera por la supremacía mundial, que incluye el control de exportaciones de tecnologías críticas y de doble uso. China, que ha logrado un gran desarrollo en la tecnología 5G y la inteligencia artificial, busca alcanzar una posición de preeminencia que le permita definir los estándares y protocolos técnicos e industriales, así como ostentar el liderazgo en inversiones extranjeras directas en los operadores de redes y servicios».

[Estrategia de Seguridad Nacional 2021 | DSN](#)

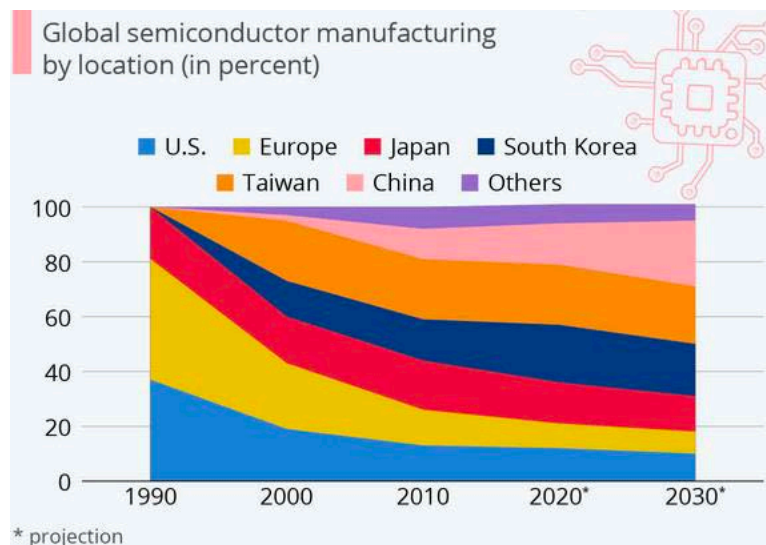
Nota: Todos los hipervínculos de este documento se han comprobado activos con fecha 22 de enero de 2025.

semiconductores avanzados, la inteligencia artificial y la computación cuántica. Estados Unidos, que hasta ahora ha sido líder indiscutido, se enfrenta ahora a un competidor formidable como China, que ha enfocado sus esfuerzos en lograr la autosuficiencia tecnológica y superar a su rival.

El sector de los semiconductores abarca el conjunto de actividades industriales dedicadas al diseño y fabricación de microprocesadores y otros componentes electrónicos esenciales que constituyen la columna vertebral de los productos y servicios tecnológicos que sostienen la economía digital moderna. Son fundamentales para aplicaciones transversales que incluyen el sector energético, las telecomunicaciones y los centros de datos que sustentan internet y sus innumerables plataformas digitales.

En esencia, los semiconductores se han convertido en el elemento básico de todos los sectores tecnológicos, lo que les confiere una importancia geoestratégica crucial en un mundo cada vez más dependiente de la transformación digital.

La reciente escasez mundial de semiconductores, provocada en parte por las interrupciones en las cadenas de suministro globales a raíz de la pandemia, ha puesto de manifiesto la dependencia occidental. Este déficit forzó el cierre de fábricas en una amplia gama de sectores, desde la automoción hasta los dispositivos médicos. Esto subrayó la vulnerabilidad ante un número limitado de proveedores para sectores esenciales en un entorno geopolítico complejo.



Source: INE2022 annuary

Imagen 1. Dónde se localiza % la producción de semiconductores

La relación entre China y los EE. UU. ha evolucionado desde la cooperación cautelosa tras la Guerra Fría hasta la actual competencia abierta y estratégica. En la década del 2000, el ingreso de China en la Organización Mundial del Comercio apoyado por los EE. UU. fue visto como un paso hacia su integración en el actual orden global basado en normas. Sin embargo, las últimas dos décadas han demostrado que esta visión era, en el mejor de los casos, ingenua. China aspira a cambiar el orden internacional otorgándose el papel del que se cree merecedora. Revisionismo de la mano de la tecnología.

En esa arena de la competencia global, el líder chino Xi Jinping ha mantenido que «la innovación tecnológica se ha convertido en el principal campo de batalla»². En 2015, Pekín lanzó su ambicioso plan «Made in China 2025»³, una política diseñada para transformar a China en una potencia de tecnologías avanzadas y reducir su dependencia de la tecnología y las importaciones extranjeras. Paralelamente, China presentó la Ruta de la Seda Digital, un programa que vincula las inversiones en infraestructura china con la adopción de tecnologías chinas por parte de los países receptores, como parte de la Iniciativa de la Franja y la Ruta (*Silk Road Economic Belt*)⁴. En el Foro de la Franja y la Ruta⁵ en Pekín, en octubre de 2023, Xi anunció un nuevo programa de «gobernanza de la inteligencia artificial» y reiteró su apoyo a la cooperación internacional en ciencia y tecnología.

De alguna manera, se puede afirmar que Estados Unidos está persiguiendo objetivos similares a China. Washington se ha propuesto acelerar la innovación y mantenerse lo

² <https://legrandcontinent.eu/es/2024/07/15/china-el-reajuste-de-xi-la-estrategia-del-tercer-pleno-en-10-puntos/>

³ «Made in China 2025» es un plan industrial cuyo objetivo es transformar a China de ser un fabricante de productos de bajo costo a un líder mundial en manufactura de alta tecnología. Este plan se centra en diez sectores clave, como la tecnología de la información, robótica, biotecnología, vehículos de nueva energía, entre otros. El propósito es reducir la dependencia de China de la tecnología extranjera y fomentar la innovación y el desarrollo de productos de alta calidad dentro del país.

El plan también tiene como meta aumentar el contenido doméstico en componentes y materiales clave al 70 % para el año 2025. Es un esfuerzo para posicionar a China no solo como un competidor global, sino como un líder en industrias tecnológicas avanzadas, con miras a tener una posición dominante en el mercado global para el año 2049, en el centenario de la República Popular China (*The Diplomat*) ([FDI China](#)).

⁴ Iniciativa de la Franja y la Ruta de China (BRI).

El BRI es un plan ambicioso para desarrollar nuevas rutas comerciales que conectan a China con el resto del mundo. La iniciativa es mucho más que infraestructura. Es un esfuerzo por desarrollar un mercado ampliado e interdependiente para China, hacer crecer el poder económico y político de China y crear las condiciones adecuadas para que China construya una economía de alta tecnología.

<https://www.chathamhouse.org/2021/09/what-chinas-belt-and-road-initiative-bri>

⁵ <https://www.catedrachina.com/single-post/tercer-foro-de-la-franja-y-la-ruta-para-la-cooperación-internacional>

más adelante posible de Pekín en capacidades de inteligencia artificial y semiconductores avanzados.

Una ofensiva legal con lagunas

Con el objetivo literal de «impulsar la innovación y la producción doméstica» y el objetivo real de reducir la cuota global desproporcionada de semiconductores (90 %) que se fabrican actualmente en Taiwán dado el elevado riesgo de suministro que podría resultar de un conflicto con China sobre la isla en disputa, Washington aprobó en 2022 la Ley CHIPS y Ciencia⁶ y comprometió 52.700 millones de dólares para la investigación, desarrollo, producción y capacitación laboral en el sector de los semiconductores en el país.

Esta ley incluye un amplio abanico de prohibiciones, restricciones y prevenciones en relación con la exportación a China de chips, equipamiento para su producción, tecnología para el diseño... e incluso afecta a los ciudadanos estadounidenses que quisieran trabajar en el sector tecnológico chino.

La nueva Ley implicaba que, en sus políticas tecnológicas hacia el exterior, Washington reaccionaba adoptando lo que se ha denominado un enfoque de «patio pequeño, valla alta», es decir, utilizando controles de exportación y herramientas similares para limitar la capacidad de las empresas chinas de acceder a tecnologías fundamentales como los chips para inteligencia artificial (IA) y los equipos de fabricación de semiconductores.

En los dos últimos años, Estados Unidos viene intensificando esta postura, endureciendo los controles, cerrando lagunas advertidas en el conjunto anterior de limitaciones a la exportación, ampliando los requisitos de licencia y sometiendo a más empresas chinas a restricciones comerciales, ampliando así una política que China ya había calificado como de «bloqueo tecnológico» y que ahora describe como «guerra económica». Esta descripción no es realmente una sobreactuación: el objetivo principal del conjunto de controles a la exportación no es tanto proteger a la industria americana o frenar la fuga de propiedad intelectual a su competidor, sino que es doblegar a la industria de

⁶ WHITE HOUSE. *Fact sheet: one year after the CHIPS and Science Act*. Washington, 9 August 2023. Available from: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/08/09/fact-sheet-one-year-after-the-chips-and-science-act-biden-harris-administration-marks-historic-progress-in-bringing-semiconductor-supply-chains-home-supporting-innovation-and-protecti>

semiconductores del país asiático ralentizando así (o impidiendo si esto fuera posible) el camino trazado por China hacia su autosuficiencia tecnológica.

Sin embargo, esta política de subsidios a la investigación y la producción, y de controles de exportación conlleva amplios riesgos. China ha respondido imponiendo sus propias restricciones a la exportación de materiales clave en la producción de semiconductores y vehículos eléctricos, y a su vez ha limitado el acceso al mercado chino a fabricantes de semiconductores estadounidenses.

Además, los esfuerzos de Estados Unidos por repatriar la producción se ven obstaculizados por su propia burocracia. Con problemas legales sobre el impacto ambiental de los nuevos emplazamientos de producción y la falta de personal para procesar cientos de propuestas de proyectos, ninguno de los fondos asignados por la Ley CHIPS y Ciencia se había desembolsado un año después de su aprobación⁷.

Merece la pena destacar el aspecto de la prohibición a sus nacionales de trabajar en tecnológicas chinas porque realmente ahí se encuentra un elemento crucial. China venía reclutando personal especializado en los EE. UU., Corea, Taiwán y Japón. Este personal altamente cualificado es esencial en la producción y al cortar esta posibilidad se pretende evitar también la transferencia de *know-how*. La prohibición sin embargo solo alcanza a ciudadanos estadounidenses por lo que el sistema tiene evidentes lagunas.

Mientras tanto, la industria doméstica de semiconductores se enfrenta a un problema de personal cualificado: no son suficientes los estadounidenses que poseen el nivel de formación necesario en campos STEM⁸, y para hacer más grave la cuestión, Estados Unidos pierde muchos de los estudiantes internacionales que forma con ese perfil en favor de Australia, Canadá, el Reino Unido y otros países cuyas visas de talento (Talent VISA) son más generosas y menos engorrosas en su tramitación que las que ellos ofrecen.

⁷ WHITE HOUSE. *FACT SHEET: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China*. The White House, 2022. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/fact-sheet-chips-and-science-act-will-lower-costs-create-jobs-strengthen-supply-chains-and-counter-china/>

⁸ STEM es un acrónimo que se refiere a las disciplinas académicas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Estas áreas de estudio abarcan una amplia gama de campos que se enfocan en la resolución de problemas, la innovación y el avance tecnológico, y son fundamentales para el progreso en la sociedad y la economía moderna.

La estrategia tecnológica de Washington se centra de manera solo limitada en la inversión doméstica, ignorando el hecho de que la competencia real se está desarrollando más allá de las fronteras de Estados Unidos y de China. Son los ecosistemas tecnológicos, no las industrias nacionales, los verdaderos competidores. El éxito de Estados Unidos, por tanto, depende no solo de la innovación y producción interna, sino también de las decisiones que tomen las empresas y los inversores en Alemania, India, Israel, Japón, México, Arabia Saudita, Corea del Sur y otros países del mundo. Para fortalecer e integrar estos componentes críticos de su ecosistema más amplio, Washington necesita tanto invertir directamente como fomentar la inversión privada en el desarrollo tecnológico en el extranjero; se necesitan fondos para construir asociaciones de investigadores, cadenas de suministro resilientes y una red con los recursos y la capacidad de innovación para liderar el mundo en las tecnologías del futuro. Esta diferencia con el modelo chino es a la vez fortaleza y debilidad para los norteamericanos.

