



Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

Grado en Relaciones  
Internacionales

Trabajo Fin de Grado

# Política Industrial de Semiconductores

Entendiendo el conflicto tecnológico  
moderno

Estudiante: Diego Portillo Quesada

Director: Prof. Carlos Victoria Lanzón

Madrid, Abril 2024

## **Resumen Ejecutivo**

El avance de la tecnología de semiconductores y la intensificación de la guerra comercial y tecnológica entre China y EE. UU. han desencadenado una nueva era de rivalidad geopolítica y política industrial. La ruptura de las cadenas de suministro en 2020-2022, combinada con la mayor beligerancia china con el conflicto de Taiwán, han llevado a los legisladores de las principales economías a securitizar la cuestión de los semiconductores e intentar minimizar el riesgo a su propio suministro. En respuesta a la concentración de la producción en Taiwán y las amenazas de invasión, se están diseñando estrategias para repatriar la producción de semiconductores a sus propios países o en su defecto a países aliados. En este contexto, este trabajo de investigación analiza la situación actual de la industria de los semiconductores, las principales tensiones geopolíticas que ha generado, y los nuevos planes industriales elaborados por las grandes potencias, ofreciendo una perspectiva crítica sobre los desafíos y oportunidades a las que se enfrentan en esta nueva era de competición entre potencias.

## **Abstract**

The advancement of semiconductor technology and the intensification of the trade and technological war between China and the U.S. have triggered a new era of geopolitical rivalry and industrial policy. The disruption of supply chains in 2020-2022, coupled with increased Chinese assertiveness regarding the Taiwan conflict, has led policymakers in major economies to securitize the issue of semiconductors and attempt to minimize the risk to their own supply. In response to the concentration of production in Taiwan and invasion threats, strategies are being devised to repatriate semiconductor production to their own countries or alternatively to allied nations. In this context, this research work analyzes the current situation of the semiconductor industry, the main geopolitical tensions it has generated, and the new industrial plans developed by major powers, offering a critical perspective on the challenges and opportunities they face in this new era of great power competition.

1.	Introducción .....	4
2.	Marco Conceptual .....	5
3.	Metodología .....	7
4.	Industria de los semiconductores .....	8
4.1.	<b>Cadena de Valor de semiconductores</b> .....	8
4.2.	<b>“Real Men have Fabs”:</b> Nacimiento y desarrollo del modelo Foundry.....	12
4.3.	<b>Principales participantes globales</b> .....	13
4.3.1.	<b>TSMC</b> .....	13
4.3.2.	<b>Samsung Electronics</b> .....	15
4.3.3.	<b>Intel</b> .....	16
4.3.4.	<b>SMIC</b> .....	19
4.3.5.	<b>NVIDIA</b> .....	20
4.3.6.	<b>Advanced Micro Devices (AMD)</b> .....	22
4.3.7.	<b>Otros actores menores</b> .....	23
4.4.	<b>Litografía de Inmersión y tecnología Extreme UltraViolet</b> .....	24
4.5.	<b>Nuevas tendencias: IA, Criptomonedas, Supercomputación</b> .....	26
4.6.	<b>Aplicaciones Militares</b> .....	28
5.	Cadenas de suministro de semiconductores.....	29
5.1.	<b>Estado actual de las cadenas de suministro</b> .....	29
5.2.	<b>Taiwán: Cuello de botella global</b> .....	30
5.3.	<b>Shock de 2020-2023</b> .....	32
5.3.1.	<b>Automóviles</b> .....	32
5.3.2.	<b>Electrónica de Consumo</b> .....	33
5.3.3.	<b>Tarjetas Gráficas</b> .....	33
5.4.	<b>Consecuencias del Friendshoring para el comercio internacional</b> .....	34
6.	Modelos Legislativos .....	36
6.2	<b>Estados Unidos</b> .....	36
6.3	<b>Unión Europea</b> .....	38
6.4	<b>China</b> .....	40
7.	Conclusiones y Recomendaciones .....	42
8.	Bibliografía.....	44

# 1. Introducción

En las últimas siete décadas, los semiconductores han desempeñado un papel integral en el avance tanto tecnológico como económico a escala global. Sin embargo, su importancia ha adquirido una relevancia sin precedentes para los gobiernos mundiales tras las interrupciones en el suministro durante e inmediatamente después de la pandemia del COVID-19, lo que ha evidenciado la vulnerabilidad de las cadenas de suministro. Este reconocimiento se fundamenta en la omnipresencia de los semiconductores en una amplia variedad de aplicaciones, desde dispositivos comerciales como equipos de telecomunicaciones y automoción hasta aplicaciones militares de última generación, lo que los sitúa en el centro de las discusiones geoestratégicas. Más allá de su papel como impulsores del progreso tecnológico y económico, ahora se los está considerando como esenciales para la seguridad nacional.

Tras décadas caracterizadas por la globalización y la externalización de la producción, las potencias mundiales están redefiniendo sus estrategias hacia un enfoque de *nearshoring* o *friendshoring*. Esta nueva orientación supone un cambio desde la globalización, la cual buscaba la diversificación y la búsqueda del menor coste hacia una estrategia que prioriza la seguridad y la autonomía en la producción de materiales estratégicos, negando su acceso a los rivales. Aunque este cambio podría proporcionar una sensación de seguridad, plantea interrogantes respecto a su impacto en la eficiencia y la resiliencia de las cadenas de suministro globales, así como en las dinámicas geopolíticas entre estados.

El propósito central de esta investigación es llevar a cabo un análisis detallado del panorama actual de la industria de los semiconductores, con un enfoque particular en las cadenas de suministro que la sustentan. Para lograr este objetivo, se explorará la estructura de la industria, identificando a los principales actores y examinando las estrategias industriales concebidas por las principales potencias, como Estados Unidos, la Unión Europea y China, así como la opinión de las grandes organizaciones internacionales sobre este viraje hacia el proteccionismo. Este análisis permitirá comprender mejor los desafíos y oportunidades que enfrenta la industria de los semiconductores en un contexto geopolítico cada vez más complejo y dinámico.

