



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
ICADE

EL RESHORING DE MICROCHIPS COMO ESTRATEGIA DE SEGURIDAD NACIONAL DE ESTADOS UNIDOS

Autor: Gorka Eizaguirre Fernández
Director: Emilio José González González

MADRID | Marzo de 2024

Resumen

La coyuntura histórica actual se caracteriza por la dualidad entre el auge de los populismos y la creciente desconfianza interestatal, por un lado, y un desarrollo tecnológico sin precedentes, por el otro. En este trabajo de fin de grado se analizará la creciente importancia del proteccionismo económico, manifestado en los esfuerzos de los estados por producir bienes o servicios considerados estratégicos dentro de las propias fronteras.

En esta línea, se estudiará el papel de la industria de los semiconductores en un mundo donde los años dorados del liberalismo internacional han quedado atrás. La industria de los chips, caracterizada por su alta complejidad y por su rol esencial como garante del avance tecnológico, ha emergido como un factor de poder duro crítico en la rivalidad geopolítica entre EEUU y China. Así, ambos estados tratan de ejercer el mayor grado de control posible sobre compañías clave en la cadena de valor de los circuitos integrados. El proyecto, por tanto, se centrará en el *reshoring* de semiconductores como una estrategia llevada a cabo por el gobierno estadounidense con el fin de garantizar el control de las etapas críticas de la cadena de valor y, con ello, cumplir con los objetivos de seguridad nacional.

Palabras clave en español: Semiconductores, Relocalización, Seguridad Nacional, Geopolítica, Cadena de Valor, Desglobalización

Abstract

The current historical juncture is characterized by the duality between the rise of populism and growing inter-state distrust, on the one hand, and unprecedented technological development, on the other. This thesis will analyse the growing importance of economic protectionism, manifested in states' efforts to produce goods or services considered strategic within their own borders.

In this regard, the project will analyse the role of the semiconductor industry in a world where the golden years of international liberalism have fallen behind. The chips industry, characterized by its high complexity and essential role as a guarantor of technological progress, has emerged as a critical hard power factor in the geopolitical rivalry between the United States and China. Thus, both states seek to exert as much control as possible over key companies in the value chain of integrated circuits. Therefore, the project will focus on semiconductor *reshoring* as a strategy pursued by the U.S. government to ensure control over critical stages of the value chain and, consequently, fulfil its national security objectives.

Keywords: Semiconductors, Reshoring, National Security, Geopolitics, Value Chain, Deglobalization

Índice

1.	Introducción	7
1.1	Objetivos, preguntas de investigación e hipótesis de trabajo	9
1.2	Metodología.....	10
1.3	Estructura.....	10
2	Marco Teórico o conceptual.....	11
2.1	Cadena de Valor	11
2.2	Reshoring.....	13
2.3	La seguridad nacional.....	15
2.4	Las industrias estratégicas	16
3	Análisis.....	18
3.1	Las tensiones geopolíticas entre EEUU y China	18
3.2	Los microchips	20
3.2.1	Chips lógicos	22
3.2.2	Chips de memoria.....	23
3.2.3	Chips discretos, analógicos y otros (DAO).	24
3.3	La cadena de valor de los microchips.....	26
3.2.1	Las empresas <i>fabless</i>	26
3.2.2	Las empresas de <i>Core IP</i> y de <i>Electronic Design Automation</i>	28
3.2.3	El proceso de fabricación: las empresas de materiales y de fabricación de maquinaria.....	29
3.2.4	El proceso de fabricación: las <i>foundries</i> y las <i>Integrated Device Manufacturers</i> (IDM).....	32
3.2.5	Las compañías de ensamblaje y test (ATP).....	36
3.2.6	Conclusiones y principales riesgos.....	37
3.4	Normativa implementada por el gobierno de EEUU.....	38
3.4.1	El bloqueo a China	38

3.4.2	El <i>reshoring</i> de microchips como Estrategia de Seguridad Nacional	42
3.4.3	¿Se han mitigado los riesgos de la cadena de valor?.....	46
4	Conclusión.....	49
5	Limitaciones	51
6	Declaración de Uso de Herramientas de IA Generativa en Trabajos Fin de Grado	52
7	Bibliografía.....	53

Índice de Gráficos

[Gráfico 1]: La ley de Moore: número de transistores por microprocesador (1971-2021)	21
[Gráfico 2]: Tamaño del mercado de semiconductores, 2022-2032 (En miles de millones de USD)	22
[Gráfico 3]: Cuota de mercado de la fabricación de cada tipo de microchip en 2019 (porcentaje)	25
[Gráfico 4]: Cuota de mercado de las <i>fabless</i> , por país en 2021 (<i>porcentaje</i>)	27
[Gráfico 5]: Cuota de mercado de las EDA y Core IP en 2019, por país (porcentaje) ..	29
[Gráfico 6]: Cuota de mercado de materiales de fabricación de microchips en 2022, por país (porcentaje)	30
[Gráfico 7]: Cuota de mercado de las SME, por ubicación de la sede en 2021 (porcentaje)	30
[Gráfico 8]: Cuota de mercado de las IDM en 2021, por país (porcentaje)	34
[Gráfico 9]: Cuota de mercado en la fabricación de cada tipo de microchip a nivel global en 2019, por país (porcentaje)	36
[Gráfico 10]: Procedencia de los ingresos de SMIC, por región (porcentaje)	40

Índice de Tablas

[Tabla 1]: Principales empresas <i>fabless</i> en el mundo en octubre de 2023	26
[Tabla 2]: Cuota de ingresos de las principales <i>foundries</i> en el mundo en el tercer trimestre de 2023 (porcentaje)	33
[Tabla 3]: Ingresos y Beneficio Neto de SMIC (en miles de millones de USD)	40
[Tabla 4]: Beneficio Neto de las principales SMEs (en millones de USD)	41
[Tabla 5]: Ventas en China de las principales SMEs (porcentaje)	41
[Tabla 6]: Principales inversiones motivadas por la CHIPS and Science Act	45

1. Introducción

El coste del desplazamiento de mercancías ha experimentado una reducción significativa desde el siglo XIX, lo que ha llevado a la deslocalización progresiva de los centros de producción de las principales zonas de consumo. Sin embargo, fue en la década de 1990 cuando la globalización, definida por Al-Rodhan et al. (2006) como un proceso que lleva consigo una interconexión global en lo relativo a relaciones comerciales, desarrollo tecnológico, ideas políticas o intercambios culturales, experimentó una revolución gracias al desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Baldwin (2016) argumenta que, gracias a la deslocalización de las ideas, las empresas han tenido mayor acceso a una fuerza laboral diversa y altamente educada en todo el mundo, lo que ha dado lugar a una convergencia y creciente competencia, tecnológica o económica, entre las naciones más ricas y aquellas en vías de desarrollo.

No obstante, el fenómeno de la gran convergencia también ha contribuido al sentimiento antiglobalización en los países desarrollados, pues los avances tecnológicos no han impactado proporcionalmente en el incremento de la productividad y de los salarios de la población del país en los que se producían debido a la externalización de la mano de obra en países con menores costes laborales. Stiglitz (2012) argumenta que el incremento en la importación de bienes a menor coste ha reducido la demanda de trabajadores menos cualificados en las naciones en desarrollo lo que, unido a la dificultad que supone prevenir qué sectores podrían ser los próximos en sufrir una radical transformación o la concentración de la riqueza en un sector reducido de la población, ha contribuido a incrementar la desilusión de la clase media con el sistema político de las democracias liberales occidentales (Baldwin, 2016).

Por este motivo, en la última década, en numerosos estados de renta alta se ha experimentado una proliferación de narrativas políticas nacionalistas y proteccionistas que apelan a los sectores más desfavorecidos por las consecuencias derivadas de la crisis financiera de 2008. En Estados Unidos (EEUU), país objeto de este estudio, el expresidente Donald Trump expresó durante su mandato una visión del orden internacional como un juego de suma cero, en el que los acuerdos de libre comercio, como el NAFTA, u organizaciones internacionales, como la OMC, habían contribuido a la deslocalización de puestos de trabajo en favor de China o México o a permitir prácticas injustas de mercado (Lamp, 2019).

La pugna entre EEUU y China también se ha extendido a la región del Indo-Pacífico, más en concreto, a Taiwán. En la isla de Formosa, tal y como se comentará posteriormente, se fabrican la gran mayoría de los microchips lógicos más avanzados, esenciales para el desarrollo de tecnologías como la computación cuántica, la inteligencia artificial (IA) o el armamento de última generación, lo que es fundamental para alcanzar la hegemonía geopolítica. De este modo, la hegemonía militar, económica o política en la región del Indo-Pacífico dependerá de cuál de los bloques sea capaz de diseñar y fabricar los circuitos integrados de vanguardia (Miller, 2022).

Si bien la disputa por el desarrollo de los mejores microchips se remonta a la década de 1980, la crisis inflacionaria desencadenada por los "cuellos de botella" en la cadena de valor de los semiconductores tras la pandemia de COVID-19 puso de manifiesto la vulnerabilidad de unas cadenas de suministro que carecían de resiliencia tras décadas de producción "*Just-in-time*" (Konczal, 2023). La popularización del método "*Just-in-Case*", implementada a través de estrategias como el *reshoring*, cuyo propósito es minimizar los riesgos de escasez y establecer cadenas de suministro más robustas para garantizar la disponibilidad de productos en todo momento (Jiang et al., 2022), ha motivado a Washington a llevar a cabo una serie de iniciativas destinadas a reconfigurar la estructura de las cadenas de valor de los circuitos integrados con el objetivo de mantener la ventaja sobre sus adversarios geopolíticos.

Existen diversos estudios académicos, libros o informes que han estudiado los eslabones de la cadena de valor de los microchips con una gran variedad de finalidades. A pesar de que los análisis más detallados han sido elaborados como documentos de consultoría estratégica, en su mayoría por organizaciones privadas, como la "*Semiconductor Industry Association*" en 2020, 2021 o 2023, "*Boston Consulting Group*" (2021), "*Mckinsey*" (2022), o el "*Center for Strategic and International Studies*" (2023), otros también tienen como objeto identificar etapas críticas para garantizar la resiliencia de la cadena de valor (Gereffi, 2021), estimar el crecimiento en la demanda de los chips más avanzados de IA (MarcoPolo, 2024), analizar los eslabones de la cadena de valor de esta (IC Insights, s.f.) o estudiar detalladamente cada nodo de esta, dándose los niveles más profundos de análisis en la etapa de las "fundiciones" (Mordor Intelligence, 2023).

En lo relativo a los documentos que describen las políticas de *reshoring*, Casanova (2022) lleva a cabo un estudio exhaustivo de la normativa aprobada por el gobierno

estadounidense en relación a la industria de los semiconductores, Cronin (2022) recopila las sanciones y políticas de *reshoring* y analiza los retos y consecuencias de la normativa aprobada por Washington (2022), Mazewski et al. (2022) analizan las consecuencias económicas de la “*CHIPS and Science Act*” (2022) y Feás (2023) estudia las sanciones implementadas por las Administraciones Trump y Biden. No obstante, salvo el libro “La Guerra de los Chips” (Miller, 2022), que investiga al detalle la historia de la industria de los chips y sus implicaciones geopolíticas, apenas existen estudios recientes que vinculen, con detalle, las cadenas de valor de los microchips con las políticas de *reshoring* de las administraciones Trump y Biden, especialmente a causa de la actualidad del tema de estudio y del dinamismo de la industria.

1.1 Objetivos, preguntas de investigación e hipótesis de trabajo

El trabajo busca responder a la siguiente pregunta: ¿Ha conseguido EEUU mitigar los riesgos de la cadena de valor de los semiconductores a los que se expone mediante su estrategia de *reshoring*? A raíz de ella, se hipotetiza que, si bien la estrategia de *reshoring* de la industria de los semiconductores llevada a cabo por Washington será efectiva para mitigar los riesgos de la cadena de valor en el corto y largo plazo, esta no logrará mitigar todos las amenazas a las que la industria de microchips estadounidense está expuesta.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación se han planteado los siguientes objetivos. En primer lugar, se tratará de comprender la importancia de los microchips y los diferentes tipos de circuitos integrados que existen con el fin de determinar cuáles tienen un mayor componente estratégico y jugarán un papel fundamental en el desarrollo de la IA o la industria militar. A continuación, se descompondrá la cadena de valor de los microchips para identificar las etapas más críticas para la seguridad nacional de los EEUU. Finalmente, se estudiará cómo las políticas de *reshoring* de las administraciones de los presidentes Donald Trump y Joe Biden han impactado sobre la industria de semiconductores china y en la decisión de las empresas involucradas en la producción de componentes de los microchips para repatriar su producción a suelo estadounidense. Asimismo, se observará si estas medidas han ido dirigidas a las etapas consideradas como críticas para la seguridad nacional.

1.2 Metodología

Este proyecto de investigación empleará un enfoque inductivo basado en fuentes cualitativas y cuantitativas, tanto primarias como secundarias. Entre las fuentes primarias, destacan los documentos oficiales del gobierno estadounidense, como la Estrategia de Seguridad Nacional o la “*CHIPS and Science Act*”. En lo relativo a las fuentes secundarias, emplearé, entre otros, libros y artículos académicos que traten temas relacionados con la geopolítica de los microchips o con las consecuencias de las políticas de *reshoring* estadounidense sobre la industria de los semiconductores. Como fuentes cuantitativas se utilizarán datos numéricos y tendencias ofrecidas por documentos oficiales de organizaciones como la “*Semiconductor Industry Association*” o la consultora “*McKinsey*”, así como de otros organismos oficiales que estudien datos sobre cada eslabón en la cadena de valor de los microchips.

1.3 Estructura

El trabajo comienza haciendo un resumen de las causas de la desglobalización, desde las críticas a la deslocalización hasta la escasez de semiconductores durante la pandemia de COVID-19. A continuación, se lleva a cabo un análisis de los conceptos “cadena de valor”, “sector estratégico” o “seguridad nacional”, así como sobre la idea del “*reshoring*” y, posteriormente, se explican las tensiones geopolíticas entre EEUU y China y la importancia de los distintos tipos de microchips en la actualidad, algunos de los cuales son esenciales para alcanzar la hegemonía tecnológica o militar.

Tras haber estudiado el contexto que rodea a la industria de los microchips, se realiza un análisis de los diferentes eslabones de la cadena de valor de estos componentes, desde la elaboración del software para las empresas de diseño hasta la cuota de mercado de cada país en el proceso de ensamblaje, poniendo el foco en el papel de las compañías estadounidenses en el proceso. Una vez comprendidas las etapas críticas para la seguridad nacional estadounidense en la cadena de valor de los circuitos integrados, se estudian las medidas con las que Washington pretende torpedear el desarrollo de China en este sector y fomentar, mediante el *reshoring*, la importancia de sus empresas en las diferentes etapas de la cadena de suministro. Por último, se resumen los resultados del estudio y se corrobora la veracidad de la hipótesis del trabajo.

2 Marco Teórico o conceptual

2.1 Cadena de Valor

A fin de comprender las diferentes etapas en la fabricación de microchips, es esencial conocer el concepto de la “Cadena de Valor”, acuñado en 1985 por el académico estadounidense Michael Eugene Porter en su libro “*Competitive Advantage: Creating and sustaining superior performance*”. Este término es empleado para hacer referencia al conjunto de actividades, física, estratégica y tecnológicamente diferenciadas, en las que se disgrega el proceso de producción de una compañía para fabricar un producto y proporcionar, así, valor a sus clientes. De este modo, cada “actividad de valor”, mediante capital humano y tecnología, transforma los “*inputs*”, generados previamente por otras actividades de la cadena de valor, en “*outputs*” que actividades posteriores en la cadena emplearán como materia prima para incorporarle un nuevo valor añadido.

En este sentido, cabe diferenciar los conceptos de “Cadena de Valor” del de “Cadena de Suministro”, acuñado este último por Keith Oliver en 1982. Feller, Shunk y Callarman (2006) hacen referencia a Michael Porter para definir el primero de ellos como el conjunto de actividades interrelacionadas orientadas no solo al abaratamiento de los costes de producción a causa de la deslocalización de los nodos de la cadena, sino también a aportar un valor agregado al cliente por medio de la innovación y actividades adicionales, como el marketing o el servicio postventa. Sin embargo, estos autores mencionan que la gestión de la cadena de suministro tiene, como finalidad, la eficiencia operativa y en costes.

Porter divide las actividades de la cadena de valor en dos subsegmentos. En primer lugar, el autor distingue las actividades primarias, enfocadas en la producción física del producto, en su venta y en la asistencia postventa. Se encuentran aquí la logística de entrada, que incluye la búsqueda, recepción y almacenamiento de las materias primas; la fase de operaciones, en las que las materias primas se transforman en el producto final; la logística de salida, enfocada en la distribución del producto final a los clientes; marketing y ventas, que engloban el conjunto de actividades para promocionar y vender el producto; y servicio, que añaden valor al producto tras la venta.