Evolución de la competencia tecnológica por el liderazgo

Hasta hace poco, realmente hasta el final de la anterior década, EE. UU. lideraba cómodamente en innovación y desarrollo tecnológico, mientras China parecía contentarse con seguirle los pasos. Pero el ascenso vertiginoso de China, iniciado con las reformas de Deng Xiaoping y consolidado bajo Xi Jinping, ha reconfigurado el tablero. Aunque persisten las dudas sobre la verdadera magnitud de los avances tecnológicos chinos, lo que es innegable es que China ha pasado a ser el mayor desafío a la continuidad de la primacía estadounidense.

Este cambio marca una nueva era en las relaciones sinoestadounidenses. Tras la caída del Muro de Berlín, Washington buscó incorporar a Pekín en un sistema global basado en reglas y apoyó su ingreso en la OMC. Pero con el tiempo, las diferencias ideológicas y estratégicas han avivado las tensiones, transformando lo que alguna vez fue una relación constructiva en una rivalidad implacable.

Durante años, múltiples voces, desde ex altos mandos del ejército de Estados Unidos hasta una plétora de informes de *think tanks* independientes, han advertido sobre el creciente poderío tecnológico de China. La conclusión es unánime: China está

superando a Estados Unidos en áreas estratégicas que podrían convertirla en la primera potencia en defensa, robótica e inteligencia artificial en un futuro cercano.

Un nuevo y exhaustivo estudio realizado por el Australian Strategic Policy Institute (ASPI)⁹ ha puesto cifras a estas preocupaciones: China ya aventaja a Estados Unidos en 37 de las 44 tecnologías estratégicas analizadas, abarcando sectores tan diversos como el espacio, la energía y la computación cuántica. Estas no son solo tecnologías actuales, sino que son aquellas en las que sus avances definirán las próximas décadas.

El informe de ASPI, que analiza la investigación y producción científica de alto nivel realizada en varios países entre 2018 y 2022, ofrece un panorama inquietante para los americanos. Según los autores, «las democracias occidentales están perdiendo la competencia tecnológica global». China ha sentado las bases para convertirse en la superpotencia tecnológica dominante, con una sorprendente ventaja en la mayoría de las disciplinas emergentes.

Ese liderazgo chino se está consolidando en áreas especialmente sensibles, como el desarrollo de tecnología militar hipersónica. El país alberga siete de los diez institutos de investigación más avanzados en este campo, un hecho que subraya su intención de desafiar la superioridad militar de Estados Unidos.

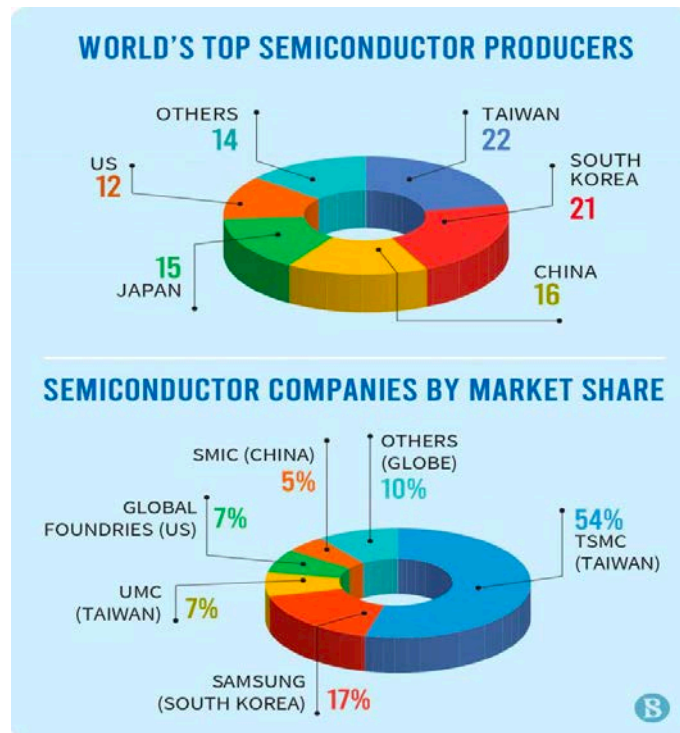
El Departamento de Defensa de Estados Unidos ya alertó sobre este asunto en su informe anual de 2022¹⁰ sobre los desarrollos militares y de seguridad de China. Según el informe, la capacidad hipersónica china está extremadamente avanzada, un hecho que se observa con el despliegue del misil balístico de alcance medio DF-17 equipado con un vehículo planeador hipersónico (HGV), capaz de transformar la Fuerza de Misiles del Ejército Popular de Liberación Chino. Este sistema, operativo desde 2020, está diseñado para atacar bases y flotas militares en el Pacífico Occidental.

En su intento por frenar el ascenso tecnológico de China, Estados Unidos ha implementado una serie de medidas destinadas a cortar el acceso de Pekín a tecnologías clave, particularmente en el ámbito de los semiconductores y de la inteligencia artificial como se ha detallado en el capítulo anterior. El núcleo de esta estrategia es la restricción

⁹ El Australian Strategic Policy Institute (ASPI) es un importante *think tank* con sede en Australia que se enfoca en cuestiones de política de seguridad, defensa y estrategia internacional. ASPI realiza investigaciones, análisis y aboga por la formulación de políticas en temas relacionados con la seguridad nacional de Australia, la geopolítica regional y global, y otros asuntos estratégicos.

¹⁰ <https://www.defense.gov/Spotlights/2022-China-Military-Power-Report/> VIII.

del acceso chino a microchips de última generación, esenciales para cualquier avance en estos campos. Si bien las sanciones y listas negras han demostrado ser efectivas en casos puntuales, como el de Huawei¹¹ (ver capítulo siguiente), hasta ahora no han logrado detener el progreso tecnológico de China y de sus principales empresas.



Source: Brooking Institution

Imagen 2. Who's who en el mundo de los semiconductores

La Administración estadounidense se ha centrado en limitar la exportación de maquinaria necesaria para la producción de microchips avanzados. En el otoño del pasado 2023, Washington aprobó como complemento a la Ley de CHIPS y Ciencia una serie de restricciones entre las que se encuentran la prohibición a las empresas estadounidenses de la fabricación de chips con nodos inferiores a los 28 nanómetros en China y Rusia durante la próxima década. Esta medida es crucial, dado que los chips más avanzados se fabrican en escalas de 3 a 5 nanómetros. Estas restricciones y limitaciones a China y Rusia podrían volverse aún más efectivas tras haber logrado la adhesión de Japón y Países Bajos a las mismas.

¹¹ Ver apartado 4 en este mismo capítulo.

	release year	logic node	Memory node	Overlay (nm)			Lens	Resolution (nm) @ k _s =?	
				SMO	MMO	MMO to EUV	NA	0.35	0.25
no longer offered	XT:1700i	45nm					1.2	56	40
	XT:1900i	32nm		4.6			1.35	50	36
	NXT:1950i	20nm			5.5				
NXT:1965Ci	2013	20/14nm	3D NAND	2.5	4.5				
NXT:1970i	2013	14nm			3.5				
NXT:1980Di	2015/6	10nm	18nm DRAM	1.6	2.5				
blocked	NXT:2000i	2018	7nm			2.5			
	NXT:2050i	2021	5nm				2.5		
	NXT:2100i	2023/4	2nm		0.9	1.3			

Source. Reuters

Imagen 3. Equipos ASML prohibidos/autorizados para exportar a China

El papel crítico de Japón y Países Bajos

La importancia de estos nuevos aliados no radica tanto en el tamaño de sus economías, sino en las empresas tecnológicas clave que albergan. Países Bajos es la sede de ASML¹², la única compañía en el mundo capaz de construir equipos de litografía ultravioleta extrema, indispensables para la producción de microchips de última generación. Sin acceso a esta tecnología, la capacidad de China para fabricar chips por debajo de los 10 nanómetros se ve severamente limitada, lo que afecta su capacidad para desarrollar tecnologías cruciales como teléfonos móviles, ordenadores y, especialmente, los centros de datos y supercomputadoras necesarios para el desarrollo de la inteligencia artificial.

Japón, aunque superado en el mercado de semiconductores por Corea del Sur, sigue siendo un actor clave en la producción de equipos de litografía ultravioleta profunda, la segunda tecnología más avanzada en esta área. Además, empresas japonesas como Nikon y Lasertec son cruciales en este sector, al igual que el grupo Ajinomoto, que es el único proveedor mundial de una resina esencial para la producción de semiconductores, Ajinomoto Build-up Film (ABF)¹³.

¹² ASML es una empresa multinacional neerlandesa que se especializa en la fabricación de equipos de litografía utilizados en la producción de chips de silicio. Sus sistemas de litografía son esenciales en la fabricación de semiconductores avanzados y son utilizados por importantes fabricantes de chips en todo el mundo. ASML es una de las empresas líderes en el suministro de equipos para la industria de semiconductores.

¹³ ABF es un tipo de material de resina utilizado en la producción de chips semiconductores. Es un componente crucial en el proceso de construcción de capas en el sustrato de un chip, que es esencial para la miniaturización y el aumento de la complejidad de los circuitos integrados modernos. ABF sirve como una capa aislante y un material dieléctrico que ayuda en el cableado y el embalaje de chips semiconductores, lo que permite el desarrollo de

Si bien es previsible que tanto Tokio como La Haya endurezcan sus posturas en cuanto a la exportación tecnológica en relación con China, no está claro si estos controles alcanzarán el nivel de dureza aplicado por Estados Unidos.

La primera batalla. HUAWEI: un caso paradigmático

Las reticencias sobre las empresas de telecomunicaciones chinas, y en particular sobre Huawei, comenzaron en 2007, cuando la inversión de Huawei y Bain Capital en 3Com Corporation, una empresa estadounidense de electrónica digital, fue investigada por el Comité de Inversiones Extranjeras de los EE. UU. (CFIUS). Esto se debió a que 3Com proporcionaba sistemas de ciberseguridad a sus FAS. Cuando el CFIUS anunció que recomendaría al presidente bloquear el acuerdo, los chinos abandonaron la inversión. En 2011, Huawei también renunció a la adquisición de la empresa estadounidense de servidores, 3Leaf, que había acordado comprar por 2 millones de dólares, debido a la expectativa de un veto presidencial después de que una revisión del CFIUS indicara que el acuerdo no debía seguir adelante.

En respuesta, Huawei publicó una carta abierta invitando al gobierno de EE. UU. a llevar a cabo «una investigación formal sobre cualquier duda que pueda tener sobre Huawei con el fin de llegar a una conclusión clara y precisa» (2011). Esto llevó a una investigación de la Cámara de Representantes, que concluyó en 2012 que «Estados Unidos debería ver con sospecha la continua penetración del mercado de telecomunicaciones de EE. UU. por parte de empresas de telecomunicaciones chinas»¹⁴.

Este informe fue un hito en la creciente tensión entre EE. UU. y China en el ámbito de la tecnología y las telecomunicaciones, y sigue siendo relevante en las discusiones actuales sobre ciberseguridad y la influencia tecnológica de China. Aunque el informe se centró en la seguridad para EE. UU., tuvo un impacto significativo a nivel mundial, ya que otros países también comenzaron a revisar sus relaciones con Huawei y ZTE en función de las preocupaciones para su seguridad.

procesadores más potentes y eficientes. Este material ha sido y es fundamental en el avance de la tecnología informática, especialmente en la producción de CPU y GPU para ordenadores y otros dispositivos electrónicos.