## 2. Marco Conceptual

Debido al extenso uso de tecnicismos relacionados con los semiconductores y sus diferentes tecnologías, he decidido incluir este apartado para que todos los lectores, con independencia de su nivel de familiaridad con el sector, puedan comprender claramente el contenido del trabajo.

- **Transistor**

Inventado en Bell Labs en 1947, el transistor es un componente electrónico formado por tres terminales (base, emisor, colector) que permite amplificar, conmutar y controlar señales eléctricas entre dos terminales mediante la manipulación del tercer terminal.

- **Ley de Moore**

Se trata de una observación realizada por Gordon E. Moore, cofundador de Intel, que estimaba que los transistores en los circuitos integrados se duplicarían cada dos años con aumentos mínimos de costes (Moore, 1965). Esta observación se ha mantenido desde su enunciación en 1965 y se ha convertido en un objetivo de la industria, la cual ha evitado la muerte de la ley mediante la constante innovación tecnológica.

- **Tamaño de Chips**

Los chips se clasifican según el tamaño de los transistores que contienen, los cuales han ido reduciéndose acorde a la ley de Moore. Actualmente el tamaño de los transistores se mide en nanómetros, los cuales representan  $1 \times 10^{-9}$  m o una mil millonésima de metro, siendo los más avanzados los chips de 5 nm. Debido a los cambios en densidad de transistores de los chips, el tamaño de estos es directamente proporcional a la velocidad, potencia y eficiencia energética. Se estima que el límite para el tamaño de los transistores de un chip se sitúa alrededor del diámetro de los átomos, entre 0,1 y 0,5 nanómetros.

- **Fab / Fabless**

El término Fab es una abreviatura del término “fabrication” y hace referencia a una fábrica en la que se producen chips.

*Fabless* es el término con el que se hace referencia a aquellos diseñadores de chips que no cuentan con capacidad productiva propia y envía sus diseños a fabricantes foundry para que se los fabriquen.

- **Foundry**

Se conoce como foundry a un sistema de producción de semiconductores bajo contrato para empresas de semiconductores. El modelo foundry centra sus ventajas competitivas en la mayor capacidad para implementar los procesos de fabricación más avanzados al ahorrarse los altos costes de I+D+i del diseño de semiconductores.

- **Central Processing Unit (CPU)**

CPU o *Central Processing Unit*, es un tipo de chip que realiza la mayoría de las operaciones de procesamiento y ejecución de instrucciones para ejecutar programas y procesar datos. La microarquitectura de las CPUs les permite hacer multitud de tareas complejas de manera secuencial acorde a líneas de instrucciones o “hilos”, los cuales se ejecutan a una velocidad expresada en Gigahercios (ciclos por nanosegundos).

Los principales fabricantes de CPUs son Intel, AMD, Qualcomm y ARM, aunque se estima que muchas empresas tecnológicas empiecen a diseñar sus propios chips como ha sido el caso de Apple con su *Apple Silicon*.

- **Graphic Processing Unit (GPU)**

GPU o *Graphic Processing Unit*, es un tipo de chip especializado en operaciones para el procesamiento y renderización de imágenes mediante cálculos matriciales o transformaciones geométricas. La microarquitectura de estos chips les permite hacer un número masivo de operaciones de forma paralela, utilizando miles de núcleos simples que realizan operaciones más simples que una CPU, pero de manera simultánea.

Pese a que originalmente fueron concebidas para el procesamiento de imágenes y gráficos para videojuegos, la microarquitectura de estos chips lo ha hecho ideales para el procesamiento de datos, análisis de grandes volúmenes de información y computación de alto rendimiento y el entrenamiento de modelos de inteligencia artificial.

Los principales fabricantes de GPUs son NVIDIA, AMD e Intel, con la posibilidad de que los grandes operadores de centros de datos empiecen a diseñar y usar sus propias GPUs personalizadas a sus necesidades.

- **Chips de Memoria (RAM/DRAM/NAND)**

Los chips de memoria, como la DRAM (*Dymanic Random Access Memory*) o la NAND Flash, son componentes esenciales en sistemas informáticos y dispositivos electrónicos. La principal utilidad de estos consiste en almacenar información necesaria

para el funcionamiento del sistema, ya sea guardando archivos y aplicaciones (NAND) como ofreciendo almacenamiento rápido y accesible para programas en ejecución (DRAM). La densidad de transistores en este tipo de chips se traslada a una mayor capacidad de almacenamiento, mayores velocidades de lectura/escritura y mayores eficiencias energéticas.

Los principales productores de chips de memoria son Samsung Electronics, Micron Technology, y SK Hynix.

- **Litografía de inmersión**

La litografía es un proceso de fabricación de chips que utiliza láseres para imprimir diseños en obleas de silicio fotoreactivas (ASML, 2024). Existen diferentes tecnologías de litografía dependientes del tipo de láser o luz que se utiliza, siendo la tecnología más avanzada la conocida como *Extreme UltraViolet* (EUV) de ASML.

La litografía de inmersión hace referencia a una técnica por la cual se aumenta la definición de impresión añadiendo un líquido más refractivo que el aire entre el láser y la oblea.

### **3. Metodología**

La metodología de este trabajo se va a centrar en la revisión de la literatura académica relacionada con las cadenas de suministro de semiconductores, así como el análisis de la estructura del sector y de las principales empresas a nivel mundial. Además, se analizará la documentación técnica relevante sobre los distintos tipos de semiconductores que se fabrican junto a sus aplicaciones correspondientes. Por último, se revisarán las propuestas legislativas de las principales potencias económicas (EE. UU., China, UE) y publicaciones relevantes por parte de organizaciones internacionales para ver las diferentes políticas industriales en materia de semiconductores y sus posibles efectos para la economía global.

El propósito fundamental de este trabajo es profundizar en la comprensión de la relevancia de los semiconductores en el contexto de la economía moderna y el conflicto tecnológico chino-americano. Se busca identificar los eventos y tendencias que han llevado a esta nueva carrera tecnológica y comprender las razones subyacentes que han llevado a los legisladores a considerar a los semiconductores como un elemento crucial para la seguridad nacional.