Las actividades secundarias, o de soporte, son, por otro lado, los procesos que garantizan el correcto funcionamiento de las actividades primarias. Así, el autor distingue en esta categoría las adquisiciones, o el proceso de adquirir bienes o insumos para las actividades

principales; el desarrollo tecnológico, que engloba las actividades relacionadas con la investigación y el desarrollo de nueva tecnología o procesos; la gestión de recursos humanos, entre las que se incluyen los procesos de contratación, formación y desarrollo del personal; y las actividades de infraestructura, donde podemos ubicar la gestión, la planificación, las finanzas o los controles de calidad.

Fernández-Stark y Gereffi (2016) agregan al concepto de la cadena de valor una perspectiva más amplia y de mayor utilidad a la hora de analizar la fabricación de los microchips. A diferencia de Porter, estos autores ponen el foco en la integración de los procesos de producción de una red más amplia de empresas, pertenecientes a diferentes sectores y ubicadas en distintos países, así como a sus relaciones de poder. Así, Fernández-Stark y Gereffi crean un modelo de seis dimensiones para el estudio de las cadenas de valor globales (2016). Si bien las tres primeras dimensiones explican el componente internacional de las cadenas de valor globales, los tres últimos enfoques estudian los elementos de la cadena de valor global desde un punto de vista local.

En lo relativo a las perspectivas internacionales, la primera dimensión analiza el proceso de transformación de materias primas en productos finales y las compañías que intervienen en el proceso, su tamaño, el grado de internacionalización o su propiedad. El segundo enfoque explica el país en el que se lleva a cabo cada actividad de la cadena de valor. En el caso de los microchips, por ejemplo, gran parte de las fundiciones se ubican en el continente asiático por el bajo coste de la mano de obra en la década de 1980, mientras que las fases de investigación o diseño se suelen realizar desde economías avanzadas, especialmente desde EEUU. La tercera dimensión estudia la estructura de gobernanza de cada compañía de la cadena de valor y las relaciones de autoridad dentro de esta, pudiendo variar en función de la complejidad de la información transmitida a otras empresas de la cadena de valor o por el nivel de competencia de los proveedores. Así, pese al rol secundario de ASML, la mejor compañía de fabricación de máquinas litográficas según el modelo de Porter, esta empresa cuenta con mayor autoridad en el modelo de Fernández-Stark y Gereffi.

Las dimensiones de carácter local también se dividen en tres grupos. El primero de ellos explica el dinamismo de la cadena de valor, pues numerosas empresas, sectores o países pueden desplazarse hacia actividades de mayor valor añadido con el paso del tiempo, siendo este el caso de la hiperespecialización de Samsung o TSMC en la fabricación de

los microchips más avanzados. En segundo lugar, el modelo analiza el contexto institucional de cada país, el impulso del estado al desarrollo de las compañías, así como su capacidad de financiación, las condiciones macroeconómicas, las regulaciones fiscales o laborales o las políticas de educación. Finalmente, se tienen en cuenta los grupos de interés, tales como los trabajadores, las asociaciones industriales o las agencias gubernamentales, así como sus relaciones mutuas y su capacidad para llevar a cabo la implementación de cambios en las actividades de la cadena de valor global.

Por último, Quinn (2000) alega que el entorno empresarial actual requiere de constante innovación tecnológica que, frecuentemente, es desarrollada por parte de pequeñas empresas. En el sector de los semiconductores, los altos costes de la investigación y la inversión en capital han dado lugar, en muchos casos, a una disgregación de las actividades de la cadena de valor y, consiguientemente, al establecimiento de eslabones hiperespecializados e insustituibles, siendo los casos de ASML o Cymer un ejemplo de ello, tal y como se comentará posteriormente. Siguiendo esta línea, puede inferirse también que de la mano de obra más cualificada se encontrará próxima físicamente a los eslabones en cuestión (Gereffi, 2021).

2.2 Reshoring

El concepto “*reshoring*” hace referencia a la práctica, llevada a cabo por un creciente número de empresas, consistente en la relocalización de las actividades de la cadena de valor, especialmente de aquellas relacionadas con la producción, en los países o regiones de origen (Ciabuchi & Pedroletti, 2023). La literatura existente tiende también a definir el *reshoring* como la práctica opuesta al *offshoring*, consistente esta última en la localización de la producción en un lugar diferente al de origen de la compañía (Eriksson et al., 2017)

En primer lugar, Piatanesi & Arauzo-Carod (2019) explican el *reshoring* como una tendencia debida a la mayor flexibilidad operacional que implica la cercanía entre los centros de producción y los principales mercados o al incremento de los costes de producción en las naciones que, tradicionalmente, atraían a las empresas que buscaban la deslocalización. Este incremento de costes, explicado por la necesidad de una mano de obra cada vez más cualificada, habría motivado a un gran número de compañías a reducir

los gastos del transporte. También se señalan como causas del *reshoring* los costes socioeconómicos derivados de la deslocalización que experimentaron las naciones occidentales tras la crisis de 2008 (Pegoraro et al., 2022), el incremento de las tensiones comerciales en una coyuntura geopolítica caracterizada por una creciente desconfianza interestatal o los cuellos de botella acontecidos tras la pandemia de COVID-19 (Kamakura, 2022).

Europa y EEUU encabezaron la tendencia de la deslocalización a finales del siglo XX por lo que, actualmente, con el fin de garantizar su seguridad nacional, los gobiernos de estas regiones son los principales interesados en fomentar el *reshoring* de las distintas actividades de la cadena de valor de sus empresas (Pegonaro et al., 2022). Así, puede observarse que el *reshoring* no solo se ha producido con un carácter reactivo, sino que también se ha convertido en una estrategia preventiva (Ciabuschi & Pedroletti, 2023). Por otra parte, tal y como se comentará en el siguiente apartado, la promoción del *reshoring* por parte de los estados atiende a la defensa de la seguridad nacional y al fortalecimiento de la posición geopolítica global, siendo la “*CHIPS and Science Act*” estadounidense un ejemplo de ello (Miller, 2022).

Otros autores han empleado el término “*backshoring*” como sinónimo del *reshoring*, pues este puede definirse como la práctica mediante la que una compañía relocaliza sus plantas de producción en regiones o países donde ya había producido con anterioridad o en la misma zona en la que se encuentra su domicilio social (Piatanesi, B., & Arauzo-Carod, 2019). En la literatura analizada, no existe aún un consenso firme para diferenciar las prácticas de *backshoring* y *reshoring* puesto que el primer término es, al igual que el *reshoring*, empleado para etiquetar la relocalización de la producción en el país de origen.

Una variación del *backshoring*, el “*nearshoring*”, también se emplea de forma habitual en los artículos académicos para designar el proceso mediante el que las plantas de producción se ubican en regiones cercanas a los países de origen. Así, se mantienen ventajas del “*offshoring*”, como la reducción de los costes logísticos y de producción, de las distancias geográficas o culturales o de las amenazas de posibles interrupciones en la cadena de valor (Piatanesi, B., & Arauzo-Carod, 2019). A modo de ejemplo, BBVA Research (2023) sitúa a México como un ejemplo de país propenso a experimentar el *nearshoring* de compañías estadounidenses debido a su cercanía o a la vigencia acuerdos de libre comercio.

2.3 La seguridad nacional

El Departamento de Justicia de EEUU (2022) entiende por seguridad nacional la salvaguardia de los intereses del país en lo que respecta a la defensa, la imposición efectiva de sanciones y controles de exportación o la prevención del terrorismo, del espionaje económico en favor de agentes extranjeros y de las amenazas cibernéticas. Al contrario que hace unas décadas, este concepto no solo pone el foco en la defensa física de las fronteras, sino también en la prevención de amenazas para la seguridad ciudadana o la estabilidad política y económica (Enseñat y Berea, 2023).

Los estados abordan en sus Estrategias de Seguridad Nacional las principales amenazas a su seguridad y esbozan en estas su plan de acción para expandir, o mantener, su influencia a nivel global en base a su posición de poder o tradición histórica. En el caso de los EEUU, la Estrategia de Seguridad Nacional pone el foco en la promoción del orden mundial liberal y en el desplazamiento de recursos a la región de Asia-Pacífico para hacer frente a las capacidades económicas y militares de China, la principal potencia contrahegemónica (National Security Council, 2022). Esta estrategia se guía por tres objetivos fundamentales: la salvaguarda de la seguridad de los ciudadanos americanos, la defensa de los valores democráticos y del estilo de vida estadounidense y la proliferación de oportunidades económicas en el país (The White House, 2022a).

Con el fin de hacer frente al crecimiento de China, la Administración Biden modificó el enfoque de la política exterior de EEUU con respecto a Pekín en el año 2021. Hasta entonces, EEUU se conformaba con mantener una ventaja relativa, de aproximadamente dos generaciones, sobre los competidores en materia de tecnología estratégica. Sin embargo, Jake Sullivan, asesor de seguridad nacional de Joe Biden, anunció que Washington trataría de ampliar la ventaja tecnológica con China lo máximo posible, a cualquier precio, considerando todo tipo de tecnología que pudiese facilitar el desarrollo chino en materia de superordenadores, software o semiconductores avanzados una amenaza para su seguridad nacional (Feás, 2023).

Con relación a esta última perspectiva, los microchips lógicos de última generación permitirán, entre otras, el desarrollo de herramientas como la IA, que no solo jugarán un papel esencial en la tecnología de consumo, sino que también podrán ser empleados por la industria militar (Schmidt, 2022). Así, bajo la lucha por el dominio de la industria de

los semiconductores subyace el deseo por perfeccionar sistemas de espionaje o por desarrollar instrumentos de coerción dirigida como sistemas de drones o armas autónomos, de misiles guiados o de aviones de combate y buques de guerra de última generación (Miller, 2022). El riesgo a la estructura de seguridad global que puede suponer el desarrollo de la tecnología de los microchips y, consiguientemente, de la IA, es uno de los motivos por los que Washington trata de prevenir el desarrollo chino y destaca la importancia de las inversiones públicas en la cadena de valor de tecnologías críticas (The White House, 2022a).

De este modo, puede inferirse que el control de la tecnología estratégica, donde se ubica la industria de los microchips, es la base de la hegemonía militar y económica que los EEUU pretenden alcanzar frente a China. No obstante, la Estrategia de Seguridad Nacional de un estado no siempre coincide con el interés de las compañías nacionales, pues estas últimas tienden a tener como objeto la maximización de beneficio económico (Miller, 2022). Así, en su intento por desarrollar un armamento avanzado como instrumento de disuasión militar y garantizar la protección de sus intereses económicos o geopolíticos, EEUU deberá tomar medidas que perjudiquen los intereses de sus compañías con una alta exposición al mercado chino.

2.4 Las industrias estratégicas

Puede entenderse sector estratégico como todo aquel que provee de sustento económico a un gran número de los ciudadanos de un estado y que cumple un papel fundamental en la defensa y en la promoción de los intereses del país. En el caso estadounidense, la definición de sector estratégico tiene un gran componente económico y geopolítico, pues Washington considera necesario asegurar la resiliencia de estos, adaptarse a los rápidos cambios tecnológicos y hacer frente a las consideradas “injustas” prácticas de mercado de la República Popular China para el mantenimiento de su influencia global (National Security Council, 2022).

Las industrias de energía, microchips o de defensa pueden considerarse como sectores económicos estratégicos pues, a modo de ejemplo, en el caso de esta última, además de su valor tecnológico y del empleo que genera, los bienes y servicios que produce pueden ser cruciales para la capacidad defensiva y la proyección de poder de un estado (Sempere,

2011). A modo de ejemplo, el reciente auge de la IA puede dar lugar a un cambio de paradigma en la industria militar y, consiguientemente, modificar el equilibrio de poderes en la región del Indo Pacífico, pues es aquí donde Pekín y Washington quieren afianzar su hegemonía. Por este motivo, el desarrollo y fabricación de los microchips más avanzados, esenciales en el desarrollo de la IA, son una industria con un altísimo componente estratégico para EEUU.

A fin de garantizar su seguridad nacional y afianzar su liderazgo en el diseño y la fabricación de microchips avanzados para el desarrollo del armamento autónomo o de herramientas de análisis de inteligencia, EEUU considera que los sectores estratégicos de capital privado requerirán también de “inversiones públicas estratégicas” (Gaire, 2023). La “*Inflation Reduction Act*” o la “*CHIPS and Science Act*”, ambas del año 2022, son dos ejemplos de la movilización de capital público con el fin de fomentar la producción nacional de componentes tecnológicos como los microchips, la investigación, las tecnologías cuánticas o la energía limpia (National Security Council, 2022).

La importancia de los sectores estratégicos supone también que, en muchos casos, los estados traten de ejercer su control sobre ellos. Destaca aquí el caso de la inversión extranjera directa (IED) entre China y EEUU, pues Pekín ha tratado de invertir en este último a fin de asegurar el control de recursos naturales o hacerse con la propiedad intelectual de empresas de sectores que Washington considera estratégicos. Sin embargo, las restricciones impuestas por China a la IED ponen de manifiesto la falta de reciprocidad de Pekín y su deseo por mantener el monopolio de sus compañías estatales en una gran variedad de industrias lo que, en el pasado, ya dio lugar a tensiones entre ambos estados (Dollar, 2015).

3 Análisis

3.1 Las tensiones geopolíticas entre EEUU y China

Francis Fukuyama, al igual que Hegel, entendió la historia como un proceso dialéctico en su libro “El Fin de la historia y el último hombre” (1992). Así, en su momento, este autor defendió que la caída de la Unión Soviética implicó la superioridad política y económica de las democracias liberales occidentales sobre los regímenes autoritarios. Según Fukuyama, sería cuestión de tiempo que los estados se fuesen adaptando al orden internacional liberal implantado por occidente tras la Segunda Guerra Mundial en el que EEUU se había erigido como hegemón.

Unos años antes, tras la muerte de Mao Zedong y la llegada al poder de Deng Xiaoping, el Partido Comunista chino inició un periodo de reformas económicas encaminadas a promover el aperturismo mediante el establecimiento de zonas económicas especiales para atraer inversión extranjera (Vogel, 2011). Bajo el mandato de Deng Xiaoping también se produjo la entrada de China en organizaciones internacionales promotoras de los principios económicos liberales, tales como el Banco Mundial (BM) o el Fondo Monetario Internacional (FMI), y se iniciaron los preparativos para el acceso del gigante asiático a la Organización Mundial del Comercio (OMC), que se completaría en 2001 (Vogel, 2011).

No obstante, la llegada al poder de Xi Jinping supuso un punto de inflexión en la progresiva incorporación de China al orden internacional liberal. Pekín ha establecido una serie de iniciativas, como la “*Belt and Road*” (BRI) o el Banco Asiático de Inversión en Infraestructura (AIIB), que han sido empleadas como alternativas al FMI o al BM al actuar como elementos mediante los que China ejerce influencia económica o política sobre terceros estados, así como los BRICS, la Organización del Tratado de Seguridad Colectiva o la Organización de Cooperación de Shanghái, (Layne, 2018).

EEUU también ha acusado a Pekín transferencias de tecnología y propiedad intelectual de las compañías estadounidenses a las chinas (Cheng et al., 2021), llegando a alegar Trump que China aprovechaba la OMC para llevar a cabo “*dumping*”, devaluaciones competitivas o violaciones de estándares medioambientales o de seguridad (Skonieczny, 2018). Siguiendo esta línea, en marzo de 2018, la narrativa proteccionista empleada por el presidente Donald Trump se tradujo en la imposición estadounidense de un 25% y un

10% de aranceles a las importaciones chinas de acero y aluminio, respectivamente. Esta medida desencadenó la respuesta de China y el inicio de una guerra comercial, tras imponer Pekín aranceles a la importación de un gran abanico de productos estadounidenses, desde el aluminio reciclado hasta las frutas frescas (Cheng et al., 2021).

En este sentido, la carrera por el desarrollo de la tecnología 5G fue uno de los principales escenarios de confrontación de la guerra comercial durante la era Trump. La compañía china Huawei, que fabricaba desde los microchips de los dispositivos electrónicos hasta los elementos de la infraestructura de red, tomó la delantera en contribuciones técnicas y patentes frente a empresas occidentales como Ericsson y Nokia. Ello llevó a EEUU a considerar un riesgo para la seguridad nacional la amplia presencia de la compañía china en infraestructuras de comunicaciones críticas o la potencial participación del gobierno chino en actividades de sabotaje o espionaje por medio de Huawei (McLoughlin, 2019).