¹⁴ [https://intelligence.house.gov/sites/intelligence.house.gov/files/documents/huawei-zte%20investigative%20report%20\(final\).pdf](https://intelligence.house.gov/sites/intelligence.house.gov/files/documents/huawei-zte%20investigative%20report%20(final).pdf)

Para ese momento, Huawei ya había construido un negocio global. A finales de la década de 1990, la compañía fue identificada como un «campeón nacional» por el gobierno chino, lo que le dio acceso a financiarse a bajo coste, a fondos para investigación y desarrollo, y a beneficios fiscales. Huawei creció hasta convertirse en la empresa dominante de telecomunicaciones en China y, para 2001, tenía oficinas en 45 países, incluidos los Estados Unidos. En 2012, había superado a Ericsson y Nokia para convertirse en el mayor proveedor de infraestructura de tecnología de la información y comunicaciones (TIC) en el mundo. En 2019, tenía una participación del 27,5 % en el mercado global de estaciones base 5G, que proporcionan cobertura inalámbrica y transmisión de señales entre la red de comunicación por cable y el terminal inalámbrico. En 2020, superó a Ericsson para convertirse en el principal proveedor mundial de estaciones base 5G.

La Administración Trump centró sus medidas restrictivas en Huawei debido a la combinación de su enfoque en la tecnología global de telecomunicaciones y su estrecha relación con el Estado chino, lo que la convertía en una amenaza tanto económica como (sobre todo) de seguridad para Washington.

En 2019, Christopher Ford, subsecretario de Estado para Seguridad Internacional y No Proliferación, nominó a Huawei para su inclusión en la Lista de Entidades del Departamento de Comercio (DoC). Esta inclusión significaba que se le requeriría una licencia específica para exportar artículos incluidos en la Lista de Control de Comercio (CCL), una lista de artículos de doble uso sujetos a las Regulaciones de Administración de Exportaciones (EAR).

Además, se llevó a cabo un gran esfuerzo diplomático para convencer a otros países de no usar equipos de la compañía china para construir sus redes nacionales 5G. En enero de 2020, el secretario de Estado Pompeo anunció que «estamos advirtiendo a nuestros aliados y socios sobre los enormes riesgos de seguridad y privacidad asociados con permitir que Huawei construya sus redes 5G en sus países»¹⁵ (Pompeo, 2020).

El Departamento de Estado comenzó a confeccionar la lista «Países 5G Limpios», es decir, Estados que «están optando por permitir solo proveedores de confianza en sus

¹⁵ <https://www.infobae.com/america/mundo/2020/04/29/mike-pompeo-sobre-el-5g-seguiremos-haciendo-todo-lo-que-podamos-para-proteger-nuestra-informacion-de-manos-del-partido-comunista-chino/>

redes 5G en lugar de Huawei», y «Empresas de Telecomunicaciones 5G Limpias» que «están rechazando hacer negocios con herramientas del estado de vigilancia del Partido Comunista Chino, como Huawei»¹⁶.

Además, se impusieron sanciones exhaustivas a Huawei que prácticamente cortaron el acceso directo de la compañía a artículos críticos de doble uso que necesitaba importar de Estados Unidos. Desde mayo de 2019, se requería una licencia para exportar cualquier cosa sujeta a controles de exportación de doble uso desde Estados Unidos a Huawei o sus filiales, o para exportar cualquier cosa desde otro país que tuviera un cierto nivel de contenido controlado por el departamento de exportación de EE. UU. o que fuera producido como resultado de tecnología de origen estadounidense controlada por exportación.

Aunque no había ningún fabricante de equipos de redes 5G en los Estados Unidos que pudiera competir con Huawei, muchas empresas estadounidenses suministraban a la compañía piezas esenciales de alta gama, como semiconductores avanzados, *software* y conmutadores, que no podía obtener a nivel local. En 2018, 33 de sus 92 proveedores eran empresas estadounidenses y Huawei compraba alrededor de 11.000 millones de dólares en suministros de compañías estadounidenses. Las sanciones estaban diseñadas específicamente para afectar a los chips más valiosos para su 5G y sus *smartphones* más sofisticados. En el primer año de sanciones, afectaron a 1.200 proveedores estadounidenses de componentes y propiedad intelectual y a sesenta y ocho de sus filiales (biblio 5).

Sin embargo, Huawei encontró una forma parcial de eludir las sanciones encargando su producción en fundiciones extranjeras que utilizaban equipos estadounidenses. En mayo de 2020, el DoC¹⁷ cerró esta laguna al expandir la regla de control de exportación de «producto directo extranjero», lo que significa que las empresas de cualquier parte del mundo necesitaban una licencia estadounidense para vender un producto terminado a Huawei si su fabricación implicaba cualquier *software*, diseño o equipo de fabricación de EE. UU. Esto se aprobó para que afectara a productos como los diseños de semiconductores que son el producto directo de un determinado *software* y tecnología incluida en la Lista de Control de Comercio (CCL) y a artículos como *chipsets*, cuando

¹⁶ <https://2017-2021-translations.state.gov/2020/08/11/la-iniciativa-red-limpia-protege-los-activos-de-estados-unidos/>

¹⁷ Department of Commerce.

se producen a partir de las especificaciones de diseño de Huawei o una filial incluida en la Lista de Entidades.

Como resultado de esa segunda ronda de sanciones de 2020, la desvinculación entre Huawei y la tecnología estadounidense relacionada con 5G se hizo realidad. La víctima inmediata fue el negocio de *smartphones* de la compañía. En agosto de 2021, Huawei lanzó nuevos teléfonos inteligentes con capacidad solo para 4G y sin el sistema operativo Android, en contraste con su serie Mate 30 de 2019, que contaba con un *chipset* 5G y un módem 5G integrado. La cuota de Huawei en el mercado global de *smartphones* cayó del 18,4 % en el segundo trimestre de 2020 al 8,9 % en el cuarto trimestre, y se redujo a un 3,6 % en noviembre de 2023. En 2021, los ingresos de ventas de consumo de Huawei disminuyeron un 49,6 %, con una caída adicional del 11,9 % en 2022. La empresa experimentó su mayor caída en beneficios operativos en 2021, un reflejo del daño infligido a su negocio de *smartphones* por las sanciones¹⁸.

Pero, por otro lado, el negocio de infraestructura de TIC de Huawei parece haber resistido mejor las sanciones. Para finales de 2022, la compañía mantenía una participación del 29 % en el mercado global de estaciones base 5G, con Ericsson en un 24 % y Nokia en un 21,5 %. Huawei no proporciona datos específicos sobre estaciones base 5G, pero informa anualmente sobre el desempeño de su negocio de operadores, que incluye la mayor parte de su infraestructura de TIC¹⁹. En 2020, este negocio despuntó ligeramente con respecto al de 2019, con un aumento del 0,2 % en los ingresos. En 2021, generó un 7 % menos de ingresos, pero fue la división más rentable de Huawei. En 2022, los ingresos del negocio de operadores aumentaron marginalmente un 0,9 %, manteniéndose como la mayor fuente de ingresos de Huawei.

Huawei ha seguido firmando contratos para infraestructura 5G con empresas de telecomunicaciones en todos los continentes. En febrero de 2023, 81 países fuera de China utilizaban equipos de Huawei para construir al menos parte de su infraestructura 5G. Esto incluye: 18 países en Europa, de los cuales 10 son aliados de la OTAN (Alemania, Hungría, Islandia, Italia, Letonia, Montenegro, los Países Bajos, Portugal, España y Turquía); 28 países en Asia, incluidos tres aliados que tienen tratados con

¹⁸ HUAWEI Annual Report.

¹⁹ <https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/local-site/ie/pdf/5g-future-huawei-report.pdf>

EE. UU. (Filipinas, Tailandia y Corea del Sur); así como grandes mercados como Brasil y Rusia.

Entre los aliados de Estados Unidos, la colaboración con Huawei varía. En Turquía y Hungría, Huawei construirá toda la red 5G. En Alemania, proporciona más de la mitad de la infraestructura que conecta los *smartphones* a la red 5G. Italia, Portugal, Islandia, España y los Países Bajos también utilizan algunos equipos de Huawei. En Asia, las empresas de telecomunicaciones en Filipinas usan ampliamente equipos de Huawei; en Tailandia, Huawei comenzó las pruebas de 5G en 2019; e incluso en Corea del Sur, donde el mercado de infraestructura 5G está dominado por Samsung, el operador más pequeño, LG U+, utiliza equipos de Huawei para su red 5G.

En contraste, solo nueve países han prohibido por completo los equipos de Huawei: Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Australia (cuatro de los cinco miembros de la alianza de inteligencia Five Eyes²⁰), así como Japón, Luxemburgo, Polonia, Rumanía y Suecia. Incluso entre los aliados más cercanos hubo resistencia inicial; por ejemplo, el Reino Unido revirtió una decisión anterior de permitir la operación de Huawei en julio de 2020 tras meses de presión de Washington. Francia parece querer eliminar gradualmente los equipos de Huawei para 2028, aunque no existe una prohibición total. Otros cuatro países han implementado restricciones (Nueva Zelanda, Bélgica, República Checa y Lituania). Un total de 77 países aún no han considerado o tomado una decisión sobre la infraestructura 5G. Sin embargo, 45 ellos han firmado contratos con Huawei en el pasado para otros aspectos de su infraestructura de telecomunicaciones, como 3G o 4G, lo que hace más probable que opten por continuar con equipos compatibles de Huawei en el futuro. Todos esos 45 países son «países en desarrollo», para los cuales los precios más bajos de Huawei son presumiblemente más atractivos.

²⁰ «Five Eyes» (Cinco Ojos) es una alianza de inteligencia entre Australia, Canadá, Nueva Zelanda, el Reino Unido y los Estados Unidos. Estos países cooperan en la recopilación, análisis e intercambio de información de inteligencia, particularmente relacionada con la seguridad nacional y la vigilancia. La alianza se estableció durante la Guerra Fría y ha seguido siendo una parte importante de la cooperación en materia de inteligencia entre estas naciones hasta la actualidad.

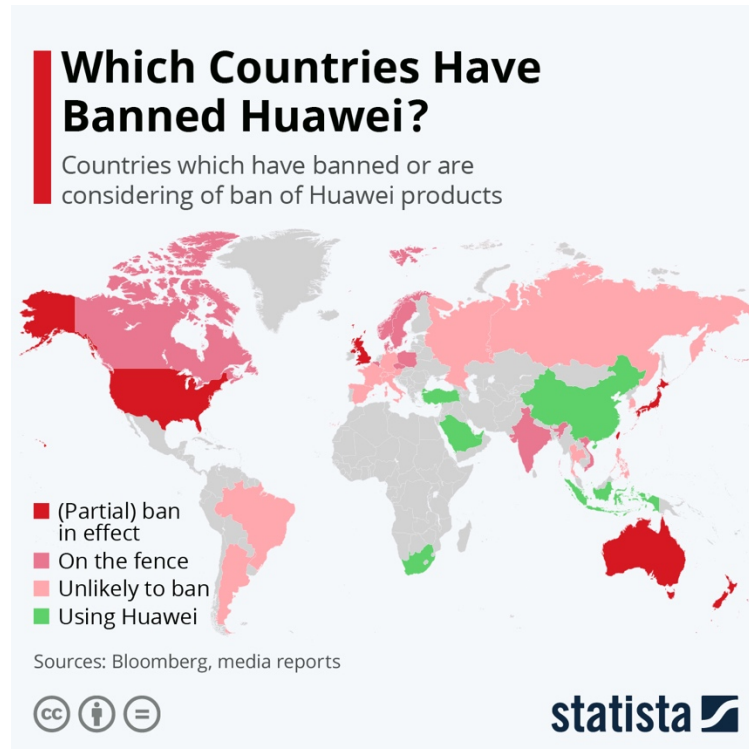


Imagen 4. Países que prohíben o están considerando prohibir a Huawei

Dado que Huawei depende de semiconductores de alta gama con contenido estadounidense, este resultado puede parecer sorprendente. Sin embargo, la empresa ha mantenido su cuota en el mercado de estaciones base de varias maneras. Primero, acumuló de forma rápida una gran cantidad de componentes. Cada anuncio de sanciones incluía un período de gracia que permitía cumplir con los pedidos existentes y daba tiempo a las empresas estadounidenses para adaptarse. Para las sanciones de mayo de 2020, que fueron las más perjudiciales para Huawei, este período se extendió hasta el 14 de septiembre de 2020. Antes de la fecha límite, Huawei encargó 2 millones de chips de estaciones base a TSMC Taiwán para mantener la producción después de que entrara en vigor la prohibición. Además, el Departamento de Comercio de EE. UU. emitió en mayo de 2019 una licencia general temporal que permitía ciertas transacciones con Huawei «para asegurar la operación continua y segura de partes de los sistemas de telecomunicaciones, mientras se daba tiempo a las empresas y personas afectadas para identificar y cambiar a otras fuentes de equipos, *software* y tecnología». Esta licencia se extendió cinco veces hasta el 13 de agosto de 2020, y probablemente permitió a Huawei aumentar su *stock* de componentes para estaciones base 5G.