## 4. Industria de los semiconductores

Este capítulo del trabajo va a estar orientado a mostrar la estructura actual de la industria de los semiconductores mediante un análisis de los principales actores a nivel global y un breve desarrollo histórico centrado en explicar cómo se ha llegado a la situación actual de dependencia en Taiwán y la guerra tecnológica.

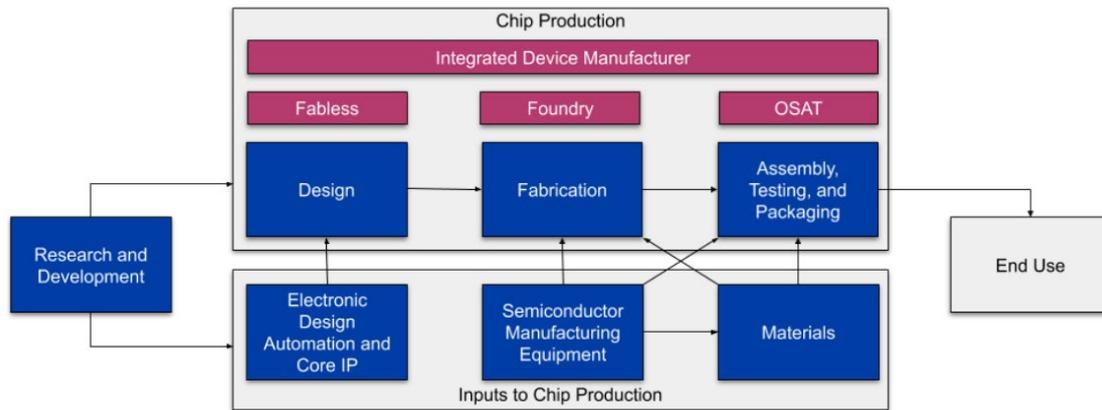
La industria de los semiconductores tiene un volumen de mercado total en 2023 de USD\$526,8bn según datos de la *Semiconductor Industry Association*, con una reducción del 8,2% YoY debido a una reducción en la demanda de semiconductores después del periodo de escasez de 2020-2022 debido a altos inventarios en cliente. A lo largo de este trabajo se va a hablar de las diferentes tendencias emergentes que están impulsando la industria, así como las diferentes medidas que se están tomando para evitar futuras crisis de suministro y aumentar

El aumento del interés de los semiconductores para su aplicación en Inteligencia Artificial está volviendo a elevar las perspectivas del mercado, que según McKinsey requeriría el suministro de entre 1,2 y 3,6 millones de obleas de silicio con tecnología de 3 nm e inferiores para 2030, lo que necesitaría entre tres y seis nuevas fabs en todo el mundo (Burkacky, Pototzky, Patel, Tang, & Vrijen, 2024).

### 4.1. Cadena de Valor de semiconductores

La cadena de valor de los semiconductores es un proceso complejo que abarca diferentes etapas para la creación de componentes electrónicos para su uso en multitud de aplicaciones. Pese a la existencia de multitud de fabricantes integrados de semiconductores como Intel, el desarrollo histórico de la industria la ha llevado hacia una especialización por segmento con el fin de ahorrar costes y aumentar la eficiencia, lo que se explicará en el siguiente apartado.

Los expertos diferencian 4 fases específicas dentro de la cadena de valor, siendo el esquema del informe “The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness” del CSET (Khan, Mann, & Peterson, 2021) considerado el más idóneo como referencia a lo largo de este trabajo.



Note: Blue: Supply chain segment; Purple: Business model for production

Fuente: Center for Security and Emerging Technology (Khan, Mann, & Peterson, 2021).

Como sector transversal para todos los eslabones de la cadena de valor nos encontramos con I+D+i, que se centra en el estudio de mejoras técnicas en los procesos productivos que permiten avanzar la tecnología de semiconductores.

Pasando a los eslabones individuales nos encontramos con Diseño, Fabricación, y Ensamblaje y testeado, que requieren de diferentes inputs para su desarrollo:

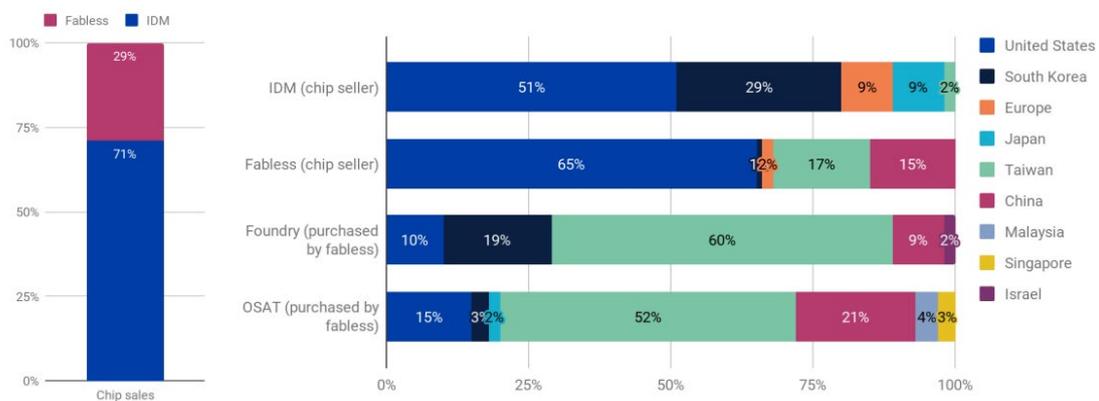
- **Diseño:** Este segmento está orientado a la creación de los diferentes diseños de circuitos electrónicos que serán imprimidos en las obleas de silicio una vez llegados al fabricante. Los principales inputs de este segmento incluyen software especializado para el diseño, validación y verificación de los diseños, que ganan en complejidad cada generación dada la enorme cantidad de transistores y circuitos que se integran a escala nanométrica en cada chip. El producto final de este proceso es un diseño electrónico que es enviado a Fabricación.
- **Fabricación:** Este segmento está orientado a la impresión de diseños en obleas de silicio en las llamadas *fabs* mediante el uso de máquinas de litografía, las cuales utilizan láseres para ir grabando las diferentes capas en la superficie foto reactiva de las obleas de silicio. Los principales inputs para esta industria son las máquinas de litografía para grabar los diseños, las obleas de silicio de alta pureza y multitud de materiales y componentes químicos necesarios para tratar las obleas. El producto final de este segmento son obleas de silicio con diseños impresos que se envían para ensamblar.
- **Ensamblaje, testeado y empaquetado:** Este segmento se encarga de recortar las distintas obleas terminadas en los diferentes chips, los cuales se empaquetan en carcasas que los protegen de los elementos y les permiten conectarse con otros

sistemas mediante el uso de pines conductores. Los principales inputs de este segmento son los materiales de las carcasas, componentes electrónicos y materiales de corte, ensamblaje y testeo de los chips terminados. El resultado final de este proceso es un chip listo para ser introducido en circuitos para su uso final.