El crecimiento económico de China también ha contribuido a que el país haya podido desarrollar las capacidades de su ejército y cuestionar el orden liberal, amenazando ello el indiscutible poderío militar estadounidense en el Indo-Pacífico. A modo de ejemplo, pese a la diferencia en sus sistemas políticos, China considera a Taiwán parte de su territorio, habiendo anunciado Xi Jinping su deseo de anexión de la isla antes de 2049, fecha en la que se conmemorarán los 100 años de la proclamación de la República Popular de China (Maizland, 2023). Con el fin de intimidar a Taipéi y disuadir posibles acciones de Washington, el Ejército Popular de Liberación (EPL) ha incrementado el número de incursiones en la zona de exclusión aérea de la isla o las maniobras militares en el Estrecho de Formosa, lo que aumenta el riesgo de una escalada militar y nuevas tensiones en el futuro.

A causa del deseo de EEUU de evitar la hegemonía militar, económica o política de China en la región del Indo-Pacífico, Washington trata de mantener su influencia sobre Taiwán mediante la política de ambigüedad estratégica, por la que no se compromete formalmente a la defensa de la isla, pero cuenta con la voluntad de hacerlo (Maizland, 2023). Taiwán se encuentra en la denominada “primera cadena de islas”, junto a Japón, las islas Senkaku, Filipinas o Borneo, que son cruciales para asegurar la capacidad estadounidense de cercar militarmente a China (Del Amo, 2023). No obstante, para hacer efectiva su capacidad de disuasión frente a China y asegurar su dominio económico y militar, EEUU requiere de

un armamento de vanguardia equipado con los microchips más avanzados (The White House, 2022a).

En este sentido, Japón o Corea del Sur, también son aliados de Washington en lo relativo a la contención de las capacidades económicas o militares del gigante asiático. Asimismo, las reclamaciones de Pekín de las islas de Sparty o Paracelso chocan con los derechos sobre las aguas territoriales de Vietnam, Filipinas, Indonesia o Malasia (Heginbotham, 2015). Por estos motivos, tanto para EEUU como para gran parte de los estados que rodean a China, las disputas geopolíticas contra el gigante asiático son una cuestión de seguridad nacional. Todo ello es de utilidad para comprender por qué la normativa promulgada por Washington busca reducir la dependencia de China y mermar sus capacidades tecnológicas.

3.2 Los microchips

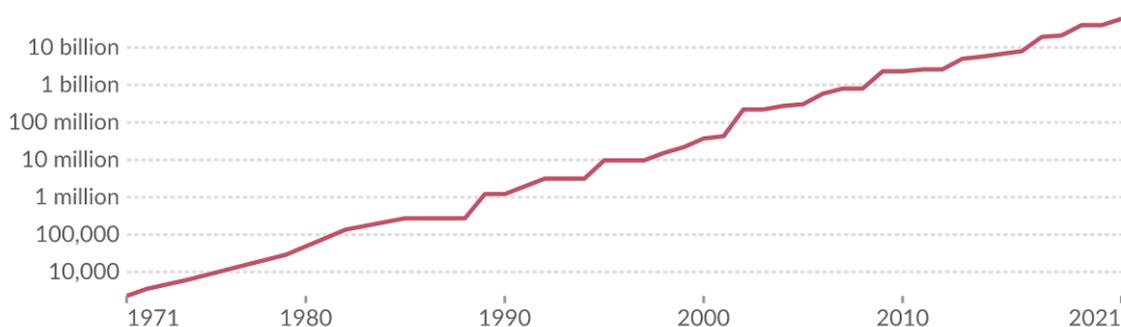
En 1959, Jack Kilby, un ingeniero de la compañía Texas Instruments (TI), creó el primer circuito que combinaba una serie de transistores, diodos y condensadores en una única pieza de germanio, un material semiconductor (Van Zant, 2014). Este invento recibiría el nombre de circuito integrado, o microchip y, desde entonces, se ha producido un gran avance tecnológico que ha permitido reducir su tamaño e incrementar el número de los componentes que los forman, permitiendo ello la realización de operaciones lógicas, el procesamiento de datos o el almacenamiento de memoria (Sheldon, 2022). Comprender el funcionamiento y la composición de los microchips es esencial para, posteriormente, explicar su papel en los dispositivos tecnológicos más avanzados de la actualidad y comprender las fases de sus cadenas de valor.

Los microchips están compuestos por componentes electrónicos interconectados en capas dentro de un material semiconductor, generalmente el silicio, que es preferido sobre el germanio puesto que tiene mayor conductividad eléctrica que los elementos aislantes y menor que la de los conductores (Lehmann, s.f.) y destaca por su abundancia en la naturaleza, su bajo coste de extracción y la facilidad con la que se puede trabajar con él (Sheldon, 2022). Mediante la definición de patrones por medio de Luz Ultravioleta Extrema (UVE) en fotorresinas colocadas sobre el semiconductor (Miller, 2022), la introducción de impurezas dopantes en las áreas expuestas del sustrato para mejorar las

propiedades conductivas de los metales o la deposición de capas adicionales de polisilicio, óxido o metal, se forman las estructuras y las conexiones de los diodos, condensadores, resistencias y transistores, que generan o potencian señales eléctricas en el circuito (Giorgis, 2019).

En relación con las prestaciones de los microchips, Gordon E. Moore, el cofundador de Intel, predijo en 1965 que el número de transistores presentes en los semiconductores se duplicaría año tras año durante, al menos, los próximos 10 años (Van Zant, 2014). Esta afirmación, conocida como la “ley de Moore”, se ha cumplido prácticamente al pie de la letra hasta la fecha de realización de este proyecto.

[Gráfico 1]: La ley de Moore: número de transistores por microprocesador (1971-2021)



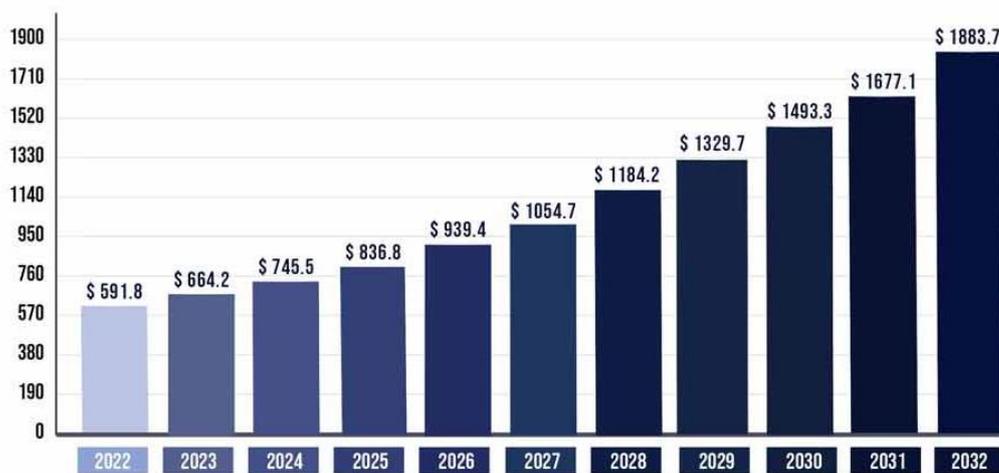
Fuente: Rupp, 2022

En la década de 2010, el tamaño de los transistores ya había decrecido a escala nanométrica, llegando algunos investigadores a cuestionar la posibilidad de seguir cumpliendo con la “Ley de Moore” al ritmo de desarrollo que se había mantenido hasta la época. No obstante, gracias a avances como la popularización de los transistores tridimensionales FinFET, que permitieron un mejor control sobre los flujos de corriente que los transistores MOSFET presentes en los microchips menos avanzados, se mejoró la eficiencia energética y la posibilidad de seguir desarrollando el rendimiento de los microchips de vanguardia al ritmo que requería la “Ley de Moore” (Miller, 2022).

A lo largo de las décadas y, especialmente, con el auge de la digitalización en los bienes consumidos, se ha producido una evolución en lo relativo a la complejidad de los bienes comerciados y, por ende, en las prestaciones exigidas a los microchips que componen estos bienes. Precedence Research (2023) estima un incremento en la demanda de microchips a una tasa de crecimiento anual compuesta del 12,28% entre 2023 y 2032,

desde los 665,2 mil millones de dólares en 2023 hasta los 1.883,7 mil millones de dólares en 2032. Este crecimiento vendrá motivado por el desarrollo de la IA, el “*machine learning*” o el “*internet de las cosas*” (IoT), así como por el incremento de la demanda de medios de transporte eléctricos, la popularización del teletrabajo o la automatización de los procesos industriales. Burkacky et al. (2022) estiman que la computación y el almacenamiento de datos, la comunicación inalámbrica o la electrónica relacionada con el sector de la automoción serán los sectores con mayor demanda de microchips.

[Gráfico 2]: Tamaño del mercado de semiconductores, 2022-2032 (*En miles de millones de USD*)



Fuente: Precedence Research (2023)

Una vez habiendo definido qué es un chip y qué los compone, Varas et al. (2021) los clasifican en las tres grandes categorías explicadas a continuación.

3.2.1 Chips lógicos

Considerados los “cerebros de la computación”, estos circuitos integrados son componentes electrónicos que, mediante código binario, llevan a cabo operaciones lógicas y de procesamiento de información.

- Entre los **microprocesadores** se incluyen las CPU, que ejecutan gran parte de los cálculos lógicos de centros de datos, smartphones u ordenadores, o las GPU, con capacidad de procesar en paralelo y, consiguientemente, de mejorar la eficiencia y

velocidad de los datos, siendo estas últimas de especial relevancia en el desarrollo de la IA (Miller, 2022). Así, los microprocesadores son esenciales en el desarrollo de la tecnología 5G, los servidores y centros de datos o los superordenadores.

- También son chips lógicos las **matrices de puertas programables en campo** (FPGAs), que permiten la programación personalizada de operaciones lógicas, o los **microcontroladores** (MCUs), que realizan tareas lógicas básicas en productos de industrias relacionadas con la automoción o la automatización industrial.

El desarrollo de los transistores de los chips lógicos se mide en función de la “anchura de la puerta”, esto es, el tamaño de la estructura que permite el paso de la corriente. En la fecha de realización de este proyecto, el transistor más pequeño en producción cuenta con una anchura de puerta de 5 nanómetros y tan solo Samsung y TSMC cuentan con la capacidad de producirlos (Van Zant, 2014). Se estima que los denominados “microchips de 5nm”, empleados en productos como el avión de combate *Lockheed Martin F-35 Lightning II*, que utiliza algoritmos de IA para procesar grandes cantidades de datos de sensores, o en el procesador del iPhone 15, tienen una densidad de 125 a 300 millones de transistores por milímetro cuadrado (Miller, 2022). Actualmente, TSMC o Intel están trabajando en el desarrollo de transistores de 3nm o, incluso de 2nm (Shattuck, 2021).

Tan solo un 2% de la capacidad global de fabricación produce microchips lógicos con transistores con un ancho de puerta menor a 10nm, dados los altos costes de la inversión en investigación y en la fabricación de plantas hipercomplejas equipadas con la última tecnología. No obstante, la altísima importancia de los chips lógicos más avanzados en el desarrollo de la tecnología de vanguardia, con las implicaciones económicas, geopolíticas o de seguridad nacional que ello conlleva, convierten a la cadena de valor de este tipo de chips en el principal objeto de estudio de este trabajo.

3.2.2 Chips de memoria

Los chips de esta categoría se diseñan con el fin de almacenar y recuperar datos. Su utilidad radica en que los cálculos llevados a cabo por los ordenadores precisan, en muchas ocasiones, del acceso a la información almacenada en estos microchips, de los cuales existen dos grandes subcategorías:

- **Dynamic Random Access Memory (DRAM):** comúnmente empleada en ordenadores personales o, cada vez más, en smartphones o en automoción, es un tipo de memoria empleada para el almacenamiento provisional de datos, de modo que permite el funcionamiento de los procesadores de un ordenador. Las DRAM a menudo se describen por su capacidad, velocidad y tipo, pudiendo considerarse las más avanzadas a las “*low-power DRAM standard LPDDR5*”, diseñadas para ser empleadas en IA, automoción, 5G o smartphones (Steiner et al., 2022).
- **NAND:** esta memoria, empleada para el almacenamiento de datos en el largo plazo, es la empleada por las tarjetas SD de los smartphones o las unidades de estado sólido que emplean los ordenadores personales.

La fabricación de microchips de memoria DRAM y NAND se encuentra más limitada por los 20 mil millones de dólares que puede costar la fabricación de una fábrica moderna. Así, tan solo las surcoreanas Samsung y SK Hynix y la estadounidense Micron, esta última con fábricas en EEUU, Japón, Taiwán y Singapur, cuentan con un 85% de la cuota de Mercado (Kang, 2010), por lo que el análisis tratará en menor medida el carácter estratégico de los microchips de memoria. Sin embargo, se espera que China supere a Corea del Sur y Taiwán como líder en capacidad de fabricación de microchips en el año 2030, alcanzando un 24% de la cuota de mercado (Varas et al., 2020). En este sentido, el fondo de inversión Tsinghua Unigroup otorgó 24 mil millones de dólares a Yangtze Memory Technologies Corporation (YMTC) con el fin de convertir a la compañía en la líder mundial de producción de NAND (Miller, 2022, p.400).

3.2.3 Chips discretos, analógicos y otros (DAO).

La función principal de estos semiconductores es la recepción, transformación y transmisión de parámetros de carácter continuo, como pueden ser el voltaje o la temperatura. Tal y como su propio nombre indica, estos se pueden dividir, a su vez, en:

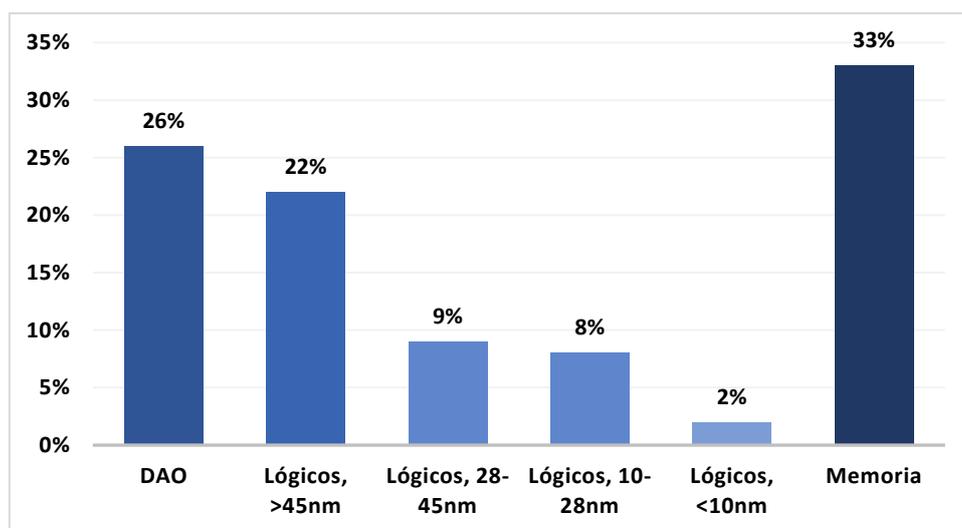
- **Discretos:** esta categoría la componen diodos o transistores diseñados para realizar una función eléctrica específica.
- **Analógicos:** esta división la forman aquellos productos reguladores del voltaje y convertidores de datos en señales eléctricas. La transformación de ondas de sonido en impulsos eléctricos es un ejemplo de este último punto. En esta categoría se

encuentran también los microchips de gestión de energía o de radiofrecuencia integrados en los dispositivos electrónicos y cuya función es la recepción y procesamiento de señales de radio. Estos últimos son especialmente útiles en dispositivos inalámbricos de carácter médico o teléfonos móviles.

- **Otros:** se incluyen aquí sensores de pantalla táctil, sensores ópticos que captan la luz de las cámaras o sensores empleados en dispositivos relacionados con el IoT.

Pese a que la velocidad y capacidad de procesamiento de datos de los microchips lógicos y de memoria incrementa a medida que el tamaño de las puertas de los transistores se reduce, la eficiencia y el beneficio económico no experimentan tal mejora en los microchips DAO (Varas et al., 2021). Los chips DAO, así como los lógicos de nodo maduro, es decir, los de mayor anchura de puerta, se siguen demandando a causa de la existencia de industrias que no requieren del rendimiento y la eficiencia energética de los circuitos integrados más recientes. A su vez, la producción de los microchips DAO requiere de menor inversión dado que la reducción del tamaño de sus transistores no es tan importante como su buen diseño. Ello, unido a que el mayor fabricante de chips analógicos es la estadounidense Texas Instruments, con un 19% de la cuota de mercado en 2020, seguida por las también estadounidenses AnalogDevices y Skyworks Solutions, con fábricas en EEUU (Flaherty, 2020), es la causa por la que este proyecto no pondrá el foco en la industria de los microchips DAO.