El despertar estratégico de Estados Unidos

Aunque el negocio de 5G de Huawei parece haber resistido, la Administración de Biden ha ampliado las sanciones a otras empresas. Esto se debió a advertencias de los servicios de inteligencia de que China estaba utilizando inteligencia artificial y supercomputación para desarrollar armas hipersónicas y para poder descifrar el sistema de mensajería más secreto del gobierno estadounidense.

A principios de octubre de 2022, el Departamento de Comercio de EE. UU. (DoC) anunció que ampliaría el ámbito de las restricciones. En diciembre, se añadieron 36 nuevas empresas a la Lista de Entidades, incluidas Yangtze Memory Technologies (YMTC), el mayor productor de chips de memoria de China; Cambricon, una destacada empresa de diseño de chips, junto con nueve de sus filiales; y Shanghai Microelectronics Equipment Group, un fabricante de herramientas para chips. Según el DoC, las entidades incluidas en la lista «son importantes en la investigación, desarrollo, fabricación y venta de chips de inteligencia artificial (IA)... [con] estrechos vínculos con organizaciones gubernamentales que apoyan al ejército chino y la industria de defensa».

Además, una nueva «regla de exportación», emitida en octubre de 2022, introdujo varios cambios adicionales. Se agregaron más artículos a la Lista de Control de Comercio (CCL), incluyendo microchips más avanzados, productos que contienen dichos chips y más equipos de fabricación de semiconductores. La «regla de producto directo extranjero», utilizada contra Huawei en 2020, se amplió aún más para cubrir una gama más amplia de artículos destinados a China, incluidos aquellos para su uso en supercomputación y en el desarrollo o producción de semiconductores o equipos para fabricarlos. Se prohibió expresamente que las empresas estadounidenses apoyaran la producción de microchips en China. Esta medida se tomó en respuesta a la noticia en julio de 2022 de que el desarrollador chino de chips, SMIC²¹ había producido un microchip que competía con los complejos chips fabricados en Taiwán por TSMC, lo que

²¹ Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC) es una empresa líder en la fabricación de semiconductores con sede en China. SMIC es una de las mayores fundidoras de circuitos integrados del mundo y ofrece servicios de fabricación de chips para una amplia variedad de aplicaciones, desde electrónica de consumo hasta equipos industriales. La empresa ha sido un actor importante en el sector de semiconductores y ha jugado un papel crucial en la cadena de suministro global de chips.

llevó a la Administración de Biden a buscar una mayor restricción en las exportaciones a China.

Las empresas estadounidenses afectadas incluyen a los líderes en diseño de chips, Nvidia y AMD, y a fabricantes de herramientas como Applied Materials y Lam Research. En cuanto a las empresas chinas, los controles afectarán a SMIC, YMTC y Chang Xin Memory. La justificación se basaba en «preocupaciones de seguridad nacional directas».

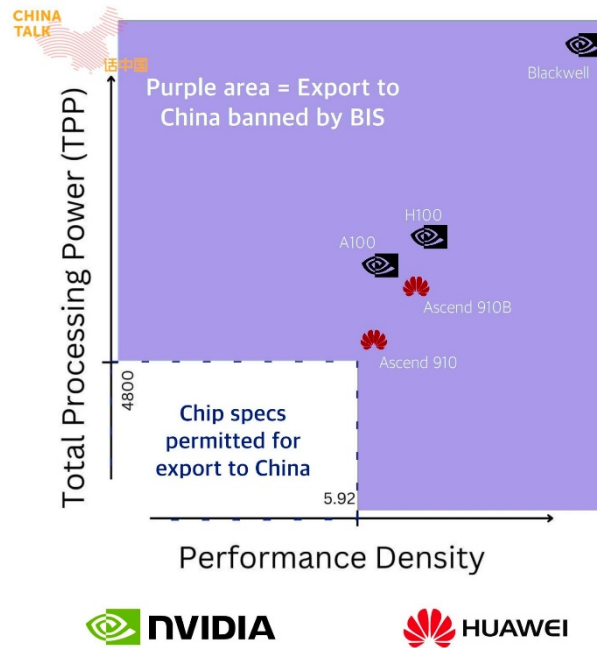
La Administración Biden está afinando una regulación aún más estricta según la información que reproducen *Reuters* y *Bloomberg*²². Un borrador preliminar propone incluir alrededor de ciento veinte empresas chinas en la lista de entidades, lo que obligaría a otras compañías a obtener una licencia especial para exportarles productos desde Estados Unidos. Este listado se centraría en firmas involucradas en la fabricación de chips, maquinaria para su producción y servicios de apoyo.

Además, ciertas fábricas chinas de chips podrían enfrentarse a restricciones internacionales que limitarían el acceso a equipos fabricados con tecnología o componentes estadounidenses, incluso si provienen de terceros países. Entre las empresas potencialmente afectadas figuran fábricas chinas supuestamente vinculadas a Huawei, como SwaySure, Shenzhen Pensun Technology, Pengxinwei IC y Qingdao Si'En.

También se estarían examinando restricciones adicionales sobre los envíos de chips de memoria, cruciales para entrenar modelos de inteligencia artificial. Entre otras se han considerado umbrales más estrictos para los chips de inteligencia artificial producidos por Nvidia y otras compañías.

La revisión normativa buscaría cerrar lagunas que permiten a empresas estadounidenses sortear restricciones enviando productos a China desde filiales en países como Israel, Malasia y Singapur.

²² <https://www.nytimes.com/2024/08/09/business/economy/china-us-chip-semiconductors.html>



Source: Statista.

Imagen 5. Reparto de capacidades de procesamiento NVIDIA/Huawei

La efectividad y los riesgos de las restricciones

Las restricciones impuestas, aunque dirigidas a frenar el avance chino, podrían tener efectos adversos. Si estos nuevos controles resultan plenamente efectivos, podrían obstaculizar significativamente la capacidad de China para desarrollar herramientas o instalaciones informáticas avanzadas necesarias para entrenar sistemas de inteligencia artificial. Sin embargo, estas medidas probablemente harán que China redoble sus esfuerzos por alcanzar la autosuficiencia tecnológica.

Lo cierto es que China ya ha demostrado ser capaz de avanzar en la producción de chips a pesar de las restricciones. Un informe de TechInsight²³ de 2022 afirmaba que la empresa SMIC que es la mayor fundición de chips de China, podría estar produciendo en secreto componentes en el nodo de 7 nanómetros. Esto generó honda preocupación en Occidente²⁴. Si China logra consolidar este avance, podría autoabastecerse de la

²³ TechInsights es un proveedor canadiense de servicios de análisis y propiedad intelectual relacionados con semiconductores para empresas de tecnología y otros suscriptores. Es conocido por su capacidad de ingeniería inversa.

²⁴ <https://asiatimes.com/2022/07/smics-7-nm-chip-process-a-wake-up-call-for-us/>

tecnología más avanzada y mantener su competitividad en la carrera por la inteligencia artificial, a un menor coste de rendimiento.

Las restricciones también son un arma de doble filo para la industria de semiconductores en general. La última ronda de medidas restrictivas de Estados Unidos provocó una caída en el valor de las empresas estadounidenses involucradas, reduciendo su capitalización en 240.000 millones de dólares. La Asociación de la Industria de Semiconductores estadounidense (SIA)²⁵ ha advertido que las empresas de este sector necesitan invertir una quinta parte de su facturación en investigación y desarrollo, una de las tasas más altas en cualquier industria, lo que hace que las restricciones afecten directamente a su capacidad de innovar.

A pesar de los esfuerzos de Washington, el éxito de esta estrategia aún está por verse. El mercado secundario sigue siendo una vía de escape para que China obtenga componentes avanzados. En enero de 2023, el *Wall Street Journal* reveló cómo la Academia Militar China, fundamental en el programa nuclear del país, logró adquirir componentes de Intel y Nvidia, a pesar de llevar bajo sanciones durante más de dos décadas²⁶. Este hecho subraya las dificultades de implementar controles efectivos en un entorno tan complejo.

China no solo lidera en tecnología militar, sino también en ocho campos clave de la industria energética, incluyendo la generación de electricidad a partir de hidrógeno, supercapacitores, baterías eléctricas, energía fotovoltaica, gestión de residuos nucleares, biocombustibles, energía nuclear y tecnología de energía directa (láseres, microondas y ondas de sonido). Aunque Estados Unidos sigue siendo líder en computación cuántica, China ya lo ha superado en criptografía cuántica, comunicaciones y sensores cuánticos. La estrategia de contención de Estados Unidos es una respuesta directa a esta realidad y a la creciente amenaza en otros sectores.

²⁵ La Semiconductor Industry Association (SIA) es una asociación comercial que representa a empresas fabricantes de semiconductores en los Estados Unidos. La SIA aboga por políticas gubernamentales favorables a la industria de semiconductores, promueve la innovación tecnológica, y proporciona datos e información sobre tendencias en la industria de semiconductores. La organización juega un papel crucial en la defensa de los intereses de las empresas de semiconductores y en la promoción del crecimiento y la competitividad en este sector.

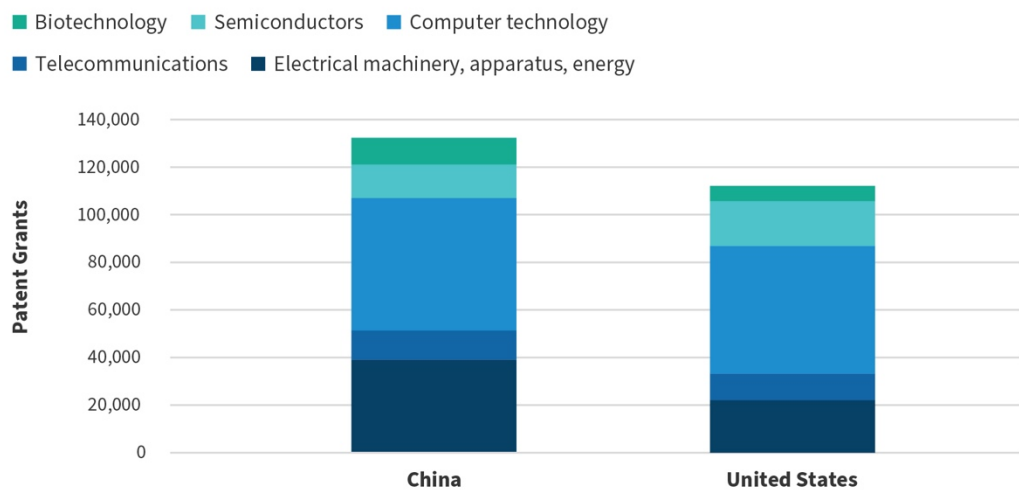
²⁶ <https://www.wsj.com/articles/chinas-top-nuclear-weapons-lab-used-american-computer-chips-decades-after-ban-11674990320?mod=djemalertNEWS>

La estrategia china: capitalismo de Estado, talento repatriado y el provecho de las fuentes abiertas.