Todos estos pasos se pueden dar conjuntamente en una sola compañía, a la que la industria se refiere como “Integrated Device Manufacturer” (IDM), o por diferentes compañías individuales, entre las cuales diferenciamos a los diseñadores “fables”, los productores “Foundry” y “Outsourced Semiconductor Assembly and Test” (OSAT).

En lo que respecta a especialización en los diferentes sectores, EE. UU. lidera la industria en el segmento IDM por la presencia de grandes empresas como Intel o Broadcom con un 51% de las ventas, *fables* por la presencia de multitud de compañías de Silicon Valley y otros polos tecnológicos. Taiwán tiene un especial dominio sobre el segmento de Foundry con un 60% de cuota de mercado, y OSAT con un 52%, aunque según otros informes la cuota de mercado de Taiwán y en especial TSMC puede subir hasta el 90% cuando nos fijamos en chips de última generación (5 nm o menores).

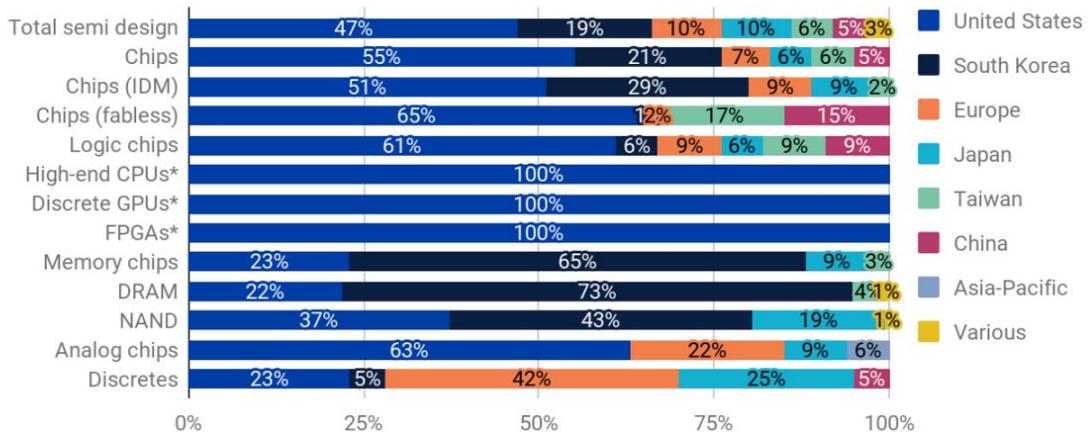
Figures 6 and 7: Chip sales and country shares by business model



Fuente: Center for Security and Emerging Technology (Khan, Mann, & Peterson, 2021).

Observando la distribución de la cuota de mercado respecto al origen de los diseños podemos ver el claro dominio de EE.UU. en todos los segmentos, en especial en los segmentos de CPUs de alto rendimiento, GPUs y FPGAs, sobre las cuales mantiene un dominio del 100%. También podemos ver la especialización surcoreana sobre los chips de memoria gracias al dominio de Samsung y SK Hynix, y la aparición de Europa como un jugador clave en el segmento de chips discreto con una cuota del 40%.

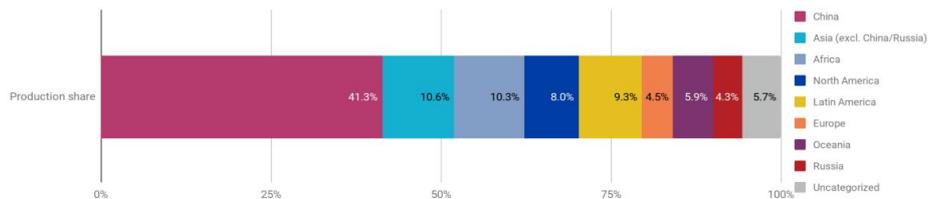
Figure 8: 2019 design shares by type and firm headquarters



Fuente: Center for Security and Emerging Technology (Khan, Mann, & Peterson, 2021).

Un área en el que China mantiene un dominio considerable respecto a Europa y Estados Unidos es en el sector de las materias primas para fabricar semiconductores, gracias a sus amplios depósitos de tierras raras y minerales estratégicos. China es incapaz de explotar esta ventaja en materias primas dadas las bajas capacidades en el resto de los segmentos de la cadena de valor y debido a las restricciones sobre la importación de equipamiento y tecnología.

Figure 28: 2019 total material production share by country/region (unweighted average)



Fuente: Center for Security and Emerging Technology (Khan, Mann, & Peterson, 2021).

Las materias primas son quizás el punto más débil de la cadena de los semiconductores para las potencias occidentales al estar dominado en gran medida por rivales, con cerca del 45% en manos de China y Rusia y sólo un 12,5% en territorio estadounidense y europeo. China ya está empezando a utilizar este poder para tomar represalias contra las restricciones estadounidenses, con controles sobre la exportación de germanio y galio (Reuters, 2023).