[Gráfico 3]: Cuota de mercado de cada tipo de microchip en 2019 (*porcentaje*)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Varas et al. (2021)

3.3 La cadena de valor de los microchips

3.2.1 Las empresas *fabless*

Desde finales de la década de los 80, se ha popularizado la externalización de la etapa de la fabricación de microchips, limitándose la actividad de muchos de los antiguos fabricantes a la etapa de diseño. Las compañías que se dedican a la concepción y planificación de la estructura y funcionamiento del microchip y de la definición de las especificaciones técnicas, las características y las funcionalidades que el microchip debe tener para cumplir con los requisitos del producto final reciben el nombre de “*fabless*”. Estas empresas agregan un 50% del valor añadido a la cadena de valor y destacan por sus inversiones en I+D, pues estas suponen un 53% del total de la industria (Varas et al., 2021).

[Tabla 1]: Principales empresas *fabless* en el mundo en octubre de 2023

Empresa	Ingresos (YoY a Octubre de 2023)	País	Inversión en I+D
Nvidia	\$ 44,87 mil millones	EEUU	16,35% de los ingresos por ventas
Qualcomm	\$ 36,29 mil millones	EEUU	24,62% de los ingresos por ventas
Broadcom	\$ 35,82 mil millones	EEUU	14,66% de los ingresos por ventas
AMD	\$ 22,6 mil millones	EEUU	24,24% de los ingresos por ventas
MediaTek	\$ 13,24 mil millones	Taiwán	27,19% de los ingresos por ventas
Marvell Technology	\$ 5,50 mil millones	EEUU	30,07% de los ingresos por ventas

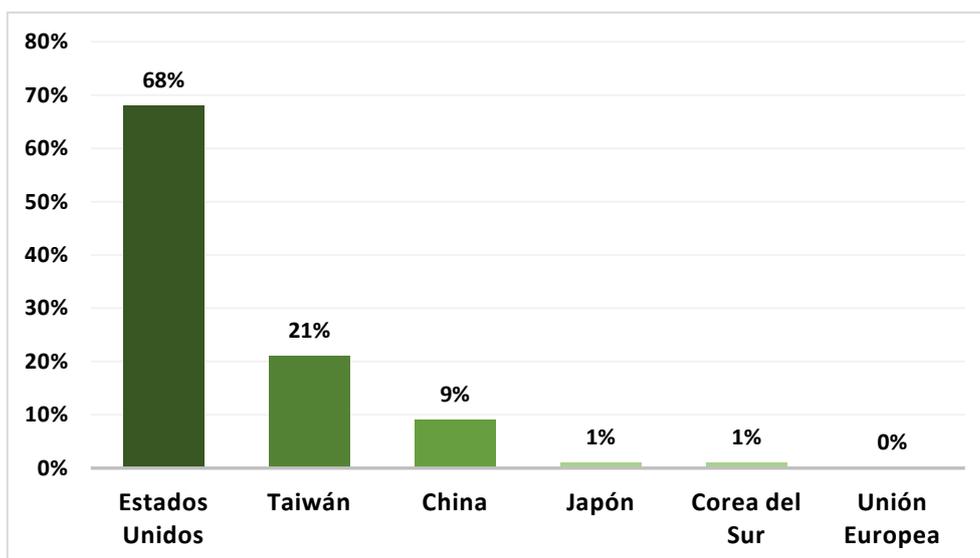
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MacroTrends (2024), Aslop (2024), Blackridge Research & Consulting (2024) y Broadcom (s.f.)

Desde la aparición de la tecnología 2G, Qualcomm se ha caracterizado por la innovación en el diseño de microchips para incrementar la cantidad de datos transmitible por el espectro de radio y ha vendido procesadores y cedido la licencia de su propiedad intelectual de tecnologías esenciales en los smartphones y en el IoT (Miller, 2022). Broadcom, por su parte, diseña especialmente microchips lógicos para infraestructura de

redes y conectividad inalámbrica en entornos de centros de datos, esenciales para las migraciones a la nube de datos empresariales (Tseng, 2021). Nvidia se ha convertido en una figura clave en el desarrollo de la IA, la computación de alto rendimiento, el aprendizaje automático o los centros de datos ante el incremento en la demanda de GPUs. AMD es, junto con Nvidia, líder en el mercado de GPU. Además, la compañía diseña procesadores basados en la arquitectura x86, compitiendo así contra Intel en el mercado de las CPU para ordenador. Otras firmas estadounidenses, como Xilinx y Altera, externalizaron la producción y pudieron centrar sus esfuerzos en la investigación y el diseño de las FPGA (Miller, 2022). Tan solo Taiwán cuenta con presencia de diseñadores de chips lógicos en la lista, destacando MediaTek, especializada en procesadores para smartphones, comunicación inalámbrica o IoT (Blackridge Research & Consulting, 2024), Novatek o Realtek.

En la distribución de *fabless* por países, se observa un claro dominio de las compañías estadounidenses, si bien gran parte de los beneficios de estas provienen de las ventas en el mercado chino. Así, MarketScreener señala que, en 2023, Qualcomm, Broadcom, Nvidia y AMD obtuvieron un 62,5%, 32,2%, 21,4% y un 15,1% de sus ingresos por sus ventas en China, respectivamente.

[Gráfico 4]: Cuota de mercado de las *fabless*, por país en 2021 (*porcentaje*)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Clarke (2022)

Empresas de la nube como Microsoft, Facebook o Google, así como las chinas Huawei, Tencent o Alibaba, no solo son clientes de las *fabless*, sino que también han llevado a

cabo en los últimos años grandes inversiones en el diseño de sus propios chips, con el fin de personalizarlos a sus requerimientos de procesamiento, IA o aprendizaje automático. El caso de Apple es llamativo pues la empresa cuenta con centros de diseño de chips especializados para sus dispositivos en Silicon Valley, Israel o Baviera que tan solo pueden ser fabricados por la taiwanesa TSMC (Bauer et al., 2012).

3.2.2 Las empresas de Core IP y de Electronic Design Automation

Las empresas *fabless* utilizan las herramientas de *Electronic Design Automation* (EDA), que incluyen software para llevar a cabo el diseño y la simulación de circuitos electrónicos, mientras que aprovechan la IP para integrar bloques de diseño preexistentes y acelerar el desarrollo de los chips, permitiéndoles centrarse en la innovación y diferenciación de productos (Yang, 2022).

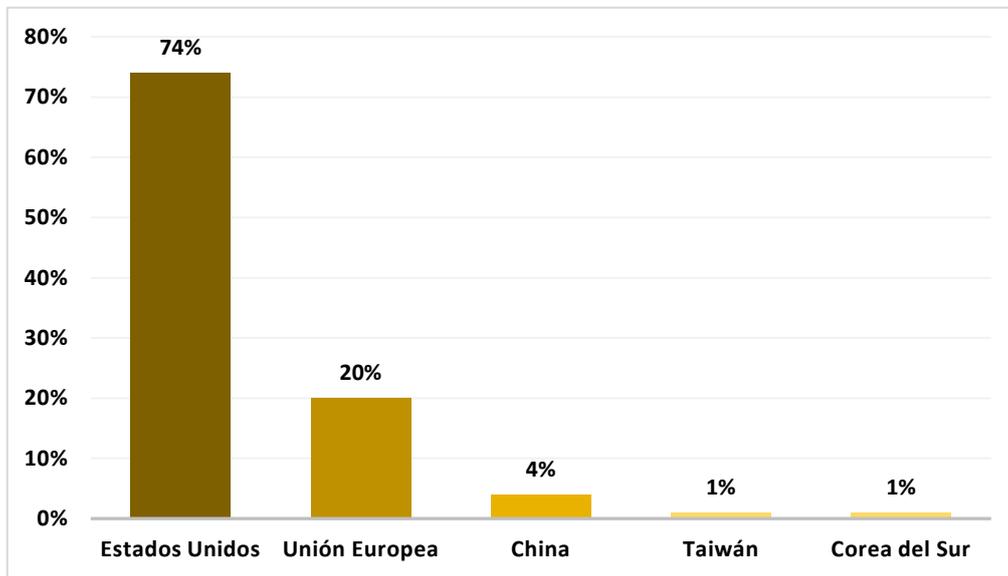
El software de EDA empleado por el 70% de las compañías de diseño de chips proviene de las americanas Synopsys y Cadence o de la filial de Siemens, Mentor, pero esta última cuenta con fábrica en Oregón, por lo que EEUU podría emplear restricciones a la exportación con fines coercitivos para detener el diseño de microchips de las empresas que empleen esta tecnología (Yang, 2022).

En cuanto a la IP, en 1990, Apple Computers fundó ARM junto con Acorn Computers y VLSI Technology en Cambridge, Reino Unido, a fin de diseñar procesadores con una arquitectura más simple que la x86 empleada por AMD e Intel en los procesadores de los ordenadores (ARM Developer, s.f.). La licencia de la arquitectura RISC, más eficiente energéticamente, más simple y que calculaba mejor, fue vendida por ARM a diseñadores de chips de dispositivos como el iPhone o la Nintendo, más pequeños, portátiles y que necesitarían ahorrar batería (Miller, 2022). Hoy, el 35% de ingresos por venta de licencias proceden de ventas a compañías que diseñan chips para smartphone y, del 65% restante, gran parte se debe al diseño de chips de centros de datos y automoción (Jiménez, 2024).

Pese a que las empresas de EDA o IP son estadounidenses o de estados aliados cercanos, como el Reino Unido, cabe resaltar el riesgo que supone el hecho de que el control de tecnologías clave quede en manos de un puñado de empresas, especialmente en el caso de la IP de ARM. A ello hay que añadirle el surgimiento de la tecnología RISC-V, una

arquitectura de código abierto que supone una alternativa a la arquitectura ARM, dado que es gratuita y más ingenieros podrían verificar sus detalles, lo que la hace susceptible de presentar menos errores (Nellis et al., 2019).

[Gráfico 5]: Cuota de mercado de las EDA y *Core IP* en 2019, por país (*porcentaje*)

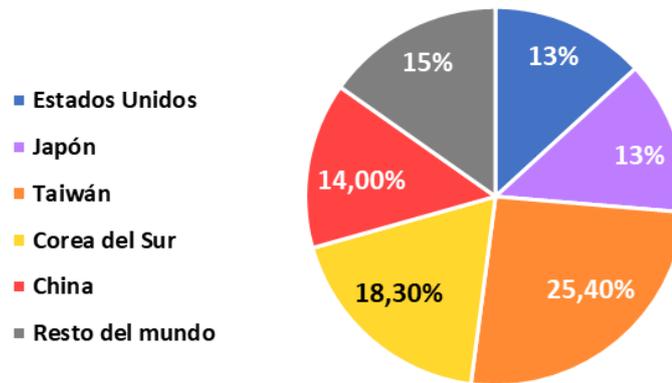


Fuente: elaboración propia a partir de datos de Varas et al. (2021)

3.2.3 El proceso de fabricación: las empresas de materiales y de fabricación de maquinaria

El proceso de transformación de las obleas de silicio en microchips de última generación requiere de máscaras fotolitográficas, fotorresinas, químicos o materiales especializados. Las obleas de silicio suponen un tercio del mercado de 40 mil millones de dólares de los materiales de fabricación y, dentro de estas, las estándares de 300 milímetros de diámetro se fabrican especialmente por compañías estadounidenses, japonesas, taiwanesas, alemanas y surcoreanas. Precisamente, son también taiwanesas, japonesas y surcoreanas las mayores ofertantes de máscaras fotolitográficas o fotorresinas. Por su parte, Europa domina el mercado de los químicos y China ocupa un puesto clave en la provisión de materias primas como el galio, el magnesio o el tungsteno, aunque el país está invirtiendo en la producción de obleas de 300 milímetros y fotorresinas avanzadas (Allen et al., 2023). El mercado de los materiales, de 44.7 mil millones de dólares de valor, se divide geográficamente tal y como indica el siguiente gráfico.

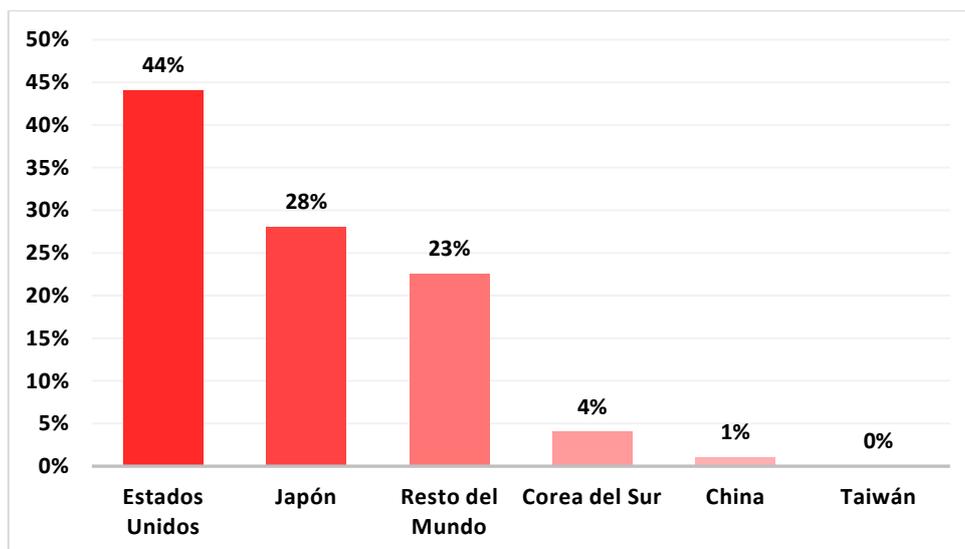
[Gráfico 6]: Cuota de mercado de materiales de fabricación de microchips en 2022, por país (*porcentaje*)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Allen et al. (2023)

El grado de precisión que requiere la fabricación, testeo o ensamblaje de microchips hace necesaria la existencia de fabricantes de maquinaria hiperespecializada. El mercado de la maquinaria de fabricación de microchips (SMEs), de 90.8 mil millones de dólares, supone un 11% del valor en la cadena de suministro y un 9% del I+D de la industria (Varas et al., 2021). La fabricación de SMEs se limita a ciertas empresas o regiones a causa de su alto coste, la dificultad de la fabricación de la maquinaria y la complejidad de los servicios postventa, como el mantenimiento de las máquinas o las actualizaciones de software.

[Gráfico 7]: Cuota de mercado de las SME, por ubicación de la sede en 2021 (*porcentaje*)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Allen et al. (2023)

Las empresas de EEUU cuentan con un pseudo-oligopolio en el mercado de las SMEs. Destacan entre ellas KLA Corporation, que fabrica equipos de inspección y metrología para detectar defectos nanométricos en los chips, Applied Materials, que suministra sistemas de deposición química o de grabado, o LAM Research, cuyos productos incluyen sistemas de deposición y limpieza de los chips de silicio. Japón, con un 28% de la cuota de mercado, destaca por empresas como Tokio Electron, que proporciona tecnología de deposición química o sistemas de grabado y limpieza, o Nikon y Canon Tokki, que proveen a ASML de las lentes de alto rendimiento empleadas en los sistemas de litografía (Allen et al., 2023). Precisamente, una buena parte del 23% de la cuota del mercado de SMEs del resto del mundo corresponde a la holandesa ASML.

El caso de ASML es de especial mención, pues la empresa es la única en el mundo capaz de fabricar las máquinas UVE más avanzadas para imprimir patrones microscópicos con alta precisión en las obleas de silicio. Estas máquinas dependen de fuentes de luz especializadas que se producen en Cymer, la filial de la compañía en San Diego, que depende a su vez de los láseres de la alemana Trumpf o de las lentes de la alemana Zeiss (Holton et al., 2020). Dada la complejidad que supone la fabricación de las máquinas UVE, pues las forman más de 100.000 componentes distintos de altísima calidad, las máquinas de ASML serán las únicas capaces de producir los chips más avanzados en la próxima década. En 2020, ASML vendió tan solo 31 máquinas UVE de las 100 que se han fabricado en total, de las que TSMC ha adquirido la mayoría (Shead, 2021).

En el año 2021, con una inversión de 28 mil millones de dólares, China fue el mayor comprador de SMEs, especialmente de EEUU, de quien adquirió un 45% de las SMEs, y Japón, de quien compró un 28%. Asimismo, EEUU y Japón vendieron al gigante asiático un 30% y un 29% de su producción, respectivamente (Allen et al., 2023).

3.2.4 El proceso de fabricación: las *foundries* y las *Integrated Device Manufacturers (IDM)*

Las “fundiciones”, o “*foundries*”, son compañías cuyo modelo de negocio se centra exclusivamente en la fabricación de microchips según las especificaciones de diseño de los clientes. Esta fase, que requiere de la combinación de maquinaria y software de última generación y de una mano de obra muy cualificada, supone un 64% de la inversión en CAPEX de la industria y un 24% del valor de la cadena de suministro (Varas et al., 2021).