Agudizando el ingenio

El rápido avance de China en la última década se ha basado en una fórmula clara: una inversión masiva en investigación tecnológica y el desarrollo de talento necesario para materializar estos avances. Desde 2011, China supera a Estados Unidos en el número anual de patentes, y diez años después, según datos de CSIS^{27,28}, ya duplica a su rival. Además, Pekín ha lanzado una agresiva campaña de repatriación de científicos e investigadores formados en el extranjero. En 2021, más de 1.400 científicos abandonaron sus puestos en Estados Unidos para regresar a China²⁹.

Patent Grants by Selected Technologies, 2020



Source: "WIPO IP Statistics Data Center," World Intellectual Property Organization Statistics Database, last modified November 2021, <https://www3.wipo.int/ipstats/keyindex.htm>.

CSIS | RENEWING AMERICAN INNOVATION PROJECT

Sin embargo, el camino desde la investigación hasta la comercialización es largo y complejo, y China aún debe resolver multitud de problemas hasta poder convertir sus patentes en productos viables y comercialmente exitosos. A pesar de ello, Washington

²⁷ El Center for Strategic and International Studies (CSIS) es un *think tank* con sede en Washington, D. C., que se enfoca en temas de política exterior, seguridad nacional y asuntos internacionales. CSIS realiza investigaciones, análisis y ofrece recomendaciones políticas en una amplia gama de áreas, incluyendo seguridad cibernética, economía global, seguridad energética y estabilidad internacional. Es una institución reconocida por su influencia en el ámbito de la política exterior y la seguridad.

²⁸ <https://www.csis.org/analysis/what-can-patent-data-reveal-about-us-china-technology-competition>

²⁹ <https://foreignpolicy.com/2023/07/13/chinese-scientists-united-states-research-tech-academia-china-initiative/>

tiene motivos para preocuparse. La colaboración público-privada en China es menos complicada que en muchos países occidentales, y el capitalismo del Estado chino está demostrando ser capaz de innovar, a veces con mayor eficacia que el capitalismo de mercado.

En la industria tecnológica china, existe una creciente convicción de que la tecnología de código abierto podría ser un catalizador para su desarrollo, incluso frente a las restricciones impuestas por Estados Unidos. De hecho, si los reguladores estadounidenses decidieran frenar el avance de proyectos de código abierto liderados por su país, China podría obtener una ventaja estratégica significativa. En tal escenario, si las tecnologías de código abierto más avanzadas provinieran de China, los desarrolladores estadounidenses podrían verse obligados a construir sus sistemas sobre bases tecnológicas chinas³⁰.

Estados Unidos forjó su liderazgo en inteligencia artificial gracias a la colaboración entre empresas y académicos, un modelo que China podría replicar. La inteligencia artificial de código abierto, considerada la base del desarrollo en este campo, juega un papel crucial en esta dinámica. Si bien cualquier persona con un ordenador puede modificar el código de un *software* de código abierto, alterar fundamentalmente un sistema de inteligencia artificial requiere vastos recursos en términos de datos, habilidades y capacidad de computación. En el contexto de la inteligencia artificial, el código abierto implica que los componentes básicos de un sistema actúan como una plataforma que permite a otros construir sobre ella.

El dominio chino en inteligencia artificial es evidente: empresas como Tencent y Baidu lideran el número de patentes en este campo, superando con creces a gigantes occidentales como IBM, Microsoft y Alphabet (Google). Según el mencionado informe de ASPI, China ya aventaja a Estados Unidos en siete de las diez disciplinas más relevantes en IA, incluyendo *machine learning*, análisis avanzado de datos y algoritmos de IA. Aunque Estados Unidos mantiene la delantera en supercomputadoras, procesadores de

³⁰ <https://www.france24.com/es/minuto-a-minuto/20240704-el-primer-ministro-chino-pide-cooperación-internacional-en-materia-de-ia>

última generación y procesamiento de lenguaje natural, el margen es cada vez más estrecho³¹.

El ascenso tecnológico de China no es solo una cuestión de números y patentes, sino un cambio de paradigma que desafía las suposiciones occidentales sobre la innovación y el progreso. La capacidad de China para combinar el poder del Estado con la creatividad del mercado está reconfigurando el mapa tecnológico global, y Estados Unidos tendrá que adaptarse rápidamente si quiere mantener su posición de liderazgo.

Innovación con control estatal

Pekín, consciente de que la tecnología es el nuevo campo de batalla, ha redoblado sus esfuerzos para reducir su dependencia de Occidente. Bajo la estrategia «Made in China 2025» y la iniciativa «Ruta de la Seda Digital», el gobierno chino ha diseñado un ambicioso plan para convertirse en una superpotencia tecnológica reteniendo el liderazgo interno del sector.

Analicemos estas políticas con más detalle a través de sus líneas más significativas:

Incremento de la base tecnológica. Frente a la presión estadounidense, China ha adoptado una estrategia integral, fomentando el crecimiento de miles de «pequeños gigantes»: empresas especializadas con el potencial de dominar tecnologías críticas. Esta táctica, gestionada por el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información, busca resolver los cuellos de botella tecnológicos y asegurar el liderazgo en diversos sectores clave.

Los programas de apoyo estatal de China no son una novedad, pero su enfoque se ha vuelto más sofisticado y ambicioso en los últimos años. Desde 2016, Pekín ha acelerado sus esfuerzos para fortalecer la autosuficiencia tecnológica, en respuesta a las directrices de Xi Jinping para reducir la dependencia del país en tecnología extranjera. Estos programas, inspirados en el concepto de «campeones ocultos» del académico alemán Hermann Simon³², se han adaptado para fomentar pequeñas y medianas empresas que se perfilen como líderes globales en nichos tecnológicos.

³¹ <https://www.nytimes.com/2024/07/25/technology/china-open-source-ai.html>

³² El concepto de «campeones ocultos» fue introducido por el académico alemán Hermann Simon para referirse a empresas relativamente desconocidas que son líderes mundiales en sus respectivos mercados, a menudo en

En este contexto los dos programas estrella: los «pequeños gigantes» y los «campeones individuales» son interdependientes y tienen como objetivo identificar y apoyar a empresas que ya tienen, o están en camino de alcanzar, una posición dominante en tecnologías clave. Estas iniciativas benefician actualmente a unas 10.000 empresas.

Alrededor del 30 % de los «campeones individuales» identificados en los últimos años surgieron del programa de «pequeños gigantes», lo que sugiere que la estrategia está dando frutos. China se ha enfocado en sectores donde ya posee capacidades significativas y donde puede obtener ventajas competitivas más rápidamente.

Refuerzo del control estatal sobre la tecnología. A pesar del éxito de gigantes tecnológicos privados como Alibaba y Tencent, el gobierno chino ha intensificado su control sobre la dirección tecnológica del país. El enfoque de Pekín prioriza la seguridad industrial y la influencia global, a menudo por encima de la eficiencia económica, un cambio que refleja la creciente desconfianza hacia la globalización en áreas tecnológicas críticas y que le ha permitido incrementar sus esfuerzos según una dirección única.

Algunos ejemplos sirven para ilustrar la puesta en práctica del «modelo chino»:

Uno de los beneficiarios destacados es GRIPM Advanced Materials Co., una empresa especializada en polvos metálicos avanzados, cruciales para la fabricación de componentes aeroespaciales mediante impresión 3D. Controlada por una empresa estatal china, GRIPM domina casi el 38 % del mercado global de estos polvos, un logro que ha sido posible gracias a la adquisición estratégica de la empresa británica Makin Metal Powders en 2015.

Otro ejemplo es Ningbo Yongxin Optics Co., que produce lentes utilizadas en satélites y en experimentos de microgravedad a bordo de la estación espacial china. ComNav Technology Ltd., por su parte, se ha convertido en un actor clave en la fabricación de chips y placas de circuito para sistemas de navegación por satélite, compitiendo directamente con proveedores extranjeros. Ambas están controladas por empresas gubernamentales.

segmentos de nicho. Estas empresas suelen tener un desempeño excepcional en cuanto a innovación, calidad y exportaciones, a pesar de no ser famosas a nivel internacional. Los «campeones ocultos» suelen tener un enfoque de larga duración, enfoque en la excelencia y un compromiso con la innovación continua. Hermann Simon ha estudiado y documentado extensamente estos tipos de empresas exitosas en varios sectores industriales.

Como se puede ver, la estrategia de China va más allá de simplemente competir; se trata de crear un ecosistema tecnológico autosuficiente controlado por el Estado y que pueda desafiar el dominio occidental en sectores críticos.

Apuesta por la autosuficiencia. La apuesta de China por la autosuficiencia en el sector tecnológico es una estrategia deliberada para asegurar su posición como líder en la economía global del futuro. Este enfoque no solo busca proteger al país de las fluctuaciones en las relaciones internacionales y las tensiones geopolíticas, sino que también aspira a poner a China a la vanguardia de la innovación global, redefiniendo el equilibrio de poder en el siglo XXI.

Un ejemplo es Aluminum Corp. of China Ltd., uno de los mayores productores de aluminio del mundo. La empresa ha incrementado su producción de aluminio de alta gama, crucial para la industria de defensa, un área donde China sigue siendo un importador neto. Esta apuesta por la autosuficiencia en sectores clave refleja la estrategia de Pekín de reducir su dependencia de las importaciones en tecnologías críticas.

La expansión global de la tecnología china

China ha logrado, a través de una estrategia de implicación comercial directa, promover la adopción de su tecnología en todo el mundo, especialmente en los países del llamado sur global. El Estado chino ha desplegado una combinación de ayuda financiera y asistencia técnica para impulsar la compra de *hardware* y *software* chinos, con un éxito particular en África, América Latina, el sudeste asiático y el Medio Oriente.

Este avance no ha sido meramente comercial; ha tenido profundas implicaciones políticas. En muchas de estas regiones, la tecnología china ha sido instrumental para que sus gobiernos fortalezcan el control sobre el acceso a la información y la vigilancia de sus poblaciones. En consecuencia, el ideal de un internet global y abierto ha sido reemplazado en muchas partes del mundo por un sistema fragmentado, controlado por estados autoritarios que han adoptado las herramientas digitales de China.

Para la próxima década, incluso las empresas tecnológicas más grandes de Estados Unidos encontrarán difícil competir con sus rivales chinos. Aunque siguen siendo punteras, tanto en el ámbito doméstico como internacional, las compañías occidentales se ven en una creciente desventaja. Las prácticas comerciales desleales de China, que incluyen subsidios masivos, apoyo regulatorio y transferencia forzada de tecnología, han dado a sus empresas una ventaja significativa, incluso también en mercados desarrollados y ricos.

El ascenso cualitativo de las capacidades tecnológicas chinas ha llevado a una situación en la que, en sector tras sector, las empresas chinas están capturando una porción cada vez mayor del bienestar global:

En abril de 2024, G42, una gran empresa de IA con sede en los Emiratos Árabes Unidos, firmó una asociación de \$ 1.500 millones con Microsoft. Este acuerdo siguió a meses de presión discreta por parte de funcionarios de seguridad nacional de EE. UU., quienes presionaron a la empresa para reducir sus vínculos con China y mantener el acceso a tecnología crítica de EE. UU., incluidos los chips de Nvidia. Posteriormente, una entidad de inversión bajo la supervisión del Asesor de Seguridad Nacional de los Emiratos asumió el control del fondo G42, que posee participaciones en gigantes tecnológicos chinos como ByteDance y JD.com. En mayo, el fondo de capital de riesgo de Saudi Aramco participó en una ronda de financiación de \$ 400 millones para Zhipu AI, la mayor *startup* china de IA generativa, que aspira a competir con OpenAI.