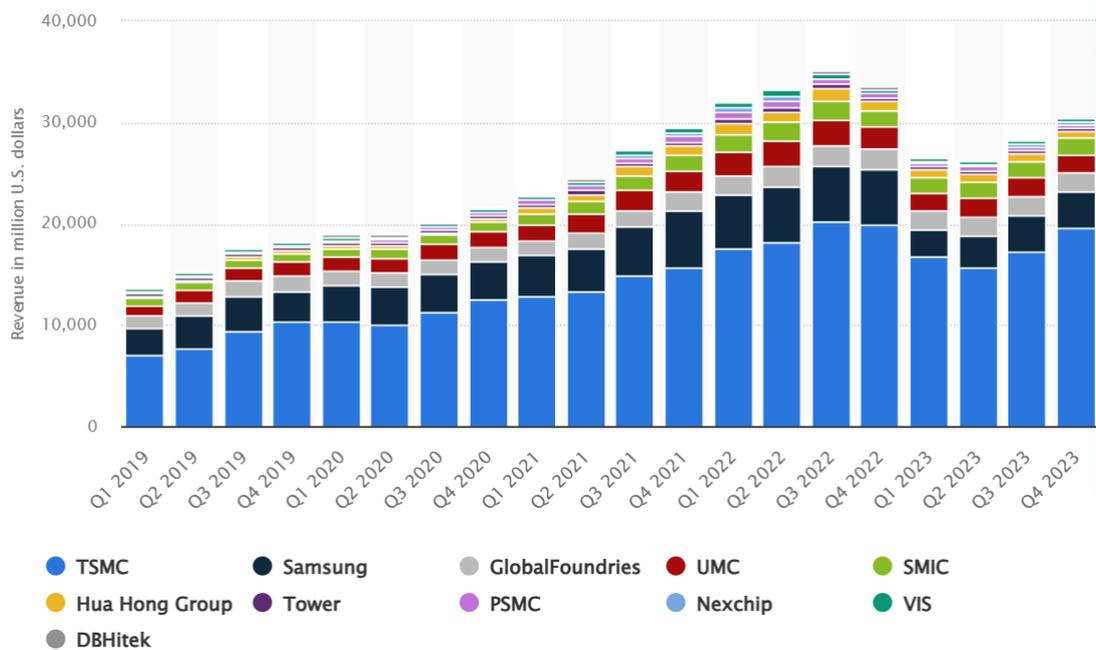
#### **4.2. “Real Men have Fabs”: Nacimiento y desarrollo del modelo Foundry**

La industria de los semiconductores en sus inicios se focalizó en el desarrollo de compañías con fabricación integrada o IDMs, las cuales recogían en su propia estructura los tres procesos de diseño, producción y empaquetado.

Las compañías pioneras en el sector como Texas Instruments, Fairchild Semiconductor y AMD sentaron las bases de la fabricación de semiconductores, estimando su ventaja competitiva en la posibilidad de adaptar la producción a sus diseños para conseguir la mayor eficiencia. Fue así como apareció la expresión “Real Men Have Fabs”, popularizada por el CEO y Cofundador de AMD Jerry Sanders para mostrar la importancia de la integración vertical de AMD y ridiculizar a los diseñadores fabless que dependían de la capacidad sobrante de IDMs alrededor del mundo.

En el artículo “Real Men Have Fabs” de Bloomberg de 1994 se introduce esta visión sobre la industria que enfatizaba la integración vertical y la capacidad productiva propia, hablando de cómo los diseñadores fabless estaban destinados a la ruina por la falta de capacidad (Hof, 1994). En este contexto se expresaba escepticismo sobre la viabilidad del sistema foundry por la falta de capacidad de personalizar la producción según las necesidades de sus clientes de la forma que lo hacen los IDM. Se cita a Frederick L. Zieber, presidente de Pathfinder Research Inc, el cual instó a las fabless a “invertir en fabs o morir”, una afirmación que se vio refutada con el tiempo gracias al éxito de los diseñadores fabless y a la ruina o pérdida de competitividad de la mayoría de IDMs (Hof, 1994). Para 2008 AMD, la compañía que más defendió este modelo de negocio, se vio obligada a vender su capacidad productiva y a convertirse en aquello que décadas atrás ridiculizó.

Pese a haber sido ridiculizado desde sus inicios, el modelo de Foundry se ha convertido en una parte integral y dominante de la industria de los semiconductores. Gracias a la especialización de los diferentes segmentos de la cadena de valor, tanto los diseñadores como los foundries han sido capaz de optimizar los gastos en I+D y hacer avanzar la industria para continuar con las innovaciones necesarias para mantener la Ley de Moore. Para finales de 2023 la industria de foundry, liderada por TSMC con una cuota de mercado del 65%, registró ingresos totales de USD\$ 31bn, menor que los máximos de 2022 pero en una aparente recuperación a causa de una escasez generalizada.



Fuente: (Statista, 2024)

### 4.3. Principales participantes globales

Este capítulo estará dedicado al análisis de las principales compañías a nivel mundial de la industria de los semiconductores, centrándose en aquellas con especial importancia para las políticas industriales y tensiones geopolíticas recientes.

#### 4.3.1. TSMC

Fundado en 1987 por el ingeniero chino americano Morris Chang y afincada en la isla de Taiwán, República de China, TSMC es el mayor fabricante de chips *Foundry* del mundo y el considerado como más avanzado por su capacidad de producir los chips con mayor densidad de semiconductores, actualmente de 3 nm. TSMC fue el producto de la estrategia industrial del gobierno taiwanés durante los años 70 que identificó los semiconductores como industria estratégica y destinó amplios recursos al Industrial Technology Research Institute (ITRI). Gracias a la inversión en I+D+i y la estrecha colaboración con compañías extranjeras, Taiwán pasó de depender de la agricultura para pasar a ser una economía líder en innovación con compañías como TSMC o United Microelectronics Corporation (UMC).

TSMC se estableció desde el primer momento como un fabricante bajo el modelo Foundry, el cual fue criticado en sus inicios por la creencia de que había que controlar el proceso productivo para poder fabricar los chips más avanzados (Hof, 1994).

Entre los clientes más importantes de TSMC podemos encontrarnos a los diseñadores más avanzados de semiconductores como NVIDIA, AMD o Qualcomm y a gigantes tecnológicos como Apple, el cual desde 2020 abandonó Intel para diseñar sus propios chips *Apple Silicon* para sus dispositivos. Pese a los grandes riesgos geopolíticos que supone TSMC, el fabricante taiwanés es el único del mundo capaz de producir los chips avanzados necesarios para las tareas de computación más intensivas y los mejores productos.