La fundición más grande del mundo es la taiwanesa TSMC, que genera más de la mitad de sus 66.97 mil millones de dólares de ingresos por su capacidad de fabricar chips con anchos de puerta de 7 y 5 nanómetros (Sun, 2023). Asimismo, la compañía se encuentra desarrollando procesos de para fabricar, de forma rentable, chips de 3 nanómetros, siendo Apple su cliente preferente, pues de la compañía de Silicon Valley proviene el 23% de sus ingresos (López, 2023a). En 2013, la compañía empleaba alrededor de 7000 personas en I+D y, entre 2022 y 2024, TSMC tiene previsto invertir alrededor de 100 mil millones de dólares en incrementar la capacidad de sus fábricas. Pese a que gran parte de sus plantas se encuentran en Taiwán, la empresa también cuenta con fábricas en Arizona, donde espera producir chips de 3nm en 2026 (TSMC, 2022), Japón, donde ha construido plantas en colaboración con Sony, o en Nankín (Miller, 2022).

Otras *foundries* de especial relevancia son la taiwanesa United Microelectroics Corporation (UMC), que en 2018 anunció la suspensión de sus inversiones en el desarrollo de microchips de 14nm y que, actualmente, obtiene un 25% de su beneficio de la venta de chips de 22/28 nanómetros (Sun, 2023); la estadounidense Global Foundries, fundada en 2005 como una escisión de las fábricas de AMD pero que, también en 2018, redujo en un tercio su inversión en I+D al renunciar a disputar la carrera por el desarrollo de chips de 7nm; o SMIC, la mayor fundición china, que ya contaba con procesos para fabricar chips mayores a los 28nm y que, pese a las sanciones estadounidenses, han logrado copiar de TSMC chips con transistores más pequeños (Alcorn, 2022). La surcoreana Samsung que, junto con TSMC, tiene capacidad de fabricación de microchips de 5nm, tal y como comentaré más adelante, también tiene una división de fundición.

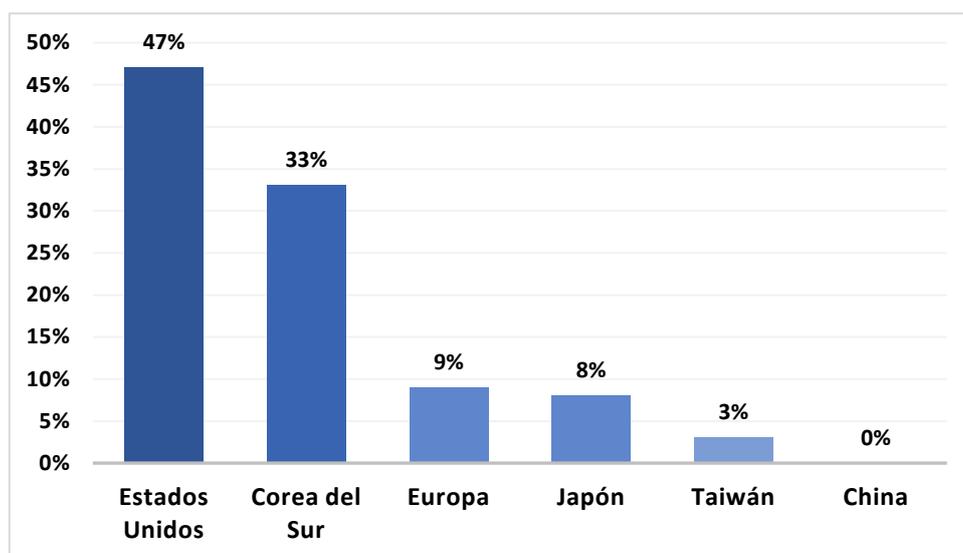
[Tabla 2]: Cuota de ingresos de las principales *foundries* en el mundo en el tercer trimestre de 2023 (*porcentaje*)

Empresa	Cuota de Ingresos, Q3 2023	País
TSMC	59%	Taiwán
Samsung Foundries	13%	Corea del Sur
Global Foundries	6%	EEUU
UMC	6%	Taiwán
SMIC	6%	China

Elaboración propia a partir de datos de Counterpoint Technology Market Research (2023)

Por otra parte, se emplea el acrónimo IDM para designar a empresas que se encargan de todo el proceso de diseño, fabricación y comercialización de circuitos integrados. A pesar de que este tipo de compañías fueron más comunes en el pasado para el desarrollo de los chips de vanguardia, los altos costes en I+D y capital necesarios para llevar a cabo la fabricación de los chips lógicos con anchuras de puerta inferiores a los 14 nanómetros han supuesto que la cuota de mercado de las IDMs sea del 22% frente al 78% de la de las fundiciones. Asimismo, de las dos compañías que pueden fabricar chips lógicos de 5nm, ninguna es una IDM. Por este motivo, estas compañías se han especializado en microchips de Memoria, como SK Hynix, Kioxia o Micron, y DAO, como Texas Instruments, STMicroelectronics, Infineon o Analog Devices, donde cuentan con la capacidad de producir el 98% y 94% de todos los chips de estas dos categorías, respectivamente. Por este motivo, las ventas de las IDM supusieron el 70% de las ventas de toda la industria de los semiconductores en el ejercicio 2019 (Semiconductor Industry Association, 2021).

[Gráfico 8]: Cuota de mercado de las IDM en 2021, por país (*porcentaje*)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Clarke (2022)

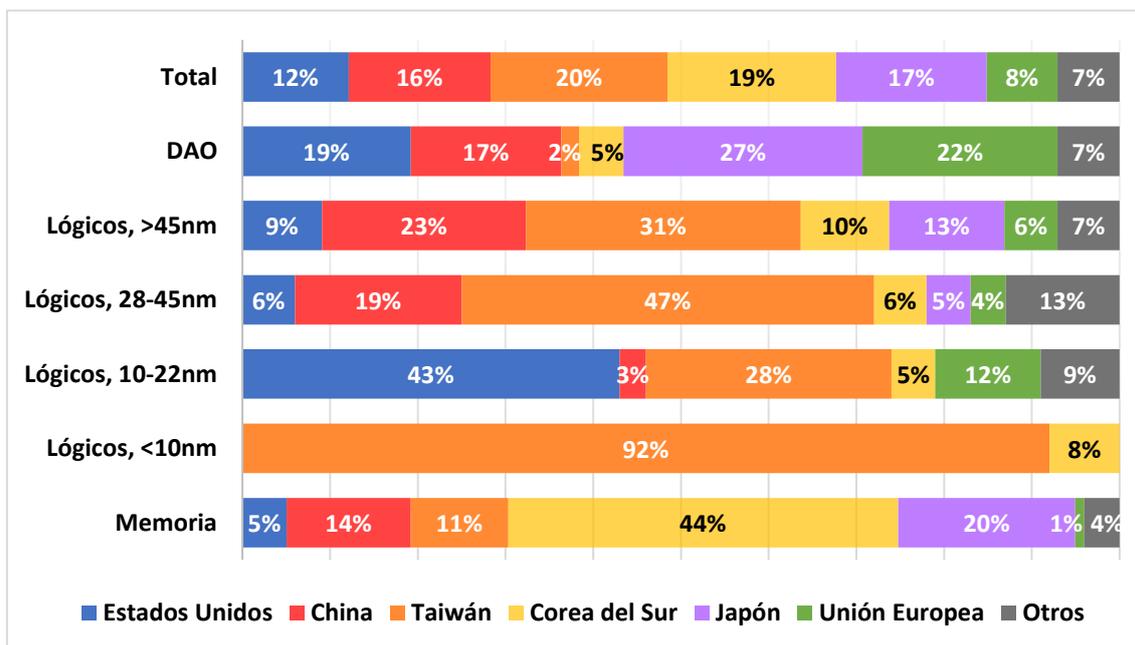
EEUU y Corea del Sur, cuyas IDM son líderes en ventas, cuentan cada uno con un máximo exponente de este modelo de negocio. En el caso de Corea, la mayor IDM es Samsung, que también cuenta con fábricas en Austin. Esta empresa cuenta con negocio de *foundry* que produce un 8% de los chips de 5nm a nivel global, pero también fabrica chips que se diseñan internamente, como un 44% de las memorias DRAM, que le supusieron a la compañía ingresos por valor de 41 mil millones de dólares en 2021. No obstante, a diferencia de TSMC, el hecho de que Samsung fabrique y diseñe limita su negocio de *foundry* en ciertas ocasiones, pues otros diseñadores temen que la compañía lance productos que compitan con los suyos. Pese a ello, Seúl tiene gran interés en que Samsung mantenga el liderazgo en el mercado de memorias y la capacidad de producir chips de vanguardia. Con esta finalidad, Corea del Sur pretende invertir 450 mil millones de dólares hasta 2030 en sus compañías (Feás, 2023) – se ha de tener en cuenta que TSMC estima el coste de una planta de fabricación de circuitos integrados de ancho de puerta de 3nm en 20 millones de USD (Allen et al., 2023).

En lo relativo a EEUU, si bien Intel fue, en las décadas de 1990 y los 2000, la empresa líder en fabricación de CPU, la compañía se quedó rezagada a principios de la década de 2010 porque, pese a sus esfuerzos por reducir el tamaño de los transistores para teléfonos móviles, mantuvo su enfoque en la fabricación de procesadores de ordenadores y servidores. Ello le valió a TSMC para hacerse con el contrato que le permitiría fabricar

los chips diseñados por Apple para los iPhone (Miller, 2022). Hoy en día, aunque el mercado de procesadores de ordenador continúa siendo rentable, este se encuentra relativamente estancado puesto que no es práctica común el correr a comprar los ordenadores con los procesadores más modernos en cada nuevo lanzamiento. Asimismo, pese a que en 2010 comenzó a despegar el mercado de CPU para centros de datos ante el crecimiento de las compañías de computación en la nube, como Amazon Web Services, Microsoft Azure o Google Cloud, el desarrollo exponencial de la industria de la IA ha mutado la demanda, pues esta requiere de la GPU de compañías como Nvidia o AMD (Patnaik, 2024). Además, en la actualidad, las grandes empresas de la nube no solo adquieren los productos de AMD o Nvidia, sino que pretenden también diseñar microchips propios adaptados a sus necesidades de procesamiento.

Pese a que *Intel* sigue siendo extremadamente rentable, desde 2015, la empresa ha anunciado en varias ocasiones retrasos a sus procesos de fabricación de chips de 10 y 7nm, ya que se tardó en adquirir la tecnología UVE de ASML (Fox, 2020). Asimismo, Intel trató de competir en el negocio de la fundición con TSMC, pero la empresa era más reservada con su propiedad intelectual que la *foundry* taiwanesa y, a diferencia de esta, Intel requería a los clientes adaptarse a sus condiciones (Miller, 2022). No obstante, Pat Gelsinger, CEO de Intel, ha anunciado un acuerdo con ASML para adquirir la primera máquina UVE de nueva generación y su intención de hacer frente a TSMC y Samsung mediante la inversión en plantas en EEUU, Israel o Europa a fin de desarrollar tecnologías de 2nm y 1,8nm para 2025 en sus nodos Intel 20A e Intel 18A, respectivamente (López, 2023b), si bien la empresa sigue externalizando parte de su producción a TSMC. De este modo, alcanzar a TSMC y a Samsung dependerá de los deslices de las compañías taiwanesa y surcoreana.

[Gráfico 9]: Cuota de mercado en la fabricación de cada tipo de microchip a nivel global en 2019, por país (*porcentaje*)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Varas et al. (2021)

3.2.5 Las compañías de ensamblaje y test (ATP)

Finalmente, el mercado del ensamblaje, testeo y empaquetado avanzado (ATP), con un valor de 17,6 mil millones en 2021, frente a los 90,8 mil millones del de las SMEs, es más intensivo en mano de obra y agrega menor valor a la cadena de suministro, aunque requiere de mayor inversión en CAPEX que el de las SMEs (Allen et al., 2023). A su vez, al suponer este tan solo un 6% del valor añadido de la cadena de suministro y un 3% de la inversión en I+D, su componente estratégico se ve disminuido y, por este motivo, gran parte de las instalaciones de las compañías de ATP se encuentran en países con mano de obra más barata, como China, que contaba con un el 28% de las plantas y un 38% del valor añadido de este segmento en el año 2021; Taiwán, cuyas empresas ATP supusieron un 27% del valor añadido; y el sudeste asiático, donde se incluyen instalaciones en países como Malasia, Singapur, Vietnam o Filipinas (Varas et al., 2021).

3.2.6 Conclusiones y principales riesgos

Las compañías estadounidenses Cadence, Mentor o Synopsys, dominan el mercado de la EDA e Intel y AMD, con su arquitectura X86, y la británica ARM, gracias a su arquitectura RISC, lideran las ventas de *Core IP*. Por este motivo, la primera fase de la cadena de valor no es una etapa crítica para la seguridad nacional de EEUU en el corto y medio plazo, si bien ha de prestarse atención a la aparición de arquitecturas de código abierto como la RISC-V, empleables por compañías de diseño de rivales geopolíticos.

Pese a que las compañías estadounidenses dominen los mercados del diseño de microchips y el de las SMEs, una buena parte de su beneficio proviene de las ventas en el mercado chino, lo que las hace sensibles a la volatilidad de las relaciones entre Washington y Pekín. Asimismo, el auge en el diseño de chips por parte de grandes compañías, como Apple o Huawei, puede suponer una amenaza a las ventas de las *fabless* estadounidenses en el medio y largo plazo.

Un riesgo común a las *fabless*, las *foundries* y las IDM es la protección de la propiedad intelectual, pues ya se han dado casos de compañías chinas tratando de robársela a compañías estadounidenses. En este sentido, fue especialmente llamativa la demanda por infracción de patentes y robo de propiedad intelectual de la estadounidense Micron a la fabricante china de DRAM, Fujian Jinhua, y a la *foundry* taiwanesa UMC quien, a cambio de 700 millones de dólares y por medio de contrataciones de empleados de Micron, transfirió datos de esta última a la compañía china (Mozur, 2018).

Las *foundries* e IDM de EEUU han quedado al margen en la producción de los microchips más avanzados, que es llevada a cabo por empresas surcoreanas y taiwanesas en fábricas que, principalmente, se ubican en la tensa región del Indo-Pacífico. Asimismo, pese a la decisión de Intel de invertir en el desarrollo de tecnologías para alcanzar la fabricación de semiconductores de 3nm, 2nm y 1.8nm, la falta de planificación estratégica ya ha supuesto retrasos a la empresa en el pasado, lo que ha puesto en cuestión su capacidad para mantener el pulso a Samsung y TSMC en la fabricación de los chips de vanguardia.

Los análisis de la Asociación Nacional de Semiconductores (2023) y de Varas et al. (2020) señalan el alto coste y la escasez de la mano de obra STEM como otro factor desalentador para llevar a cabo inversiones en las plantas de fabricación de los microchips más avanzados en los EEUU, si bien en el país se encuentran gran parte de las fundiciones

de chips maduros. A su vez, son estadounidenses algunas de las SMEs más avanzadas y, pese al control de ASML del cuello de botella de las máquinas UVE, los componentes de estas son fabricados en EEUU o en países aliados. De cara al futuro, Miller (2022) hace alusión a un hipotético punto a partir del cual el cumplimiento de la ley de Moore será imposible de rentabilizar por lo que, pese a que algunos analistas sitúan ese punto en un futuro lejano, se ha considerado que este es un riesgo irremediable para tener en cuenta.

Finalmente, dado el menor valor añadido de las industrias de ATP y la ubicación de las plantas en EEUU o en países aliados, los riesgos a los que se expone Washington en esta etapa de la cadena de valor no son tan considerables como los previamente mencionados. No obstante, ello no implica la ausencia de amenazas pues, ante el dinamismo de la cadena de valor, una posible automatización de estos procesos incrementaría la relevancia del coste del transporte sobre el de la mano de obra, lo que obligaría también a rediseñar la ubicación de las plantas de las empresas de ATP (Fernández-Stark et al., 2016).

3.4 Normativa implementada por el gobierno de EEUU

3.4.1 El bloqueo a China

La estrategia de *reshoring* de EEUU no se limita a la promoción de la investigación o la fabricación de semiconductores a escala local, sino que también ha aprovechado el control de los cuellos de botella de la cadena de valor de los microchips para promulgar normativa con el fin de limitar el desarrollo tecnológico de las empresas de semiconductores chinas. Así, las sanciones que se comentarán a continuación se incluyen dentro de un primer conjunto de medidas regulatorias destinadas a mermar las ventas de circuitos integrados diseñados o producidos por compañías chinas en favor de las de EEUU y sus aliados.

En el año 2015, la Oficina de Industria y Seguridad, que supervisa las exportaciones de EEUU, inició una investigación contra la empresa china ZTE, acusada de actuar como intermediaria en la transferencia de tecnología estadounidense a Irán y Corea del Norte (Feás, 2023). Precisamente, la Estrategia de Seguridad Nacional publicada por la Administración Obama en febrero de ese mismo año declaraba entre sus objetivos el prevenir que Irán desarrollase armas nucleares y evitar los riesgos causados por el desarrollo de este tipo de armamento por parte de Pyongyang (National Security Council,

2015). En marzo de 2016, Washington añadió a ZTE a la “Lista de entidades”, prohibiendo la exportación a esta empresa de tecnología sensible estadounidense.