Estos movimientos ilustran un cambio en el panorama geopolítico, en el que las potencias medias influyentes rechazan cada vez más la noción de que mantener relaciones sólidas tanto con Occidente como con sus adversarios estratégicos sea mutuamente excluyente.

Las claves para Occidente: mantener la ventaja estratégica.

Cuáles deberían ser los objetivos estratégicos en este conflicto

Frente a este desafío, Occidente, y particularmente Estados Unidos, debe considerar tres objetivos clave en su estrategia para competir con China.

Primero, preservar su ventaja en el desarrollo e innovación tecnológica, algo que requiere un análisis claro de sus propias capacidades con una gran dosis de realidad y pragmatismo. Será necesario también reconocer las propias limitaciones (los EE. UU. no van a poder seguir liderando en todas las facetas del múltiple sector tecnológico) y una determinación clara sobre qué tecnologías son críticas para la seguridad nacional para así poder centrarse en ellas.

Segundo, ser capaces de mantener la cooperación internacional en comercio y ciencia, un área que corre el riesgo de verse socavada por la creciente rivalidad entre los dos países. La degradación de la cooperación científica y la fragmentación del sistema comercial global son amenazas reales que podrían tener consecuencias a medio y largo plazo para la innovación, el crecimiento económico global o el acuerdo de normas internacionales para regular un sector muy necesitado de normas y de ética.

Tercero, alinear su estrategia con la de sus aliados y socios, reconociendo que, aunque comparten intereses comunes, no siempre coinciden en todos los aspectos. La coordinación con los aliados es crucial, especialmente porque China aspira a la autosuficiencia tecnológica, mientras que Estados Unidos depende de una red de alianzas globales. Esto ha venido planteando un importante dilema a los aliados asiáticos, en especial a Japón y a Corea del Sur, por su proximidad geográfica (y por tanto simplicidad comercial) con China. En el pasado año 2023 ambos países han dado importantes pasos en este sentido limitando y restringiendo la transferencia de tecnología punta a China.

Es imprescindible también ser capaz de atraer al conjunto de países no alineados a los que hasta ahora está cortejando China y que necesitan ver ventajas en acercarse a la órbita tecnológica occidental.

El caso de TSMC en Taiwán

Como es bien conocido, la isla hace descansar su seguridad en el compromiso con los EE. UU. para la seguridad y la defensa de su república frente a las aspiraciones de China continental.

TSMC acumula el 60 % producción de chips mundial en sus fábricas de Taiwán.

A lo largo de 2024 abrirá una fábrica en Arizona en 2024 al calor de las subvenciones de CHIPS Act, aunque con una capacidad limitada comparada con las de la isla. En agosto inauguró otro centro de producción en conjunción con empresas europeas en Dresde (Alemania) (ver posteriormente punto 9.1) y está considerando abrir una segunda fábrica en EE. UU. y otras en Japón y Holanda. Esto contribuye a la estrategia americana y europea sobre la necesidad de deslocalizar y repatriar parte de la producción concentrada en Taiwán.

China ve con malos ojos cualquier decisión autónoma de Taiwán en su aspiración a la integración de la isla bajo su soberanía. Un conflicto militar por la isla pondría en serio peligro la producción regional de semiconductores y ya que por el momento no hay alternativas a TSMC³³.

Algo de prospectiva

Es un escenario posible que China a lo largo de la próxima década haya consolidado su liderazgo tecnológico en muchas áreas a expensas de Estados Unidos y sus aliados. Este escenario no es producto de una inevitabilidad histórica, sino de una serie de decisiones estratégicas que, de manera acumulativa, están inclinando la balanza a favor de Pekín.

El resultado sería un mundo donde la ventaja científica y tecnológica que Estados Unidos ha ostentado desde 1945 hasta bien entrado el siglo XXI se haya desvanecido. Los laboratorios, universidades y empresas chinas ahora liderarían el anuncio de descubrimientos científicos y en su transformación en tecnologías de valor comercial.

Las consecuencias estratégicas de este cambio serían profundas. Para el año 2030, China no solo habrá cerrado la brecha en gastos de defensa, sino que podría haber alcanzado, e incluso superado, a Estados Unidos y sus aliados en el desarrollo de armamento avanzado. Desde Washington hasta Nueva Deli, se observa con creciente preocupación cómo el poderío tecnológico de China ha alterado el equilibrio geopolítico en la región Asia-Pacífico.

³³ IEEE Panorama Geopolítico de los Conflictos 2023, pp. 287-288.

https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/p/a/pan_geo_conflictos_2023.pdf

Pero el ámbito militar no es el único donde China ha logrado avances. En el mercado global, las empresas tecnológicas chinas están superando a sus competidores occidentales, incluidas algunas de las más grandes e influyentes compañías estadounidenses. La mirada del mundo, antes centrada en Silicon Valley, ahora se dirige con igual interés a Shenzhen, el epicentro de la innovación tecnológica en China.

El impacto del conflicto: desde la gobernanza tecnológica global a la fragmentación normativa

El creciente poder de China también ha hecho que sea casi imposible para las democracias occidentales imponer sus preferencias en la gobernanza tecnológica global. La influencia de China en el desarrollo de estándares técnicos dentro de organizaciones internacionales ha crecido significativamente, desafiando la capacidad de Occidente para liderar en esta área.

Desde principios de la década de 2020, la falta de interés en la cooperación científica ha impedido que Estados Unidos, Europa y China lleguen a acuerdos sobre las normas y principios básicos que deberían guiar el desarrollo de tecnologías de alto riesgo. Esto ha resultado en una arquitectura de gobernanza fragmentada e incompleta, en la que países, empresas y laboratorios individuales avanzan sin un marco ético-normativo común.

En áreas como la inteligencia artificial, China ha intensificado el uso de aplicaciones que socavan los derechos individuales y las libertades, como las tecnologías de reconocimiento facial controladas por el Estado para monitorear las actividades de los ciudadanos, no solo en China, sino también en partes del mundo que han adoptado sus tecnologías.

Pero esta lista de preocupaciones no se detiene aquí. La colaboración científica entre Estados Unidos y China, y por extensión entre China y muchos de los aliados de Estados Unidos, ha disminuido drásticamente desde 2023. La cooperación transfronteriza que alguna vez fue un pilar del progreso científico global ha sido reemplazada por un ambiente de desconfianza y hostilidad, donde el intercambio de conocimientos científicos está severamente limitado.

Esta fragmentación ha debilitado el avance científico en áreas cruciales, desde la investigación sobre el cáncer hasta las innovaciones en energía, poniendo en riesgo el progreso global.

El escenario descrito plantea dos riesgos principales.

En primer lugar, el riesgo de una desconexión excesiva entre las economías y sistemas tecnológicos de Estados Unidos y China, lo que podría llevar a un conflicto más amplio entre los objetivos geopolíticos y económicos de ambos países.

Y además el riesgo de dañar la gobernanza global. Si la competencia estratégica entre Estados Unidos y China sigue en su curso actual, la arquitectura global que guía el desarrollo tecnológico podría verse seriamente comprometida, con consecuencias negativas para la cooperación internacional y la innovación.

El caso europeo: la Ley Europea de Chips.

Hacia una soberanía europea digital y una reindustrialización estratégica

La pandemia ha servido como un contundente recordatorio de la vulnerabilidad de las cadenas de suministro globales, y Europa no ha sido inmune a sus efectos. La escasez de productos manufacturados, en particular de semiconductores, ha revelado la dependencia crítica del continente de proveedores externos. Esta escasez, que comenzó en 2020 y continúa afectando diversos sectores, ha llevado a la Comisión Europea a tomar medidas para asegurar la resiliencia y la autonomía en un mundo cada vez más incierto.

La respuesta de Bruselas llegó en febrero de 2022 con la introducción de la Ley Europea de Chips³⁴, una ambiciosa iniciativa diseñada para garantizar la seguridad del suministro y reforzar el liderazgo tecnológico de la Unión Europea en el crucial sector de los semiconductores. Este conjunto de medidas tiene como objetivo duplicar la cuota de mercado global de Europa, pasando de una cuota de producción del 10 % actual (2022) al 20 % en 2030, movilizando más de 43.000 millones de euros en inversiones públicas y privadas.

³⁴ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81291>

La Ley Europea de Chips no es simplemente una respuesta a la escasez de semiconductores; es un pilar central en la estrategia más amplia de Europa para recuperar su soberanía industrial. La globalización y la deslocalización de las últimas décadas han dejado a la Unión Europea expuesta a interrupciones en el suministro de componentes esenciales como los microchips, que son fundamentales para una amplia gama de industrias, desde la automotriz hasta la tecnología médica.

El plan de Bruselas se basa en dos propuestas regulatorias clave. La primera busca fortalecer el ecosistema europeo de semiconductores, aprovechando los puntos fuertes del continente, como sus organizaciones líderes en investigación y tecnología, y sus fabricantes pioneros de equipos. La segunda propuesta modifica el reglamento que establece las empresas comunes en el marco de Horizonte Europa, adaptándolo para apoyar a la Empresa Común Chips³⁵, una entidad diseñada para coordinar estos esfuerzos a nivel europeo.

Además, la Comisión Europea ha complementado estas propuestas con dos instrumentos de *'soft law'*³⁶. Por un lado, una Comunicación que insta al Consejo y al Parlamento Europeo a apoyar medidas que refuercen rápidamente la capacidad de Europa en semiconductores. Por otro, una recomendación dirigida a los Estados miembros para que colaboren mediante un grupo europeo de expertos en semiconductores, facilitando el intercambio de información y la coordinación de respuestas a la crisis actual³⁷.

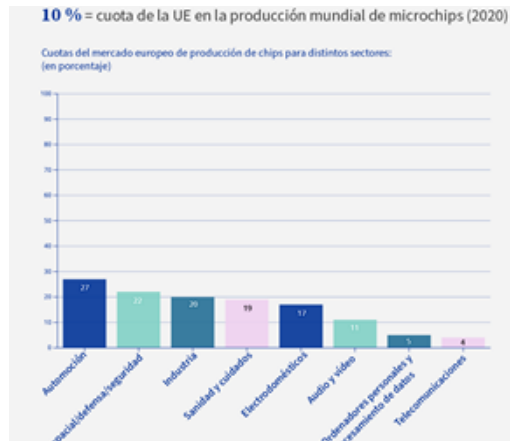
Algunos pasos parecen estar tomando forma: el pasado 20 de agosto de 2024 la presidenta de la Comisión Von der Leyen inauguraba en Dresde la European Semiconductor Manufacturing Company (ESMC), una empresa conjunta entre Taiwán Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), Bosch, Infineon y NXP, financiada con subvenciones europeas. Está previsto que funcione a plena capacidad en 2029, y se

³⁵ «Empresa Común para Equipos de Procesamiento de Chips y Pilas», más conocida como «Empresa Común Chips». Esta iniciativa, establecida en Europa, tiene como objetivo desarrollar y producir chips avanzados y pilas de combustible para aplicaciones de energía y movilidad sostenible. La Empresa Común Chips es parte de los esfuerzos de la Unión Europea para promover la innovación y la competitividad en sectores clave como la tecnología de semiconductores y las tecnologías energéticas limpias.

³⁶ «Soft law» se refiere a normas no vinculantes o no obligatorias que no tienen la fuerza de ley formal, pero que pueden influir en el comportamiento y las prácticas de las partes involucradas. Estas normas pueden incluir códigos de conducta, directrices, principios y declaraciones de buenas prácticas. Aunque no son legalmente vinculantes, el *soft law* a menudo se utiliza para orientar el comportamiento y promover la cooperación en áreas como el derecho internacional, la regulación financiera y la responsabilidad empresarial.