La capacidad y calidad de producción de TSMC en comparación con sus rivales es tal que incluso Intel confía en ellos para fabricar parte de sus chips de última generación por los constantes retrasos y problemas a los que se enfrenta (Yu, 2021). Intel y TSMC llevan décadas trabajando juntos en periodos en los que Intel no puede cubrir la demanda con su propia producción o es incapaz de adoptar las tecnologías más modernas, pero no fue hasta 2009 cuando decidió externalizar la producción de los CPUs Intel Atom, en aquel momento de gran importancia para la compañía por las dificultades generadas por la crisis financiera (Wired Staff, 2009).

Según el informe sectorial del negocio foundry de Counterpoint Research, TSMC domina el mercado con una cuota de mercado del 59% en 3Q2023, seguido por Samsung Electronics con un 13%, y UMC, Global Foundries y SMIC con un 6% cada uno (Team Counterpoint, 2023).

Según datos públicos de TSMC, la mayoría de las fabs de chips de última generación de la compañía se encuentran en la isla de Taiwán, estando a la espera de la construcción de un proyecto en Arizona de USD\$ 40 Billones para la construcción de dos fabs con capacidad para fabricar chips de 4 nm y 3 nm, los más avanzados. Pese al entusiasmo de la administración Biden por el proyecto, este ha sufrido multitud de retrasos, el más reciente a inicios de 2024, que retrasa el proyecto a 2025 para la de 4 nm y 2028 para la de 3 nm (Toh, 2024). A los retrasos hay que añadirle las dudas que tienen los analistas sobre la capacidad de producción que puedan tener estas dos fabs, dada la falta de personal cualificado y la ausencia de una industria complementaria como sí hay en la isla de Taiwán, aunque TSMC ha anunciado acuerdos con universidades locales como Arizona State para el desarrollo de capacidades técnicas.

En lo que respecta a cadenas de suministro para TSMC, esta depende de diferentes proveedores de materias primas, equipamiento y software necesario para la fabricación

de sus semiconductores. Los principales materiales de los que depende TSMC según su más reciente informe anual son: Obleas de silicio (6 empresas), químicos (12 empresas), materiales litográficos (7 empresas), gases (9 empresas), materiales de pulido (7 empresas) (TSMC, 2023). TSMC se beneficia de efectos de red generados el desarrollo paralelo de industrias complementarias y la presencia de muchos proveedores en la isla de Taiwán, entre los que nos podemos encontrar con United Microelectronics Corporation (UMC) o Global Wafers.

#### **4.3.2. Samsung Electronics**

Samsung Electronics es la subsidiaria del chaebol surcoreano Samsung orientado al desarrollo y producción de electrónica de consumo y electrodomésticos, empezando sus operaciones en 1969, para fabricar televisiones en blanco y negro orientado al mercado de exportación y ampliando sus operaciones al mercado de semiconductores poco después con la adquisición de Korea Semiconductor y Hankook Semiconductor en 1974 (Samsung, 2024). Actualmente fabrican todo tipo de dispositivos inteligentes y componentes electrónicos, pero dado el foco de este trabajo sólo se centrará en el negocio de componentes y foundry.

Como se ha mencionado antes y según el informe de Counterpoint Research, Samsung dispone actualmente de una cuota de mercado del 13%, muy por detrás del dominante 56% de TSMC, pero el doble que el resto de sus principales competidores.

El negocio de foundry de Samsung Electronics es capaz de producir chips para todo tipo de aplicaciones, aunque está especializado en chips de memoria DRAM y SSD y sensores para la propia Samsung Electronics, y otros diseñadores que también se incluyen en la lista de clientes de TSMC como Qualcomm, NVIDIA, Sony o AMD. El número de clientes del negocio foundry de Samsung se sitúa en 2022 en 150, el triple que en 2017 pero muy por debajo de los estimados 1.000 clientes de TSMC, aunque la retirada de Global Foundries de la carrera tecnológica y los problemas de Intel lo sitúan en el corto plazo en un cómodo segundo puesto.

Según los últimos resultados financieros publicados en Q4 2023, el negocio de foundry habría registrado ingresos de USD\$ 3,62bn (Statista, 2024), una caída del 2% YoY debido a una reducción de la demanda generalizada de chips y mayores inventarios en cliente final, mientras que el negocio de chips de memoria experimentó ingresos de USD\$21,21bn por la demanda para aplicaciones de IA (Samsung Electronics, 2024).

En la actualidad Samsung Electronics mantiene una capitalización de USD\$ 500bn

### 4.3.3. Intel

Fundado en 1968 por los pioneros Gordon Moore, Arthur Rock y Robert Noyce, y afincado en Santa Clara, California, Intel es uno de los pocos actores que todavía apuestan por un modelo integrado de diseño y fabricación propios, en el cual han basado su éxito desde hace décadas.

En la actualidad y según el último informe de resultados publicado, Intel reparte sus actividades entre tres distintos segmentos

- **Client Computing Group (CCG):** Responsables de diseñar, fabricar y vender productos de consumo personal como CPUs y GPUs. Actualmente supone la mayor parte de los ingresos de la compañía, registrando USD\$8,8bn en FY2023, un +33% YoY debido a la reestructuración de la gama de procesadores Intel Core y el lanzamiento de chips basados en tecnología ARM para competir contra Apple (Intel Corporation, 2024).
- **Data Center and AI Group (DCAI):** Responsables de diseñar, fabricar y vender soluciones de hardware y software para centros de datos, servidores y estaciones de trabajo de grado profesional, ofreciendo productos desde CPUs de la gama Xeon a soluciones de conectividad y almacenamiento. Registraron unos ingresos de USD\$4bn, un -10% YoY debido a la contracción del mercado de CPUs por la preferencia de los clientes por la inversión en GPUs para aplicaciones de IA (Intel Corporation, 2024).
- **Network and Edge Group (NEX):** Es la división encargada del diseño de soluciones para conectividad e Internet of Things (IoT), desarrollando chips para equipos de red y otros dispositivos de infraestructuras de telecomunicaciones. Registró unos ingresos de USD\$1,5bn, un -24% YoY debido a la debilidad de la demanda en el sector e inventarios de consumidores elevados (Intel Corporation, 2024).
- **Mobileye:** Es la división encargada del desarrollo y fabricación de sistemas de asistencia a la conducción y conducción autónoma. Ha registrado unos ingresos de USD\$637m, un aumento del +13%YoY gracias a la demanda del sistema EyeQ (Intel Corporation, 2024).
- **Intel Foundry Services (IFS):** La principal novedad del plan de reestructuración de la compañía, es un servicio de fabricación de chips para terceros usando la capacidad

sobrante de las fábricas de Intel. Han registrado unos tímidos ingresos de USD\$291m con un crecimiento YoY del +63%, aunque observando el margen operativo este se mantiene en negativo con un -39% debido a la necesidad de inversión en nuevos procesos avanzados (Intel Corporation, 2024).