Unos años más tarde, Huawei tomó la delantera en el desarrollo de la tecnología 5G, desarrollando desde los chips de los smartphones hasta toda la infraestructura de red necesaria (McLoughlin, 2019). Así, en mayo de 2019, también se incluyó a Huawei en la “Lista de Entidades”, estimándose en el momento pérdidas de 250 millones de euros para Qualcomm, que exportaba gran parte de los chips empleados en la tecnología 5G de Huawei; 77 millones para Intel, lo que suponía un 1% de sus ingresos en 2019; 35 millones para AMD, o un 2% de sus ingresos en 2019; 272 millones para Broadcom, lo que impactó en una caída del 6% en su cotización; entre 33 y 108 millones para Nvidia; o una caída del 13% en las ventas de Micron (Pérez, 2019).

No obstante, la normativa estadounidense no podía controlar las exportaciones de chips fabricados fuera de EEUU, por lo que numerosas empresas de semiconductores lograron eludir las sanciones. Washington remedió la situación y logró limitar el abastecimiento de microchips de Huawei en agosto de 2020 al someter a licencia el uso de tecnología nacional que tuviese como fin la producción de los microchips avanzados (Politi et al., 2020). En diciembre de 2020, el tercer conjunto de sanciones contra empresas chinas dirigió los controles de exportación de tecnología estadounidense hacia SMIC, con el fin de evitar que esta suministrase microchips al EPL (U.S. Department of Commerce, 2020).

En 2021, la Administración Biden anunció la modificación de la Estrategia de Seguridad Nacional para garantizar la superioridad de sus industrias estratégicas y ampliar al máximo la ventaja sobre China en materia tecnológica (Feás, 2023). Así, en octubre de 2022, Washington anunció medidas que tenían como objeto evitar filtraciones, aumentar el control sobre las exportaciones y limitar la producción en China de semiconductores avanzados, de todo tipo de maquinaria de fabricación de microchips, de superordenadores y de capacidades informáticas avanzadas, concediendo licencias para utilizar la tecnología necesaria para fabricar semiconductores de más de 14-16nm por instalación en lugar de por empresa (Feás, 2023). Con el fin de evitar robos de propiedad intelectual, EEUU también presionó a compañías como SK Hynix para evitar el traslado de sus máquinas UVE a sus plantas en China (Nellis et al., 2021).

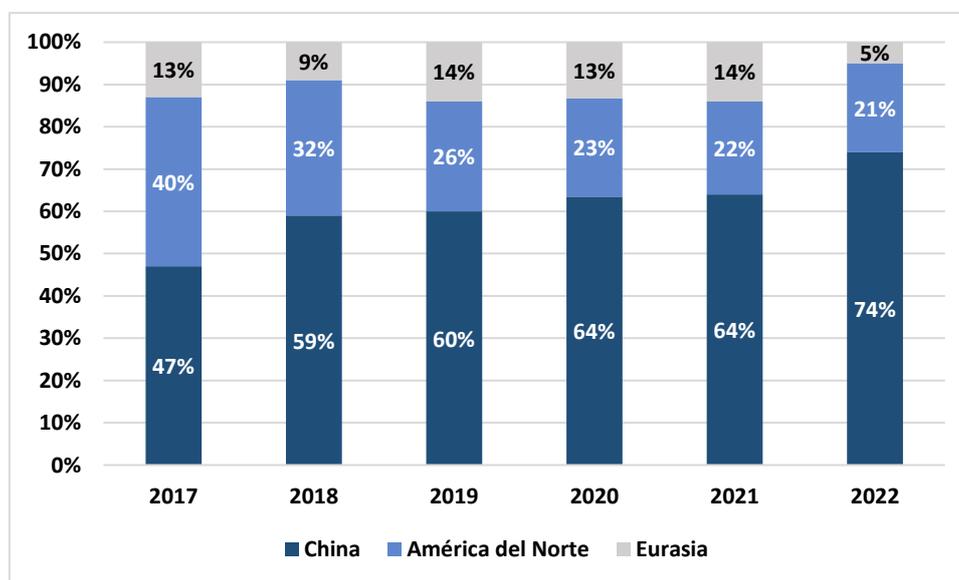
Siguiendo esta línea, gracias a los acuerdos de enero de 2023 entre EEUU, Holanda y Japón, Washington también ha logrado que estos países limiten las ventas de equipos de alta tecnología para la fabricación de semiconductores a China (Bou, 2023). Si bien China no había tenido acceso todavía a las máquinas UVE, Holanda puso también fuera del alcance chino los equipos de litografía de ultravioleta profunda (UVP) de ASML y Japón prohibió la venta de 23 categorías de equipos para fabricación de chips, lo que motivó a Mao Ning, ministro de Exteriores chino, a amenazar a los sancionadores e independizar la cadena de valor de occidente (López, 2023c). Puesto que las sanciones tienen como objetivo mermar la fabricación, podemos analizar cómo estas han afectado a SMIC:

[Tabla 3]: Ingresos y Beneficio Neto de SMIC (en miles de millones de USD)

Año	Ingresos	Variación	Beneficio	Variación
2019	3,12	-7,14%	0,235	57,71%
2020	3,91	25,32%	0,715	204,26%
2021	5,44	39,13%	1,701	137,90%
2022	7,27	33,64%	1,818	6,88%
2023	6,32	-13,07%	0,902	-50,39%

Fuente: Elaboración propia a través de datos de Investing.com (2024)

[Gráfico 10]: Procedencia de los ingresos de SMIC, por región (porcentaje)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Slotta (2023)

Las ventas de SMIC aumentaron hasta 2022 y se redujeron en 2023, lo que da indicios de que fueron las sanciones de 2022 las que realmente afectaron al crecimiento de la

compañía. En el primer trimestre de 2024, la compañía registrará un margen bruto de entre el 9% y el 11%, frente al 16,4% del último cuarto de 2023 (MarketScreener, 2024). Además, pese a haber desarrollado los chips de 7 nanómetros que Huawei empleará en su Mate 60 Pro, SMIC necesita perfeccionar sus máquinas de UVE para alcanzar a Intel, TSMC y Samsung pues, a raíz de las sanciones de 2022, la empresa necesita licencias de EEUU para obtener la maquinaria avanzada que demandan clientes como Huawei. Los analistas temen que la escasez de maquinaria o la creciente dependencia de China, una economía en desaceleración, incrementen el coste añadido que le supone a SMIC el tratar de fabricar chips de 7nm al 50% de coste frente a TSMC (TrendForce, 2024).

A pesar de que Pekín prepara inversiones por valor de 41 mil millones de dólares en la industria de semiconductores para reducir la dependencia de tecnología extranjera (López, 2023d), por el momento parece que EEUU ha ganado ventaja frente a China gracias al control del cuello de botella de ASML y de las SMEs estadounidenses y japonesas.

[Tabla 4]: Beneficio Neto de las principales SMEs (*en millones de USD*)

Empresa	2020	2021	2022	2023
KLA Corp.	1,216	2,078	3,321	3,387
Applied Materials	3,619	5,888	6,525	6,856
LAM Research	2,225	3,908	4,605	4,510
ASML	3,553	5,883	5,624	7,839

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Investing.com (2024) y Mira (2023)

[Tabla 5]: Ventas en China de las principales SMEs (*porcentaje*)

Empresa	2022	2023	Variación
KLA Corp.	28,90%	27,30%	-5,86%
Applied Materials	31,82%	21%	-34%
LAM Research	31,40%	25,60%	-22,66%
ASML	13,80%	11,70% (est.)	-15% (est.)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MarketScreener (2024)

El cambio en la Estrategia de Seguridad Nacional de EEUU puede observarse, especialmente, en la evolución de los ingresos de las SMEs, pues estas han mantenido sus beneficios en el ejercicio 2023 pese a caídas de hasta el 34% en sus ventas al gigante asiático. Ello pone de manifiesto cómo las medidas que tienen como fin mitigar los

riesgos de espionaje y ciberseguridad, así como restringir a las compañías chinas el acceso a la tecnología y equipos de fabricación estadounidenses sin un permiso especial, han entrado en conflicto con los intereses de maximización de beneficios de las SMEs estadounidenses (Cheng et al., 2021).

Pese a la caída del porcentaje de ventas en China de las empresas seleccionadas, aún es pronto para determinar hasta qué punto Washington, La Haya o Tokio antepondrán su seguridad nacional a la maximización del beneficio económico de sus empresas. Para conocer esta decisión, el impacto sobre las SMEs de los datos de ventas del sector, estimadas en 124 mil millones de dólares en 2025 frente a los 107 mil millones de 2022 y 100 mil millones de 2023, podrían comenzar a arrojar resultados (Macau Business, 2023). Por otro lado, las *foundries* o IDM de EEUU y sus aliados habrían obtenido ciertas ventajas gracias al control estatal del mercado. Por ejemplo, la influencia de La Haya sobre ASML habría permitido a Intel, TSMC y Samsung obtener, a lo largo de 2024 y 2025, los primeros equipos de vanguardia UVE “*High-NA*” (López, 2023e).

Finalmente, el hecho de que EEUU haya forzado a China al aislamiento en la cadena de valor de los microchips puede llevar a Pekín a optar por el autoabastecimiento, aunque esta estrategia precisará de una gran cantidad de tiempo e inversión (Barron, 2023). La estrategia *Made in China 2025* busca, precisamente, alcanzar una autosuficiencia del 70% en materia de semiconductores para este año (Balderrama, 2018), siendo la decisión de Huawei de sustituir los chips Snapdragon de Qualcomm por sus propios procesadores Kirin un ejemplo de su puesta en práctica (Alcántara, 2023). No obstante, tras las sanciones iniciadas durante la era Trump, se espera que la producción china de circuitos integrados represente tan solo el 15,9% de su demanda en 2025 (Cronin, 2022).

3.4.2 El *reshoring* de microchips como Estrategia de Seguridad Nacional

Hasta ahora, se ha estudiado cómo EEUU se ha centrado en torpedear el desarrollo chino de la industria de los microchips. No obstante, la resiliencia de la cadena de suministro de los circuitos integrados y, consiguientemente, el fortalecimiento de la seguridad nacional estadounidense, también requieren de una estrategia de *reshoring*. Para ello, Washington ha llevado a cabo políticas para promover la inversión en tecnología relacionada con los semiconductores a escala local, entre las que cabe destacar la *CHIPS*

and Science Act, aprobada por el Congreso y el Senado en julio 2022 y que pone el foco en la necesidad de investigación y fabricación de los microchips más avanzados dentro de las fronteras de EEUU, pues el país fabrica tan solo el 10% de la oferta global y destina menos del 1% del PIB a I+D, frente al 2% a mediados de la década de 1960. Esta ley canaliza un total de 280 mil millones de dólares con el fin de mejorar la educación STEM o las capacidades de fabricación e investigación, pero son 52.7 mil los que se asignan de forma específica (The White House, 2022b).

El “*Congressional Research Service*” reconoce como uno de los principales problemas la caída en la producción global de microchips en EEUU desde el 40% en 1990 hasta el 12% en 2020 y la alta dependencia de TSMC, tanto por la falta de capacidad de la fabricación de chips modernos, como por los riesgos a la cadena de valor que podrían suponer posibles conflictos o nuevas pandemias (Arcuri, 2022). Así, de los 52,7 mil millones de dólares ya asignados, 39 mil, o el 74%, se invertirán en incentivos para que las empresas, estadounidenses o no, puedan modernizar, construir o expandir plantas de fabricación de semiconductores ubicadas en territorio nacional. A su vez, de estos 39 mil millones de dólares, 2 mil irán dirigidos a producir chips maduros que ya han sido desarrollados y han estado en producción durante algún tiempo, dado que ello ayudaría a garantizar el suministro de las industrias de defensa y automoción. Asimismo, se establecerá un crédito fiscal del 25% para los gastos de capital necesarios para la fabricación de semiconductores o equipo relacionado con su cadena de valor y salvaguardias para evitar que los beneficiarios construyan instalaciones en China y empleen el presupuesto público en recompras de acciones y reparto de dividendos (The White House, 2022b).

Asimismo, la *CHIPS and Science Act* reconoce la escasez de mano de obra cualificada, clave para la innovación en los procesos de diseño o fabricación. En su análisis de la cadena de valor, Gereffi (2021) ya mencionó la necesidad de llevar a cabo inversiones en bienes de capital para mitigar riesgos críticos de las cadenas de valor y de apoyar la investigación a nivel corporativo o universitario. La *Semiconductor National Association* (2023) estima un crecimiento de 150.000 trabajadores en el sector de los semiconductores a causa de la ley, creciendo estos hasta los 460.000 a nivel nacional. Sin embargo, se corre el riesgo de que 67.000, o el 58% de los nuevos trabajos, queden vacantes por la falta de técnicos o ingenieros. Por este motivo, la nueva normativa destinará 13,2 mil millones de dólares, por un lado, a I+D para desarrollar localmente el diseño, fabricación o el prototipado de microchips más avanzados por medio de agencias como el *National*

Semiconductor Technology Center (NSTC) y, por el otro, a la cualificación de la mano de obra, promoviendo asociaciones entre empresas y universidades para proporcionar capacitación laboral a los estudiantes y contar con una base de ingenieros o científicos para mantener la ventaja competitiva en cada fase de la cadena de valor una vez hayan finalizado los estímulos fiscales del gobierno federal (Semiconductor Industry Association, 2023). Finalmente, 500 millones servirán para invertir en actividades relacionadas con la seguridad de tecnología de la información y el refuerzo de la cadena de valor de los circuitos integrados. (The White House, 2022b).

Todavía es pronto para determinar con exactitud si la legislación recientemente aprobada ha cumplido con los objetivos. No obstante, las administraciones públicas han recibido alrededor de 400 declaraciones de interés para llevar a cabo proyectos de inversión en 37 estados (Buttle, 2023). Desde el anuncio de la *CHIPS and Science Act* en 2020, Casanova (2022) cifra en 77 los nuevos proyectos anunciados, con inversiones planeadas de 244 mil millones de dólares que supondrán la creación de alrededor de 44.700 nuevos empleos. De estos 77 proyectos, 38, que implican 201 mil millones de dólares de inversión, estarán destinados a la construcción o expansión de nuevas plantas de fabricación; 18 mil millones se destinarán a plantas de ensamblaje; 14 mil millones irán dirigidos a proyectos de I+D; 10 mil millones a compañías de materiales de los semiconductores, como químicos y gases especiales; y 65 millones a proyectos de SMEs. Así, la normativa ha tenido un efecto más favorable sobre las actividades primarias de la cadena de valor que sobre las secundarias. Para todos los tipos de categoría, la creación de empleos será directamente proporcional al monto de la inversión y, por cada trabajo adicional, se crearán 5.7 empleos indirectos en la economía estadounidense (Casanova 2022).

[Tabla 6]: Principales inversiones motivadas por la *CHIPS and Science Act*

Estado	Compañía	Categoría	Inversión	Empleos
Arizona	TSMC	Fábrica	\$40.000.000.000,00	4500
Texas	Texas Instruments	Fábrica	\$30.000.000.000,00	3000
Arizona	Intel	Fábrica	\$20.000.000.000,00	3000
Nueva York	Micron	Fábrica	\$20.000.000.000,00	3000
Ohio	Intel	Fábrica	\$20.000.000.000,00	3000
Texas	Samsung Electronics	Fábrica	\$17.300.000.000,00	2000
Idaho	Micron	Fábrica	\$15.000.000.000,00	2000
Indiana	SK Hynix	Ensamblaje	\$15.000.000.000,00	N/D
Utah	Texas Instruments	Fábrica	\$11.000.000.000,00	800
Nueva York	NY CREATES *	I+D	\$10.000.000.000,00	700

* Socios: IBM, Micron, Applied Materials, Tokyo Electron. El Estado de NY contribuyó con mil millones de dólares. Además, es la única *University R&D Partner* de los proyectos anunciados hasta la fecha.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Casanova (2022) y Semiconductor Industry Association (2024)

El carácter largoplacista de las inversiones en educación queda reflejado en los retrasos de las plantas de 40 mil millones de dólares de TSMC para producir chips de 3 y 4nm para los procesadores de Apple en Arizona (Mordor Intelligence, 2023) o la de 20 mil millones de Intel en Ohio, pues estos no solo se han producido a causa de las prolongadas negociaciones para la financiación de los proyectos, sino también por la escasez de personal cualificado (Iyengar, 2024).

Además, Washington no ha sido el único actor que ha destinado fondos al desarrollo de los semiconductores. Con relación a la sexta variable de Fernández-Stark y Gereffi (2016), Pekín también anunció un paquete de 143.000 millones de dólares en forma de inversiones o incentivos fiscales para fomentar la investigación y la fabricación. Por su parte, Seúl, con 450 mil millones de dólares hasta 2030, Taipei, con 1.300 millones anuales destinados a subvencionar los costes de I+D, o Bruselas, que destinará 43.000 millones de euros para doblar su capacidad de producción de semiconductores del 10% de la cuota de mercado mundial actual al 20%, también han anunciado planes para reforzar la resiliencia de la cadena de valor de los semiconductores (Feás, 2023).