³⁷ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-chips-act-communication-regulation-joint-undertaking-and-recommendation>

espera que produzca 480.000 chips de última generación, utilizados para aplicaciones automotrices e industriales. Von der Leyen también anunció que en su nuevo mandato la Comisión adoptará nuevas medidas para impulsar la competitividad industrial de Europa mediante la creación de un Fondo Europeo de Competitividad para invertir en tecnologías estratégicas en el campo de los chips y la IA³⁸.



Source CSIS

Imagen 7. Cuota EU en producción chips

La respuesta de España: Autonomía estratégica en acción

España se ha alineado con esta estrategia comunitaria. En mayo de 2022, el Consejo de Ministros aprobó el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica de Microelectrónica y Semiconductores (PERTE Chip)³⁹. Este proyecto busca fortalecer las capacidades de diseño y producción de la industria de semiconductores en España, contribuyendo a la autonomía estratégica tanto nacional como europea.

El PERTE Chip se estructura en torno a cuatro pilares estratégicos que abarcan toda la cadena de valor de la industria, desde la concepción y diseño hasta la producción de chips y la dinamización de la fabricación de productos electrónicos TIC. Este enfoque integral está diseñado para generar una demanda sostenida de microchips producidos

³⁸ <https://www.euronews.com/next/2024/08/20/first-european-high-performance-chips-to-be-made-in-dresden>

³⁹ https://planderecuperacion.gob.es/sites/default/files/2022-05/PERTE_Chip_memoria_24052022.pdf

en España y fortalecer el ecosistema emprendedor en semiconductores, con el objetivo de ejercer un impacto multiplicador en la economía española.

Las acciones específicas incluyen:

- Refuerzo de la capacidad científica. Iniciativas para fortalecer la investigación, desarrollo e innovación en microprocesadores avanzados, arquitecturas alternativas y fotónica integrada. También se apoya el desarrollo de chips cuánticos y se lanza una línea de financiación destinada a consolidar el Proyecto Importante de Interés Común Europeo (IPCEI) en Microelectrónica y Tecnologías de la Comunicación. Para este eje, se ha previsto una inversión de 1.165 millones de euros entre 2022 y 2027.
- Estrategia de diseño. Busca potenciar la capacidad española en el diseño de microprocesadores mediante la creación de empresas *fabless*, especializadas en diseño sin necesidad de tener instalaciones propias de fabricación. Además, se implementarán pilotos de pruebas y se establecerá una red de capacitación en semiconductores. Se ha destinado un presupuesto de 1.330 millones de euros para este objetivo.
- Construcción de plantas de fabricación. Se contempla la construcción de plantas capaces de producir chips de vanguardia (por debajo de 5 nm) y de gama media (superiores a 5 nm). El gobierno ha asignado 9.350 millones de euros para este eje estratégico.
- Dinamización de la industria TIC. Creación de un fondo de capital especializado en chips, destinado a financiar *startups*, *scaleups* y pymes innovadoras en el sector de semiconductores en España, con una dotación inicial de 200 millones de euros. El presupuesto para esta área asciende a 400 millones de euros.

Además, en consonancia con la Ley Europea de Chips, España ha impulsado una nueva «Ley de Industria y Autonomía Estratégica» que ha iniciado su tramitación con la aprobación por el Consejo de Ministros del anteproyecto el pasado mes de junio 2024⁴⁰. Esta iniciativa, tiene como objetivo abordar los problemas derivados de la dependencia externa en materiales básicos, tal como evidenció la pandemia. La nueva legislación pretende dotar a la industria española de mayor resiliencia, en línea con la estrategia industrial europea y el Pacto Verde Europeo, promoviendo procesos industriales más limpios y sostenibles.

⁴⁰ https://industria.gob.es/es-es/participacion_publica/Paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=680

La apuesta por la reindustrialización en Europa y España no solo busca acortar las cadenas de suministro y asegurar el abastecimiento de componentes críticos como los semiconductores, sino que también debe alinearse con las ambiciosas metas del Pacto Verde Europeo. Esto implica una transformación hacia procesos industriales más sostenibles, que promuevan la neutralidad climática y la circularidad económica.

Los semiconductores se han convertido también en Europa en el símbolo de las tensiones en una economía globalizada, y la Ley Europea de Chips es una de las respuestas más significativas a este desafío. No obstante, estas medidas forman parte de una revisión más amplia de la política industrial tanto a nivel comunitario como nacional, con la soberanía digital como piedra angular para la recuperación de la soberanía industrial europea.

La competencia por la supremacía: un entorno crítico para la industria aeroespacial y de defensa

Los semiconductores avanzados desempeñan un papel fundamental en la industria aeroespacial y de defensa (A&D), ya que estos chips realizan funciones altamente especializadas que requieren priorizar el rendimiento sobre otros criterios comunes en el sector comercial, donde la rapidez en el mercado, la simplicidad de fabricación y el costo suelen ser las prioridades. Las diferencias, por lo tanto, son numerosas y significativas. La primera diferencia no es tecnológica ni funcional: el valor total del mercado de semiconductores en A&D representa solo entre el 1 % y el 2 % del mercado global, que ronda los 600.000 millones de dólares, lo que implica una influencia limitada en ese mercado.

Debido a las exigencias de alto rendimiento, el diseño de estos semiconductores es generalmente muy complejo. Además, las especificaciones militares y espaciales son mucho más rigurosas debido a los requisitos operacionales, lo que implica que los parámetros de diseño, como la temperatura, la radiación (especialmente en el espacio), la humedad y los golpes, deben abarcar rangos más amplios. Asimismo, la vida útil esperada de los chips de A&D es considerablemente mayor que la de los chips comerciales.

Aunque la producción de chips para A&D sigue los mismos pasos básicos que la de otros chips, cada etapa tiene requisitos y desafíos distintos que exigen un control más riguroso y recursos superiores. Por ejemplo, a menudo se utilizan empaques de cerámica-metal para aumentar la fiabilidad, lo que también añade complejidad y costo. Además, las pruebas de estos chips requieren más tiempo y atención, ya que deben ser certificados o cualificados según estándares muy exigentes. Otro ejemplo de diferencia es la elección del sustrato de los chips: mientras que los chips comerciales generalmente utilizan silicio, los de A&D requieren una variedad de sustratos según la aplicación. Además del silicio y el carburo de silicio, los chips de A&D a menudo requieren materiales más exóticos para un mejor rendimiento, como el galio y sus compuestos (arseniuro, nitruro, etc.), indio y sus compuestos (fosfuro, etc.), antimonuros y otros. Por lo tanto, se necesitan fundiciones especializadas, y a pesar de la existencia de muchas fundiciones industriales y grandes programas nacionales, como la Iniciativa Trusted Foundry de EE. UU.⁴¹, gran parte de la producción de estos materiales aún se realiza en Asia (más del 80 % de la producción mundial de arseniuro de galio, por ejemplo, se lleva a cabo hoy en Taiwán por empresas como WIN o TSMC).

Debido a la complejidad de los chips de A&D, la red de proveedores es más especializada, lo que limita la disponibilidad de opciones. Además, la seguridad es una preocupación constante en el proceso de fabricación de chips de A&D, ya que las amenazas cibernéticas están presentes en todas las fases del proceso y requieren contramedidas adecuadas. Como se mencionó anteriormente, la red de proveedores es aún más especializada que la de los chips comerciales, lo que añade un nivel crítico al proceso de producción.

Otro riesgo importante para las industrias europeas y asiáticas de A&D radica en que, al igual que muchas otras industrias cuyos ingresos dependen significativamente de la exportación, se verán afectadas por la actual tendencia en las decisiones de los Estados Unidos a repatriar elementos de la cadena de suministro. Esta tendencia podría restringir las opciones de los compradores e incrementar la proporción de componentes fabricados

⁴¹ La Iniciativa Trusted Foundry de los EE. UU. es un programa del Departamento de Defensa de los Estados Unidos que tiene como objetivo garantizar el suministro seguro y confiable de circuitos integrados para aplicaciones críticas de defensa y seguridad nacional. Este programa implica colaboraciones con fundiciones de confianza para producir chips que cumplan con estándares rigurosos de seguridad y confiabilidad. La Iniciativa Trusted Foundry busca mitigar riesgos de ciberseguridad y asegurar la disponibilidad de componentes críticos para las operaciones militares y gubernamentales.

en Estados Unidos en sus productos, lo que, a su vez, sometería a más de esos productos al control de las normativas de exportación de EE. UU.

Es decir, la industria de A&D occidental, que comparte una cadena de suministro articulada con otras industrias, se encuentra en una situación aún más crítica debido a su complejidad y a la extrema especialización de algunos de sus proveedores, lo que dificulta la búsqueda de alternativas. La diferencia entre EE. UU. y el resto del mundo sigue siendo considerable en términos de tecnología, capitales y preparación, con EE. UU. en una posición mucho más fuerte.

Desde otra perspectiva, sin embargo, la industria de A&D casi siempre disfruta de un vínculo beneficioso con los gobiernos: a veces, los gobiernos tienen al menos una participación parcial en esas industrias y siempre mantienen un nivel constante de control y atención. Los gobiernos occidentales también financian una parte significativa de la investigación y el desarrollo, como lo han demostrado la Ley de Chips Europea y la Ley de Chips y Ciencia en EE. UU.

En definitiva, en un posible escenario de «guerra de chips», el sector de A&D se enfrentaría a una situación más complicada que otras industrias, pero probablemente contaría con el apoyo gubernamental necesario para enfrentarse a los desafíos de manera más efectiva.

Conclusiones

Una guerra tecnológica está en marcha, con Washington al timón y en la ofensiva. La acción política más significativa hasta ahora ha sido la inclusión de Huawei y más de 150 de sus filiales en una lista de entidades sancionadas. Este movimiento ha generado una separación entre la tecnología de punta estadounidense y Huawei, con el proceso de desacoplamiento ya avanzado, si no es que completo. Sin embargo, los resultados de estas sanciones no han sido los que Washington esperaba. A pesar de la presión, Huawei ha logrado mantener su posición como líder global en innovación 5G y sigue siendo un proveedor destacado de estaciones base 5G.

Este conflicto tecnológico pone en riesgo la cooperación entre Estados Unidos y China en otras áreas políticas cruciales, ya que Pekín percibe la guerra tecnológica como una

agresión encaminada a impedir su progreso. Además, la situación ha expuesto las limitaciones de la influencia estadounidense sobre sus aliados y terceros países, muchos de los cuales están optando por la infraestructura 5G más asequible de Huawei. No obstante, la continuación y expansión de esta estrategia por parte de la Administración Biden sugiere que, en el futuro, Washington podría priorizar cada vez más los intereses de seguridad sobre los comerciales en su esfuerzo por preservar la primacía estadounidense en el escenario global.

El enfrentamiento arancelario y la inclusión de empresas en listas negras han dejado su huella en la cadena de suministro de semiconductores. En su intento por contener el avance tecnológico de China, Estados Unidos ha impuesto restricciones a la exportación de equipos avanzados para la fabricación de semiconductores, buscando frenar las aspiraciones de China de alcanzar la autosuficiencia en la producción de chips. Pero ¿cuáles son las consecuencias de estas medidas? Han desencadenado un acaparamiento que provoca escasez a corto plazo y problemas de sobrecapacidad a largo plazo. Además, estas barreras comerciales han llevado a China a redoblar sus esfuerzos para desarrollar su propia capacidad de producción de semiconductores, destinando miles de millones de dólares a investigación y desarrollo. Al mismo tiempo, las empresas estadounidenses de semiconductores, que antes disfrutaban de un acceso sin trabas al lucrativo mercado chino, ahora se enfrentan a un futuro incierto. La cadena de suministro global, que anteriormente era un ejemplo de eficiencia e interdependencia, se está fragmentando, poniendo en duda la resiliencia y estabilidad del ecosistema de semiconductores.