Pese a haber gozado de medio siglo de dominancia en el sector de los semiconductores estadounidense, la compañía se encuentra reestructurando y racionalizando sus operaciones tras haberse quedado detrás de competidores como AMD o Qualcomm. Retrasos en la adopción de tecnologías de producción más modernas y por la pérdida del contrato para fabricar los chips para dispositivos Apple después de que anunciaran el lanzamiento de dispositivos con chips propietarios Apple Silicon. Estas dificultades vienen del previamente mencionado problema de tener diseño y fabricación incorporados en una única compañía, lo que ha hecho que Intel pierda competitividad frente a otros diseñadores de microprocesadores como AMD, Qualcomm 7 nm durante la pandemia hizo que Intel no pudiera aprovecharse del boom en la demandad de electrónica de consumo, problema que fue incrementado por la pérdida del contrato para fabricar chips para Apple (Prakash, 2023), que ha tenido gran éxito con los nuevos chips “Apple Silicon” que fabrica TSMC.

Según datos de la encuesta de hardware de Steam, plataforma por excelencia de videojuegos de ordenador con millones de usuarios, en febrero de 2024 Intel tenía una cuota de mercado del 67,08%, una caída del -6,48% respecto a la encuesta de octubre de 2023 (Valve Corporation, 2024). Respecto al mercado de servidores, datos de la firma Mercury Research muestran una cuota de mercado del 76,9%, aunque se habla de una mayor competitividad de los productos de AMD por su mayor número de núcleos y la posible decisión de los clientes de invertir más en GPUs que en CPUs (Martin, 2024)

La relación de Intel con TSMC siempre ha sido extraña dado que Intel ha confiado en el pasado en TSMC para cubrir huecos en su capacidad productiva. Intel ha contratado en el pasado a TSMC para externalizar parte de su producción de chips menos avanzados, aunque esta relación empezó a cambiar en 2009 cuando Intel decidió externalizar parte de la producción de sus preciados microprocesadores Intel Atom dadas las dificultades generadas por la gran crisis financiera (Associated Press, 2009). Actualmente estas colaboraciones continúan y son consideradas como pieza clave de la estrategia de Intel a futuro, con un chip que Intel llama “Ponte Vecchio” que utiliza componentes fabricados por TSMC y ensamblados por Intel en sus propias fábricas (Nellis, 2021).

Intel dispone en la actualidad de una capitalización de mercado de USD\$ 186bn, un 35% por debajo de los máximos registrados durante el rally de mercado de 2021 y la burbuja del Dotcom de 2001 donde registró máximos de USD\$ 70. La cotización actual de USD\$44 pese a ser más baja que en los periodos de bonanza se sitúa un 75% por encima de los mínimos de 2023 gracias a la recuperación de los beneficios, la ola de subsidios industriales por parte del gobierno americano y la reestructuración de la compañía.

Intel es de elevada importancia para este análisis no sólo por su larga historia en la industria de los semiconductores sino debido a su posicionamiento como el mayor benefactor de la política industrial estadounidense. Intel es la única compañía con capacidad productiva de semiconductores a escala en EE. UU., habiendo recibido en marzo de 2024 un total de USD\$8,5bn en subsidios y USD\$ 11bn en préstamos federales para desarrollar nuevas fabs en el país, que se unen a los USD\$ 100bn destinados por Intel para los próximos cinco años (Acton & Politi, 2024).

El aumento de la capacidad de Intel también es positivo para la diversidad de diseñadores *fabless* de EE. UU., los cuales han estado limitados a las fabs de Corea y Taiwán y podrían ver la oferta de Intel como competitiva y segura dada su cercanía, como ha declarado Microsoft en febrero al elegir a Intel como su futuro fabricante de chips IA (Knight, 2024). También es positivo para la economía local de regiones como el *Rustbelt*, los cuales han sufrido los efectos de la deslocalización y desindustrialización y se han convertido en importantes *swing states* en las elecciones presidenciales (Fedor, 2023), dados los miles de trabajos que genera la construcción y la operación de estos centros una vez completados.

En lo que respecta a las cadenas de suministro de Intel, dependen de una gran diversidad de suministradores tanto de materias primas como químicos, obleas de silicio y maquinaria especializada, como de componentes semiterminados como se ha mostrado anteriormente con el plan “Ponte Vecchio”. Según el informe de CSR de 2023-2024, en la actualidad Intel depende de 9.000 suministradores en 85 países, de los cuales el 45% vienen de las Américas, 29% de Asia Pacífico y 25,44% de EMEA (Intel Corporation, 2023).

#### 4.3.4. SMIC

Semiconductor Manufacturing International Corporation o SMIC es el mayor fabricante foundry de semiconductores en China Continental y el quinto del mundo, con una cuota de mercado estimada en el 5% y con capacidad de producir chips de 7 nm y la posibilidad de llegar a los 5 nm pese a las sanciones estadounidenses para 2024 con la colaboración con Huawei (Liu Q. , China on cusp of next-generation chip production despite US curbs, 2024).

SMIC tiene una historia similar a TSMC, fundada en el año 2000 por un ingeniero chino-americano procedente de Texas Instrument tras ser invitado por el gobierno chino para ayudar al país a solventar la brecha tecnológica con EE. UU. Gracias al respaldo del gobierno chino y la demanda interna de semiconductores, SMIC ha logrado establecerse como un líder nacional de los semiconductores y cerrar la brecha tecnológica con sus rivales.