Siguiendo esta línea, *Foreign Policy* destaca que la pandemia de COVID ha llevado a cada región a invertir en su propio *hub* de abastecimiento de microchips. Al tratar de

revertir los riesgos de la cadena de valor de forma acelerada, se corre el riesgo del surgimiento de problemas de interoperabilidad, ya que las industrias de cada región podrían desarrollar sus propias dinámicas. Ello podría dar lugar a nuevos desabastecimientos por la no-compatibilidad de las diversas fases de la cadena de valor (Gato, 2022).

No obstante, Iyengar (2024) señala que el hecho de que empresas como Samsung, Micron, TSMC o Intel también estén invirtiendo decenas de miles de millones de dólares en Corea del Sur, Japón, Alemania, Polonia o India o que 500 millones de la *CHIPS and Science Act* tendrán como destino Vietnam, Filipinas, Indonesia, Costa Rica o Panamá, dará lugar a un ecosistema global de abastecimiento en el que tan solo China cree su propio ecosistema de suministro de microchips. Ahora, si bien los incrementos en la capacidad de fabricación en otras regiones no impedirán que EEUU mantenga su liderazgo frente a China o que el país garantice el abastecimiento y la fabricación de chips avanzados en su territorio, a nivel global, la cuota de mercado de sus compañías no se verá significativamente alterada (Iyengar, 2024).

3.4.3 ¿Se han mitigado los riesgos de la cadena de valor?

A continuación, se realiza una comparación entre los riesgos detectados en el segundo capítulo y la efectividad de las medidas tomadas por Washington para mitigarlos.

El primer riesgo detectado fue el surgimiento de arquitecturas de *Core IP* de código abierto, como la RISC-V. Dado que es inevitable detener el desarrollo tecnológico en este ámbito, este tema no ha sido una prioridad para Washington. No obstante, esta inacción ha implicado que no se haya maximizado la ventaja frente a China, pues empresas como Tencent, Alibaba o Huawei pueden seguir beneficiarse de este tipo de arquitecturas para el diseño de sus microchips en perjuicio de compañías de países aliados de EEUU.

En segundo lugar, se detectó la posibilidad de filtraciones de propiedad intelectual a compañías chinas, para lo que Washington tomó medidas como la inclusión de Huawei y SMIC en la lista de entidades o el sometimiento a licencia de las exportaciones de las SMEs para Huawei y SMIC y para todas las empresas en 2019, 2020 y 2022, respectivamente. No obstante, el cumplimiento de los objetivos de seguridad nacional se

ha producido a costa de mermar las ventas de *fabless* o SMEs estadounidenses con gran exposición al mercado chino, lo que a largo plazo podría favorecer a sus competidores del gigante asiático.

Otro de los riesgos detectados fue la ambición china por producir chips avanzados que podrían emplearse en tecnología punta de uso militar, lo que no solo afectaba al dominio del mercado de las IDM, *foundries* o SMEs de EEUU y sus aliados, sino también a la hegemonía geopolítica de estos últimos países en la región del Indo-Pacífico. Para mitigar este riesgo, Washington aprobó el paquete de sanciones de octubre de 2022 previamente mencionado. No obstante, esto último podría motivar a China a lograr el desarrollo de una industria nacional que le permita el autoabastecimiento de semiconductores avanzados en un futuro.

En lo relativo a la fase de fabricación, la mayor amenaza detectada fue la pérdida del liderazgo de EEUU en la fabricación de chips avanzados y su dependencia de compañías extranjeras con plantas de producción a miles de kilómetros de su territorio. La promulgación de normativa como la *CHIPS and Science Act* ha contribuido a hacer frente a esta amenaza en virtud del cumplimiento de los objetivos de seguridad nacional. Asimismo, las reacciones de la Unión Europea, Corea del Sur o Japón a la *CHIPS and Science Act* podrían causar también avances en el desarrollo de la fabricación de chips avanzados en otras regiones, lo que permitiría crear una cadena de valor con numerosos nodos ubicados en EEUU o en países aliados para asegurar el suministro de microchips en casos de escasez.

No obstante, si bien EEUU no pretendía un liderazgo de las empresas nacionales en esta fase de la cadena de valor, sino la fabricación local de los circuitos integrados avanzados, se corre el riesgo de Intel, la única compañía estadounidense presente en la carrera por el desarrollo de “chips de 5 nanómetros”, no cumpla con las expectativas de producción. A su vez, los trámites burocráticos han producido atrasos en la puesta en marcha de las fábricas y destaca la escasez de procedimientos de actuación u obligaciones a las compañías en caso de crisis o una serie de facilidades para acelerar la gestión de solicitudes y procedimientos, a diferencia de las iniciativas “*Made in China 2025*” o la ley europea de Chips.

Siguiendo esta línea, la cualificación de la mano de obra, necesaria tanto para la fase de I+D como para la de ensamblaje, es una de las causas de los retrasos de la puesta en marcha de fábricas como la de TSMC en Arizona. Aunque mediante la *CHIPS and Science Act* se han promulgado medidas para subsanar este inconveniente, la cualificación de científicos e ingenieros y la colaboración con las universidades tendrá efectos visibles en el medio y largo plazo. En este sentido, los incentivos al desarrollo de I+D de la *CHIPS and Science Act* también pueden considerarse medidas para seguir contribuyendo al cumplimiento de la ley de Moore. Mitigar el riesgo de incumplimiento de la ley de Moore dependerá de la voluntad de Washington por querer afrontar el coste que supondrá la inversión en fábricas de altísima complejidad tecnológica.

Finalmente, y pese a ser un riesgo menor, también puede considerarse que la promulgación de la *CHIPS and Science Act* ha contribuido a solventar el incremento de los costes de transporte y la automatización de los procesos de ensamblaje, pues la normativa también ha contribuido a la inversión en EEUU de empresas de ensamblaje como Amkor (Casanova, 2022). Además, los acuerdos de política exterior con aliados como Japón o los Países Bajos han contribuido en gran medida a garantizar el control de prácticamente todas las fases de la cadena de suministro, solventando el riesgo del control de cuellos de botella por parte de otros estados.

4 Conclusión

El proyecto ha analizado la capacidad de la estrategia de *reshoring* de EEUU para mitigar los riesgos derivados de la cadena de valor de los semiconductores a los que se expone. Esta estrategia es una respuesta directa a la creciente preocupación de Washington por la dependencia extranjera de circuitos integrados de nodo avanzado, esenciales en el desarrollo de la IA o del armamento de vanguardia necesarios para el mantenimiento de la hegemonía geopolítica estadounidense en la región del Indo-Pacífico.

A fin de implementar las políticas de *reshoring*, la Administración Biden precisó de una modificación de la Estrategia de Seguridad Nacional. De este modo, además de mitigar el riesgo de escasez de microchips de nodo avanzado, la promoción de la industria de los semiconductores a nivel local ha tenido como objeto la maximización del margen de desarrollo tecnológico de las compañías de circuitos integrados estadounidenses sobre las chinas. El elevado monto de las inversiones en investigación o fabricación de semiconductores llevadas a cabo por empresas estadounidenses y extranjeras en territorio nacional a raíz de la promulgación de la *CHIPS and Science Act* pone de manifiesto la alta efectividad de esta última en el corto plazo.

No obstante, el repentino auge de la inversión extranjera directa en tecnología estratégica se ha topado con la falta de mano de obra cualificada. Así, pese a que la *CHIPS and Science Act* canalice miles de millones de dólares en la capacitación del capital humano, será necesario esperar unos años determinar en qué grado se ha resuelto este problema. Del mismo modo, el sometimiento a licencia de las exportaciones de maquinaria de fabricación de semiconductores a China ha afectado negativamente, especialmente, a los ingresos de las *fabless* o SMEs estadounidenses con una elevada exposición al gigante asiático.

La estrategia de *reshoring* también ha sido replicada por Seúl, Tokio, Taipéi, Pekín o Bruselas. Así, pese a que algunos autores defienden que los incentivos a las *fabless*, a las *foundries* o a las IDM pueden dar lugar a una cadena global de valor diversificada que mitigue el riesgo de escasez de circuitos integrados avanzados o de nodo maduro, otros académicos han alertado de la posible incursión en una dinámica de autoabastecimiento regional que podría dificultar la interoperabilidad de las diferentes cadenas de suministro de circuitos integrados. En cualquier caso, existe consenso académico respecto a la

creación de una cadena de valor de microchips autónoma en China que, a causa de las sanciones, enfrentará dificultades para cumplir con la "Ley de Moore".

Finalmente, los resultados del estudio respaldan la hipótesis planteada pues, por un lado, la estrategia de *reshoring* ha reforzado la resiliencia de la cadena de valor de semiconductores y ha ampliado la ventaja de EEUU frente a China en lo relativo a la fabricación de circuitos integrados de vanguardia. No obstante, por otro lado, existe incertidumbre acerca de la posible formación de cadenas de valor regionales de difícil interoperabilidad y se desconoce la efectividad que la normativa promulgada podría tener sobre la cualificación de la mano de obra en el futuro.

5 Limitaciones

El trabajo de fin de grado ha tratado de abordar, con el mayor grado de detalle posible, la relación entre la cadena de valor de los microchips y la normativa implementada por el gobierno estadounidense. No obstante, a causa del altísimo número de empresas participantes en cada etapa del proceso de producción, el proyecto se ha limitado al breve análisis de las compañías más relevantes. Asimismo, los efectos de las leyes promulgadas por Washington desde la Administración Obama han tenido implicaciones en un grandísimo número de empresas y, dada la abundancia de los datos, no se ha podido profundizar al nivel esperado inicialmente. Ante la necesidad de sinterización de la cadena de valor y la menor importancia geopolítica de las empresas de ATP en el proceso de fabricación de microchips, el proyecto tampoco ha hecho especial hincapié en esta última fase.

6 Declaración de Uso de Herramientas de IA Generativa en Trabajos Fin de Grado

Por la presente, yo, Gorka Eizaguirre Fernández, estudiante de Administración y Dirección de Empresas y Relaciones Internacionales de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "El reshoring de microchips como Estrategia de Seguridad Nacional de EEUU", declaro que he utilizado la herramienta de IA Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
2. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 17 de marzo de 2024

Firma: 

7 Bibliografía

- Al-Rodhan, N. R., & Stoudmann, G. (2006). Definitions of globalization: A comprehensive overview and a proposed definition. *Program on the geopolitical implications of globalization and transnational security*, 6(1-21).
- Alcántara, B. (2023). Huawei quiere agotar todos los chips Snapdragon que le quedan y esta es su idea para lograrlo. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/andro4all/huawei/huawei-quiere-agotar-todos-los-chips-snapdragon-que-le-quedan-y-esta-es-su-idea-para-lograrlo>
- Alcorn, P. (2022). China's SMIC Shipping 7nm Chips, Reportedly Copied TSMC's Tech. *Tom's Hardware*. <https://www.tomshardware.com/news/china-chipmaker-smics-7nm-process-is-reportedly-copied-from-tsmc-tech>
- Allen, G. C., & Thadani, A. (2023). Mapping the Semiconductor Supply Chain: The Critical Role of the Indo-Pacific Region. *Center for Strategic and International Studies*. <https://www.csis.org/analysis/mapping-semiconductor-supply-chain-critical-role-indo-pacific-region>
- Arcuri, G. (2022). The CHIPS for America Act: Why It is Necessary and What It Does. *Centre for Strategic and International Studies*. <https://www.csis.org/blogs/perspectives-innovation/chips-america-act-why-it-necessary-and-what-it-does>
- ARM Developer - Documentation (s.f.) <https://developer.arm.com/documentation/den0013/d/Introduction/History>
- Aslop, T. (2024) Nvidia research and development expenses worldwide from fiscal year 2017 to 2024. *Statista*. <https://www.statista.com/statistics/988048/nvidia-research-and-development-expenses/>
- Badlam, J., Clark, S., Gajendragadkar, S., Kumar, A., O'Rourke, S. S., & Swartz, D. (2022). The CHIPS and Science Act: Here's what's in it. *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-chips-and-science-act-heres-whats-in-it>

- Balderrama, R. (2018). El proyecto “Hecho en China 2025”: impulso del Estado hacia la transformación industrial con alcance global. *ReVista Harvard review of Latin America*. Harvard University. [https://archive.revista.drclas.harvard.edu/book/el-proyecto-%E2%80%9Checho-en-china-2025%E2%80%9D-impulso-del-estado-hacia-la-transformaci%C3%B3n-industrial#:~:text=%E2%80%9CMade%20in%20China%202025%E2%80%9D%20\(de%20influencia%20en%20los%20est%C3%A1ndares](https://archive.revista.drclas.harvard.edu/book/el-proyecto-%E2%80%9Checho-en-china-2025%E2%80%9D-impulso-del-estado-hacia-la-transformaci%C3%B3n-industrial#:~:text=%E2%80%9CMade%20in%20China%202025%E2%80%9D%20(de%20influencia%20en%20los%20est%C3%A1ndares)
- Baldwin, R. (2016). The great convergence : information technology and the new globalization / Richard Baldwin . *Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press*.
- Barron, L. (2023). Por qué la guerra de los semiconductores entre EEUU y China debería preocuparnos. *La Razón*. https://www.larazon.es/internacional/que-guerra-semiconductores-eeuu-china-deberia-preocuparnos-todo_202304276449a74c2a35640001e5bd25.html
- Bauer, H., Grawert, F. & Schink, S. (2012). Semiconductors for wireless communications: Growth engine of the industry. *McKinsey*. https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/semiconductors/issue%20%20autumn%202012/pdfs/semiconductors_for_wireless_communications.pdf
- Blackridge Research & Consulting (2024) List of Top 10 Global Fabless Semiconductor Companies [2024]. <https://www.blackridgeresearch.com/blog/list-of-top-global-fabless-semiconductor-companies>
- Bou, C. P. (2023). Japón y Países Bajos bloquearán la exportación de chips a China. *El Periódico*. <https://www.elperiodico.com/es/economia/20230127/japon-holanda-semiconductores-chips-china-estados-unidos-82087049>
- Broadcom. (s. f.). Products. <https://www.broadcom.com/products>
- Bureau of Industry and Security (2020). Commerce Addresses Huawei’s Efforts to Undermine Entity List, Restricts Products Designed and Produced with U.S. Technologies. *U.S. Department of Commerce*. <https://2017-2021.commerce.gov/news/press-releases/2020/05/commerce-addresses-huaweis->

efforts-undermine-entity-list-

restricts.html#:~:text=This%20announcement%20cuts%20off%20Huawei's,certain%20U.S.%20software%20and%20technology.

Burkacky, O. & de Jong, M. & Dragon, J. (2022). Strategies to lead in the semiconductor world. *McKinsey & Company*.
<https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/strategies-to-lead-in-the-semiconductor-world>

Burkacky, O., Dragon, J., & Lehmann, N. (2022, 1 abril). The Semiconductor Decade: a trillion-dollar industry. *McKinsey & Company*.
<https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/the-semiconductor-decade-a-trillion-dollar-industry>

Buttle, R. (2023). Assessing the Impact of the Chips and Science Act and the Inflation Reduction Act A year later, some positive outcomes are already clear. *Inc.com*.
<https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/17wnb24a8jCaJaJAgKK4CC/lists/4cNBe3RRdqZYQYc1qERe4N/>

Casanova, R. (2022). The CHIPS Act Has Already Sparked \$200 Billion in Private Investments for U.S. Semiconductor Production. *Semiconductor Industry Association*. <https://www.semiconductors.org/the-chips-act-has-already-sparked-200-billion-in-private-investments-for-u-s-semiconductor-production/>

Central Leading Group for Internet Security and Informatization established. (2014, 1 marzo). *China Copyright and Media*.
<https://chinacopyrightandmedia.wordpress.com/2014/03/01/central-leading-group-for-internet-security-and-informatization-established/>

Cheng, M. C., Wang, H. W., Chen, Y. H., & Chou, T. H. (2021). The impact of the US and China trade war on Taiwan's IC industry. *Journal of US-China Public Administration*, 18(2), 47-67.