Aunque es complicado, podemos aventurarnos a hacer algunas predicciones sobre la evolución de la «guerra de los chips» a partir de la situación que hemos descrito, tanto a corto como a medio plazo, tanto para los proveedores como para los usuarios de semiconductores.

A corto plazo, es probable que China mantenga su actual reacción moderada y concentre la mayor parte de sus esfuerzos en resolver sus problemas internos, intentando, como hemos señalado, recuperar una posición significativa en el mundo de los semiconductores a través de sus propias políticas ya mencionadas.

Sin embargo, cuando miramos hacia el medio plazo, hacer cualquier tipo de predicción se torna arriesgado debido a la influencia predominante de la situación política sobre todo en los EE. UU.

En cualquier caso, un cambio significativo con respecto a la situación actual provendrá, como hemos mencionado, de una tendencia hacia la desglobalización, basada en grandes inversiones públicas y privadas planificadas y en iniciativas gubernamentales. Esto resultará en una tendencia marcada hacia el «inshoring», es decir, traer de vuelta una gran parte de la cadena de suministro, especialmente en lo que respecta a la producción. El impacto de este movimiento deberá ser analizado con detenimiento por las múltiples implicaciones y derivaciones geopolíticas del mismo.

La batalla por el chip es un juego de tronos moderno, un tablero de ajedrez global donde las naciones compiten por la supremacía, no con espadas y escudos, sino con políticas comerciales, alianzas estratégicas y el oculto mundo del espionaje.

El movimiento inicial en este juego estratégico es la manipulación de políticas comerciales y la imposición de aranceles, maniobras que tienen repercusiones significativas en las cadenas de suministro. Y todo ello por la profunda importancia de los semiconductores como los bloques fundamentales de prácticamente toda la tecnología moderna, desde teléfonos inteligentes hasta satélites. Estados Unidos y China son los principales actores en este drama global.

La guerra tecnológica/de chips trasciende la mera rivalidad tecnológica; encapsula el cambio más amplio en las dinámicas de poder global en el siglo XXI. Los semiconductores, antes dominio de industrias especializadas, ahora se erigen como símbolos de la fortaleza nacional: son esenciales para la defensa, fundamentales para la estabilidad económica y cruciales para la autonomía estratégica. En este contexto, la carrera por la supremacía es un reflejo de ambiciones nacionales más amplias, donde asegurar una ventaja en la tecnología de chips equivale a asegurar el futuro de una nación en un panorama global volátil⁴².

Los resultados de esta contienda en curso sin duda moldearán el panorama geopolítico durante décadas. La capacidad de una nación —o su incapacidad— para producir y

⁴² Global Trends 2040. US National Intelligence Council, pp. 54-68.
https://www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/GlobalTrends_2040.pdf

controlar estos componentes críticos no solo determinará sus capacidades militares y económicas, sino que también influirá en el tejido mismo de la privacidad y seguridad individual.

Esta batalla subraya el profundo impacto de la tecnología en las relaciones internacionales y sirve como un recordatorio contundente de hasta dónde deberían llegar las naciones para asegurar su posición en el orden global.

El futuro de este juego de ajedrez global, donde las apuestas van mucho más allá de la industria de semiconductores, está destinado a definir la jerarquía tecnológica del mañana.

Francisco Márquez de la Rubia
Analista del IEEE.
[@Fmarquezdrl](#)

Bibliografía

ALPER, A., STERLING, T. & NELLIS, S. «Trump administration pressed Dutch hard to cancel China chip-equipment sale – sources», *Reuters*. 6 January 2020. Available from: <https://www.reuters.com/article/us-asml-holding-usa-china-insight-idUSKBN1Z50HN/> [Accessed 21st February 2024].

BATEMAN, J. *U.S.–China technological “decoupling”: a strategy and policy framework*. Washington, DC: Carnegie Endowment. 25 April 2022. Available from: https://carnegieendowment.org/files/Bateman_US-China_Decoupling_final.pdf

BERMAN, N., MAIZLAND, L. & CHATZKY, A. *Is China's Huawei a threat to U.S. national security?* New York: Council on Foreign Relations. 8 February 2023. Available from: <https://www.cfr.org/background/chinas-huawei-threat-us-national-security>

BLACKWILL, R. D. & HARRIS, J. M. *War by other means: geoeconomics and statecraft*. Cambridge MA: Belknap, 2016. <https://doi.org/10.1515/9781400841301>

BROOKS, S. G. & WOHLFORTH, W. «The myth of multipolarity: America's staying power», *Foreign Affairs*, 102(3). 2023, pp. 76-91.

CAPRI, A. *Strategic US–China decoupling in the tech sector: why and how it's happening*. Hinrich Foundation, 4 June 2020. Available from: <https://www.hinrichfoundation.com/research/wp/tech/us-china-decoupling-tech/>

«China Is Closing the A. I. Gap With the United States», *The New York Times*. Jul 2024. Available from: <https://www.nytimes.com/2024/07/25/technology/china-open-source-ai.html>

COTTON, T. *Beat China: targeted decoupling and the economic long war*. Washington, DC: U. S. Senate: Office of Senator Tom Cotton, February, 2021. Available from: https://www.cotton.senate.gov/imo/media/doc/210216_1700_China_Report_FINAL.pdf

DE GRAAFF, N., TEN BRINK, T. & PARMAR, I. «China's rise in a liberal world order in transition», *Review of International Political Economy*, 27(2), 191–2007. 2020. Available from: <https://doi.org/10.1080/09692290.2019.1709880>

Executive Order 14032. *Addressing the threat from securities investments that finance certain companies of the People's Republic of China*. Washington, DC: Executive Office of the President, 6 July 2021. Available from: <https://www.federalregister.gov/documents/2021/06/07/2021-12019/addressing-the-threat-from-securities-investments-that-finance-certain-companies-of-the-peoples>

Executive Order 14083. *Robust consideration of evolving national security risks by the committee on foreign investment in the United States*. Washington, Executive Office of

the President, 20 September 2022. Available from:

<https://www.federalregister.gov/documents/2022/09/20/2022-20450/ensuring-robust-consideration-of-evolving-national-security-risks-by-the-committee-on-foreign>

FORD, C. *U. S. national security export controls and Huawei: the strategic context in three framings*. Washington, DC: U.S. Department of State, 22 May 2020. Available from: <https://2017-2021.state.gov/wp-content/uploads/2020/06/T-Paper-series-DPR-Formatted-508.pdf>

GONDIM, Igor, OGASAVARA, Mario Henrique, MASIERO, Gilmar.

Effects of Outward Foreign Direct Investment on Domestic Investment: The Cases of Brazil and China.

<https://doi.org/10.1002/jid.3368>

Global Trends 2040. US National Intelligence Council, pp. 54-68. Available from:

https://www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/GlobalTrends_2040.pdf

GRASSANO, N., *et al.* *The 2022 EU industrial R&D scorecard*. Luxembourg: European Commission, 2022. Available from:

[https://iri.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/contenttype/scoreboard/2022-12/EU %20RD %20Scoreboard %202022 %20FINAL %20online_0.pdf](https://iri.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/contenttype/scoreboard/2022-12/EU%20RD%20Scoreboard%202022%20FINAL%20online_0.pdf)

HARRIS, P. & MARINOVA, I. «American primacy and US–China relations: the cold war analogy reversed», *The Chinese Journal of International Politics*, 15(4), 335–351.

2022. Available from: <https://doi.org/10.1093/cjip/poac016>

IKENBERRY, G. J. «A rival of America's making? The debate over Washington's China strategy», *Foreign Affairs*, 101(2), 172–188. 2022.

JONES *et al.* «Competing without fighting. China's Strategy of Political Warfare», *CSIS Report*. 2023. Disponible en:

<https://www.csis.org/analysis/chinas-strategy-political-warfare>

KRACH, K. «The free world must unite against Huawei», *Daily Telegraph*. 25 June, 2020a. Available from: <https://www.telegraph.co.uk/news/2020/06/25/free-world-must-unite-against-huawei>

LEONARD, M. «China is ready for a world of disorder: America is not», *Foreign Affairs*, 102(4), 116–127. 2023.

MEARSHEIMER, J. «The inevitable rivalry: America, China, and the tragedy of great power politics», *Foreign Affairs*, 100(6), 48–58. 2021.

MILLER, Chris. *Chip Wars FT*. 2022.

PARDO DE SANTAYANA, José María. «Taiwán, la mecha que podría prender una gran guerra», en *Panorama geopolítico de los conflictos 2021*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. 2021. Disponible en:

https://www.ieee.es/Galerias/fichero/panoramas/PGC2023/PGC2023_Capitulo11.pdf

ROMERO JUNQUERA, Abel. IEEE. *Panorama Estratégico de los Conflictos 2023*. Capítulo undécimo: Taiwán, el conflicto que puede cambiar la geopolítica del Pacífico... 271

RYAN, Maria, BURMAN, Stephen. The United States–China ‘tech war’: Decoupling and the case of Huawei
https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/p/a/pan_geo_conflictos_2023.pdf
<https://doi.org/10.1111/1758-5899.13352>

SARGENT, J., SINGH, M. & SUTTER, K. *Frequently asked questions: CHIPS act of 2022 provisions and implementation*. Washington, DC: Congressional Research Service. 25 April 2023. Available from:
[https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47523#:~:text=117%2D167\)%20establis%20and%20appropriates,in%20the%20semiconductor%20supply%20chain](https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47523#:~:text=117%2D167)%20establis%20and%20appropriates,in%20the%20semiconductor%20supply%20chain)

SEVASTOPULO, D. & FLEMING, S. «Netherlands and Japan to join US in restricting chip exports to China», *Financial Times*. 28 January 2023. Available from: <https://www.ft.com/content/baa27f42-0557-4377-839b-a4f4524cfa20>

SUTTER, K. M. «*Made in China 2025*» *industrial policies: issues for congress*. Washington, DC: Congressional Research Service. 2020. Available from: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF10964/6>

TANG, [Roger Y. W.](#), CHEN, Kuanchin. China's International Investment and the United States. Available from: <https://doi.org/10.1002/jcaf.22069>

THE ECONOMIST. «Taiwan's dominance of the chip industry makes it more important», *The Economist*. 2023. Disponible en: <https://www.economist.com/special-report/2023/03/06/taiwans-dominance-of-the-chip-industry-makes-it-more-important>

«U. S. Creates High-Tech Global Supply Chains to Blunt Risks Tied to China», *The New York Times*. Jul 2024. Available from: <https://www.nytimes.com/2024/07/08/us/politics/supply-chain-china-tech.html>

«U. S. Vies With Allies and Industry to Tighten China Tech Controls», *The New York Times*. Jul 2024. Available from: <https://www.nytimes.com/2024/08/09/business/economy/china-us-chip-semiconductors.html>

WANG, D. «China's hidden tech revolution: how Beijing threatens US Dominance», *Foreign Affairs*, 102(2), 65–77. 2023.

WHITE HOUSE. *Fact sheet: one year after the CHIPS and Science Act*. Washington, 9 August, 2023. Available from: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/08/09/fact-sheet-one-year-after-the-chips-and-science-act-biden-harris->

[administration-marks-historic-progress-in-bringing-semiconductor-supply-chains-home-supporting-innovation-and-protecti](#)

WHITE HOUSE. *Fact Sheet: Chips and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China*. The White House, 2022. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/fact-sheet-chips-and-science-act-will-lower-costs-create-jobs-strengthen-supply-chains-and-counter-china/>