Chiao, J. (2023). Despite Export Ban on Equipment, China's Semiconductor Expansion in Mature Processes Remains Strong, Says TrendForce. *TrendForce*.
<https://www.trendforce.com/presscenter/news/20230705-11749.html>

- Clarke, P. (2022). China's share of global fabless IC market collapsed in 2021. *eeNews Europe*. <https://www.eenewseurope.com/en/chinas-share-of-global-fabless-ic-market-collapsed-in-2021/>
- Cronin, R. (2023). Semiconductors and Taiwan's "Silicon Shield". *Stimson Center*. <https://www.stimson.org/2022/semiconductors-and-taiwans-silicon-shield/>
- Del Amo, P. (2023). Conferencia acerca de la geopolítica en el Indo-Pacífico. *Universidad Pontificia de Comillas, España*.
- Delgado, M. (2022). Jornada empresarial: "Sectores estratégicos para la economía española". *Banco de España*. <https://www.bde.es/f/webbde/GAP/Secciones/SalaPrensa/IntervencionesPublicas/Subgobernador/delgado270122.pdf>
- Dollar, D. (2015). United States-China two-way direct investment: Opportunities and challenges. *Brookings*. <https://www.brookings.edu/articles/united-states-china-two-way-direct-investment-opportunities-and-challenges/>
- Enseñat y Berea, A. (2023). Un enfoque estratégico y multidimensional de la seguridad nacional [Conferencia]. *Facultad de Ciencias Humanas y Sociales, Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España*
- Escalera, M., López, D., Serrano, C., Vázquez, S. (2023). México | Situación Regional Sectorial. Segundo Semestre 2023. *BBVA Research*. <https://www.bbvarsearch.com/publicaciones/mexico-situacion-regional-sectorial-segundo-semester-2023/>
- Feás, E. (2023). La guerra tecnológica EEUU-China y sus efectos sobre Europa. *Real Instituto Elcano*. <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-guerra-tecnologica-eeuu-china-y-sus-efectos-sobre-europa/>
- Feller, A., Shunk, D., & Callarman, T. (2006). Value chains versus supply chains. *BP trends*, 1(3), 165-173.

- Flaherty, N. (2021). Top ten analog chip makers in 2020. *eeNews Europe*. <https://www.eenewseurope.com/en/top-ten-analog-chip-makers-in-2020/>
- Fox, C. (2020). Intel's next-generation 7nm chips delayed until 2022. *BBC*. <https://www.bbc.com/news/technology-53525710>
- Gaire, U. S. (2023). Application of Artificial Intelligence in the Military: An Overview. *Unity Journal*, 4(01), 161-174.
- Gato, S. (2022). Supply Chain de productos tecnológicos en la UE: riesgos y posibles soluciones. *Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*. Universidad Pontificia Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/56953/TFG%20-%20Gato%20Carmona%2C%20Sergio.pdf?sequence=2>
- Gereffi, G., & Fernandez-Stark, K. (2016). Global value chain analysis: a primer.
- Gereffi, G. (2021). Implementing Supply Chain Resiliency. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/353601184_Implementing_Supply_Chain_Resiliency
- Giorgis, L. P. (2019). Desarrollo de circuito integrado digital (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica Nacional).
- Heginbotham, E., Nixon, M., Morgan, F. E., Heim, J. L., Hagen, J., Li, S., ... & Morris, L. J. (2015). The US-China military scorecard: Forces, geography, and the evolving balance of power, 1996–2017. *Rand Corporation*.
- Holton, C., & Thoss, A. (2020). Market Insights: TRUMPF is riding the tiger. *Laser Focus World*. <https://www.laserfocusworld.com/lasers-sources/article/16548167/market-insights-trumpf-is-riding-the-tiger>
- IC Insights (s.f.). Report Contents and Summaries | Semiconductor Market Research. <https://www.icinsights.com/services/mcclean-report/report-contents/#11>

- Investing.com (2024). Cuenta de Resultados de SMIC (0981). <https://es.investing.com/equities/smhc-income-statement>
- Iyengar, R. (2024). Semiconductor Fabs and Chips Acts Cut China Out of the Supply Chain. *Foreign Policy*. <https://foreignpolicy.com/2024/02/08/chips-act-us-eu-ttc-china-japan-germany-tsmc-intel/>
- Jiang, B., Rigobon, D., & Rigobon, R. (2022). From just-in-time, to just-in-case, to just-in-worst-case: Simple models of a global supply chain under uncertain aggregate shocks. *IMF Economic Review*, 70(1), 141-184.
- Jiménez, M. (2024). Arm se dispara hasta un 64% en Bolsa tras elevar sus previsiones por la IA. *El País*. <https://elpais.com/economia/2024-02-08/arm-se-dispara-un-26-en-bolsa-tras-elevar-sus-previsiones-por-la-inteligencia-artificial.html>
- Kamakura, N. (2022). From globalising to regionalising to reshoring value chains? The case of Japan's semiconductor industry. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, vol. 15, no 2, p. 261-277:
- Kang, J. (2010). A Study of the DRAM Industry. *Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology*.
- Konczal, M. (2023). Inflation in 2023: Causes, Progress, and Solutions.
- Lamp, N. (2019). How should we think about the winners and losers from globalization? Three narratives and their implications for the redesign of international economic agreements. *European Journal of International Law*, 30(4), 1359-1397.
- Layne, C. (2018). The US–Chinese power shift and the end of the Pax Americana. *International Affairs*, 94(1), 89-111.
- Lehmann, G. (s.f.). Materiales semiconductores intrínsecos. Impurezas en el sólido cristalino. Niveles de energía. Juntura P-N
- Lim, J. (2021). Semiconductor: The Foundation of Modern Technologies. *POEMS*. <https://www.poems.com.sg/market-journal/semiconductor-the-foundation-of-modern-technologies/>

- López, J. C. (2023a). TSMC no da abasto para fabricar chips de 3 nm y necesita remediarlo en 2024. Solo un cliente los tiene. . . *Xataka*. <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/tsmc-no-da-abasto-para-fabricar-chips-3-nm-necesita-remediarlo-2024-solo-cliente-tiene-asegurados-apple>
- López, J. C. (2023b). Vuelve la guerra de los nanómetros: TSMC asegura que su nodo de 3 nm es equiparable al de 1,8 nm de Intel. *Xataka*. <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/vuelve-guerra-nanometros-tsmc-asegura-que-su-nodo-3-nm-equiparable-al-1-8-nm-intel>
- López, J. C. (2023c). Las sanciones de EEUU quieren mandar a China a la obsolescencia de los chips. Y lo están. *Xataka*. <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/china-tiene-grave-problema-industria-chips-sabe-va-cinco-generaciones-detras>
- López, J. C. (2023d). China prepara su mayor contragolpe: invertirá 41.000 millones de dólares para tener sus propios equipos. *Xataka*. <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/china-prepara-su-mayor-contragolpe-invertira-41-000-millones-dolares-para-tener-sus-propios-equipos-litografia>
- López, J. C. (2023e). Qué podemos esperar de la máquina de litografía más avanzada del mundo que ASML acaba de entregar a Intel. *Xataka*. <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/que-podemos-esperar-maquina-litografia-avanzada-mundo-que-asml-acaba-entregar-a-intel>
- Macau Business. (2023). Global Total Semiconductor Equipment Sales Forecast to Reach Record \$124 Billion in 2025, SEMI Reports | Macau Business. <https://www.macaubusiness.com/global-total-semiconductor-equipment-sales-forecast-to-reach-record-124-billion-in-2025-semi-reports/>
- Macro Polo (2020) AI chips: Supply chain Mapping - MacroPolo. <https://macropolo.org/digital-projects/supply-chain/ai-chips/ai-chips-supply-chain-mapping/>
- MacroTrends (2024). NVIDIA Revenue 2010-2024. <https://www.macrotrends.net/stocks/charts/NVDA/nvidia/revenue>

- Maizland, L. (2023, 18 abril). Why China-Taiwan relations are so tense. *Council on Foreign Relations*. <https://www.cfr.org/backgrounder/china-taiwan-relations-tension-us-policy-biden>
- MarketScreener (2024). SMIC, el mayor fabricante de chips de China, registra una caída del 55% en su beneficio neto trimestral. <https://es.marketscreener.com/cotizacion/divisas/UNITED-STATES-DOLLAR-B-CH-35467117/noticia/SMIC-el-mayor-fabricante-de-chips-de-China-registra-una-ca-da-del-55-en-su-beneficio-neto-trimes-45891816/>
- MarketScreener (s.f.). ASML Holding N.V. – Resumen de Negocios. <https://es.marketscreener.com/cotizacion/accion/ASML-HOLDING-N-V-12002973/empresa/>
- Mazewski, M. & Flores, C. (2022). Economic Impacts of the CHIPS for America Act. *Data for progress*. https://www.filesforprogress.org/memos/USICA_Semiconductors.pdf
- Mcloughlin, M. (2019). La verdadera historia tras la guerra del 5G (y el veto a Huawei): todo lo que debes saber. *El Confidencial*. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2019-06-02/huawei-5g-nokia-ericsson-lucha-mundial_2043234/
- Miller, C. (2022). Chip war: the fight for the world's most critical technology. *Scribner*.
- Mira, M. (2023). Applied Materials, un proveedor imprescindible para los creadores de chips. *Estrategias de Inversión*. <https://www.estrategiasdeinversion.com/analisis/bolsa-y-mercados/acciones-para-invertir/applied-material-un-proveedor-imprescindible-para-n-645347>
- Mordor Intelligence (2023). Semiconductor Foundry Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029). <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/semiconductor-foundry-market>

- Mozur, P. (2018). Inside a Heist of American Chip Designs, as China Bids for Tech Power. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2018/06/22/technology/china-micron-chips-theft.html>
- National Security Council (2015). National Security Strategy. *Executive Office of the President of the United States*. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/docs/2015_national_security_strategy_2.pdf
- National Security Council (2022). National Security Strategy. *Executive Office of the President of the United States*. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/Biden-Harris-Administrations-National-Security-Strategy-10.2022.pdf>
- Nellis, S. & Alper, A. (2019). U.S.-based chip-tech group moving to Switzerland over trade curb fears. *Reuters*. <https://www.reuters.com/article/idUSKBN1XZ165/>
- Nellis, S., Lee, J. & Sterling, T. (2021). Exclusive: U.S.-China tech war clouds SK Hynix's plans for a key chip factory. *Reuters*. <https://www.reuters.com/technology/exclusive-us-china-tech-war-clouds-sk-hynixs-plans-key-chip-factory-2021-11-18/>
- Patnaik, S. (2024). Nvidia Flirts With \$2 Trillion Valuation as Rapid Ascent Extends. *Bloomberg*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-02-23/nvidia-set-to-top-2-trillion-valuation-in-first-for-chipmakers?embedded-checkout=true>
- Pedroletti, D., & Ciabuschi, F. (2023). Reshoring: A review and research agenda. *Journal of Business Research*, vol. 164, p. 114005:
- Pegoraro, D., De Propris, L., & Chidlow, A. (2022). Regional factors enabling manufacturing reshoring strategies: a case study perspective. *Journal of International Business Policy*, 5(1), 112-133.
- Pérez, E. (2019, 23 mayo). Las empresas de tecnología frente a Huawei: así han reaccionado todas ellas para cumplir con el bloqueo. *Xataka*. <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/empresas-tecnologia-frente-a-huawei-esta-postura-cada-ellas-para-cumplir-bloqueo-eeuu>

- Petricevic, O., & Teece, D. J. (2019). The structural reshaping of globalization: Implications for strategic sectors, profiting from innovation, and the multinational enterprise. *Journal of International Business Studies*, 50, 1487-1512.
- Piatanesi, B., & Arauzo-Carod, J. M. (2019). Backshoring and nearshoring: An overview. *Growth and Change*, 50(3), 806-823.
- Politi, J. & Stacey, K. (2020). US escalates China tensions with tighter Huawei controls. *Financial Times*. <https://www.ft.com/content/c284ee77-ddae-4133-b6a7-4b7443d94109>
- Porter, M. E. (2001). The value chain and competitive advantage. *Understanding business processes*, 2, 50-66.
- Precedence Research (2023). *Semiconductor market size to surpass USD 1,883.7 billion by 2032*. <https://www.precedenceresearch.com/semiconductor-market>
- Quinn, J.B. 2000. Outsourcing innovation: the new engine of growth. *Sloan Management Review*, 41 (4): 13-28. <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/15110/2017000001682.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rupp, K. (2022). Moore's law: The number of transistors per microprocessor. *Our World In Data*. <https://ourworldindata.org/grapher/transistors-per-microprocessor>
- Semiconductor Industry Association (2024). U.S. Semiconductor Ecosystem Map. <https://www.semiconductors.org/u-s-semiconductor-ecosystem-map/>
- Semiconductor Industry Association (2023). State of the U.S. semiconductor industry. https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2023/08/SIA_State-of-Industry-Report_2023_Final_080323.pdf
- Semiconductor Industry Association (2021). Comments of the Semiconductor Industry Association (SIA) On the Department of Commerce "Notice of Request for Public Comments on Risks in the Semiconductor Supply Chain" <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/11/SIA-Response-to-Commerce-RFI-on-Semiconductor-Supply-Chain-Risks.pdf>

- Sempere, C. M. (2011). La industria de defensa. Principales características y eficiencia de un sector estratégico. *Economia. Industrial*, 388, 169-182.
- Schmidt, E. (2022). AI, great power competition & national security. *Daedalus*, 151(2), 288-298.
- Shattuck, T. J. (2021). Stuck in the Middle: Taiwan's Semiconductor Industry, the US-China Tech Fight, and Cross-Strait Stability. *Orbis*, 65(1), 101-117.
- Shead, S. (2021). Investors are going wild over a Dutch chip firm. And you've probably never heard of it. *CNBC*. <https://www.cnbc.com/2021/11/24/asml-the-biggest-company-in-europe-youve-probably-never-heard-of.html>
- Sheldon, R. (2022). What is a Microchip. *Techtarget*. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/microchip>
- Siswanti, A., Sundari, S., & Uksan, A. (2022). The Role of Strategic Industries in Improving the National Economy to Support National Defense. *International Journal of Arts and Social Science*.
- Skonieczny, A. (2018). Emotions and political narratives: Populism, Trump and trade. *Politics and governance*, 6(4), 62-72.
- Slotta, D. (2023). Sales revenue share of Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC) from 2017 to 2022, by region. *Statista* <https://www.statista.com/statistics/1033678/sales-revenue-share-of-semiconductor-manufacturing-international-corporation-smic-by-region/>
- Steiner, L., Jung, M., Huonker, M., & Wehn, N. (2022). Unveiling the Real Performance of LPDDR5 Memories.
- Stiglitz, J. (2012) *The Price of Inequality: How Today's Divided Society Endangers Our Future*. 2nd Edition, W.W. Norton & Company, New York.
- Sun, L. (2023). Could United Microelectronics Become the Next TSMC?. *NASDAQ*. <https://www.nasdaq.com/articles/could-united-microelectronics-become-the-next-tsmc>

Team Counterpoint (2023). Global Semiconductor Foundry Revenue Share: Q3 2023. *Counterpoint Technology Market Research*. <https://www.counterpointresearch.com/insights/global-semiconductor-foundry-market-share/>.

The White House (2022a). FACT SHEET: The Biden-Harris administration's national security strategy. *The White House*. https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/10/12/fact-sheet-the-biden-harris-administrations-national-security-strategy/#_blank

The White House (2022b). FACT SHEET: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China. <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/>

TrendForce (2024). [News] SMIC's Net Profit Halved Last Year, Faces Further Reductions This Year. <https://www.trendforce.com/news/2024/02/07/news-smics-net-profit-halved-last-year-faces-further-reductions-this-year/>

Tseng, G. (2021). 3Q21 Revenue of Global Top 10 IC Design (Fabless) Companies Reach US\$33.7 billion, Four Taiwanese Companies Make List, Says TrendForce. *TrendForce*. <https://www.trendforce.com/presscenter/news/20211216-11059.html>

TSMC (2022). TSMC Announces Updates for TSMC Arizona. <https://pr.tsmc.com/english/news/2977>

U.S. Department of Justice (2022). 9-90.000 - National Security. <https://www.justice.gov/jm/jm-9-90000-national-security#:~:text=National%20security%20encompasses%20the%20national,internal%20security%2C%20and%20foreign%20relations.>

Valdeomillos, C. (2022). NOTICIAS Los tres principales fabricantes de memoria DRAM sumaron el 94% del mercado en 2021. *MuyComputerPRO*. <https://www.muycomputerpro.com/2022/05/25/fabricantes-memoria-dram-94-mercado-2021>

- Van Zant, P. (2014). *Microchip fabrication*, 6th edition. *McGraw-Hill Education*.
- Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., Yinug, F. (2020) Government incentives and us competitiveness in semiconductor manufacturing. *Boston Consulting Group & Semiconductor Industry Association*.
- Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., Yinug, F. (2021) Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era. *Boston Consulting Group & Semiconductor Industry Association*. https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf
- Vogel, E. F. (2011). *Deng Xiaoping and the transformation of China*. *Harvard University Press*.
- Wiesmann, B., Snoei, J. R., Hilletoft, P., & Eriksson, D. (2017). Drivers and barriers to reshoring: a literature review on offshoring in reverse. *European Business Review*, 29(1), 15-42.
- Yang, Z. (2022). El software, la nueva batalla de la guerra de los chips entre China y EE UU. *MIT Technology Review*. <https://www.technologyreview.es/s/14530/el-software-la-nueva-batalla-de-la-guerra-de-los-chips-entre-china-y-ee-uu>