Entre los mayores clientes de SMIC se encuentra la tecnológica Huawei, la cual confía en SMIC para fabricar los chips que equipan sus teléfonos y su equipamiento de telecomunicaciones, ambos sancionados por EE. UU. en 2019 por seguridad nacional (Lohr, 2019). El desarrollo del procesador Kirin 9000 para el teléfono Huawei Mate 60 el pasado año 2023, con chips de 7 nm fabricados por máquinas DUV, aunque los expertos dudan sobre la sostenibilidad dado que el proceso necesario implica una alta tasa de utilización y bajos rendimientos al realizar varias pasadas durante la impresión (Schleich & Reinsch, 2023).

Pese a los grandes avances de SMIC en la producción de chips de 7 nm, estos se deben en gran parte a importación de maquinaria y software especializado procedente de EE. UU. y sus aliados, con una considerable brecha en los avances tecnológicos de compañías chinas (Kuo, 2023). Shanghai Micro Electronics Equipment (SMEE), el equivalente chino a ASML, solo ha sido capaz de producir máquinas de litografía seca capaces de imprimir circuitos de 28 nm, lo que le permite cubrir un amplio elenco de aplicaciones como vehículos eléctricos, pero sigue estando muy por detrás de TSMC y Samsung (Schleich & Reinsch, 2023). En la actualidad tanto SMIC como SMEE están registradas en la lista negra de Estados Unidos, lo que dificulta la adquisición de equipo y tecnología necesarios para el desarrollo de la industria.

Como se explicará en el apartado sobre la política industrial china, SMIC y el resto de la industria de los semiconductores van a aprovecharse de amplios subsidios industriales y soporte económico, así como de prohibiciones sobre los rivales occidentales. El PCCh ya anunció una prohibición sobre el uso de dispositivos Apple entre funcionarios públicos, que han extendido a procesadores de AMD e Intel, Microsoft Windows y software occidental para servidores con el objetivo de aumentar su autonomía para 2027 (McMorrow, Liu, & Liu, 2024).

#### 4.3.5. NVIDIA

Fundada en 1933 por los ingenieros de Stanford Jen-Hsun Huang, Chris Malachowsky y Curtis Priem y afincada en Santa Clara, California, NVIDIA es el mayor diseñador *Fabless* de Unidades de Procesamiento Gráfico (GPUs), System on a Chip (SoC) y software especializado para videojuegos, supercomputación, inteligencia artificial y ciencia de datos.

Según los resultados financieros más recientes (Q3 2023), las unidades de negocio de NVIDIA según su aportación a los ingresos son las siguientes

- **Centros de datos:** Es la división encargada de diseñar soluciones de software y hardware para centros de datos, actualmente centrado en GPUs para tareas orientadas a la IA con la gama GraceHopper y Blackwell. Registró ingresos de USD\$ 18,4bn con crecimientos del +409% YoY debido a la demanda para aplicaciones IA, habiendo reemplazado a Gaming como el principal driver de ingresos desde 2020.
- **Gaming:** Esta división está orientada a diseñar y vender tarjetas gráficas orientadas a los videojuegos, ofreciendo las tarjetas más potentes del mercado con la RTX 4090 como su flagship. Registró ingresos de USD\$ 2,9Bn con crecimientos del +56% YoY, en parte explicado por la demanda de estas tarjetas para aplicaciones de IA para evitar sanciones (Liu Q. , Chinese companies resort to repurposing Nvidia gaming chips for AI, 2024).
- **Professional Visualization:** Esta división está orientada al desarrollo de soluciones de hardware y software orientadas al diseño gráfico y procesamiento de vídeo. Registró ingresos de USD\$ 463m, un aumento del 105% YoY
- **Automoción:** Esta división está orientada al desarrollo de soluciones de hardware y software para conducción asistida y autónoma. Registró ingresos de USD\$281m, una caída del 4% YoY.

NVIDIA ha sido conocida tradicionalmente por sus GPUs orientadas al sector del Gaming, el cual ha sido el principal driver de ingresos para la compañía hasta 2021 cuando el segmento de Data Centers empezó a mostrar crecimientos de triple dígito (+124% Q42021 Vs Q42020), superando rápidamente al sector gaming. Dentro de este sector NVIDIA ha sido el diseñador dominante en el segmento de tarjetas gráficas de alto rendimiento de la serie GeForce seguido por AMD con su gama Radeon y más recientemente Intel con la comercialización de la serie ARC de GPUs.

Pese a que a primera vista parece que la IA se trata de un invento reciente, el sector llevaba gestándose en los laboratorios de las principales tecnológicas hasta que OpenAI logró comercializar con éxito la tecnología en forma del chatbot *ChatGPT*. NVIDIA lleva desarrollando sus capacidades de IA desde al menos 2006, cuando decidieron lanzar al mercado el software CUDA, una tecnología que permite utilizar la arquitectura paralelizada de sus GPUs para tareas de computación intensiva. NVIDIA comprendió rápidamente que sus GPUs tenían ventaja sobre las CPUs las cuales están especializadas en el procesamiento de cálculos complejos de manera secuencial mientras que las GPU se especializan en el procesamiento paralelo de datos.

En una conferencia para estudiantes de Stanford en 2011 Huang habla sobre los inicios de la computación intensiva de GPUs, algo que se descubrió de manera accidental por parte de investigadores que utilizaron tarjetas gráficas programables de NVIDIA para acelerar tareas de computación hasta 20x más rápido. Huang hablaba entonces de las posibilidades que estas nuevas capacidades de computación podrían suponer a futuro a la vez que hablaba de los posibles riesgos para NVIDIA de cambiar el foco de la compañía hacia aplicaciones generales (Huang J.-H. , 2011). Este riesgo se ha compensado dado que NVIDIA se ha convertido en una de las pocas compañías que superan el Trillón de dólares en capitalización y en una de las compañías más importantes de la revolución de la IA, algo de lo que se hablará más adelante.

El dominio de NVIDIA sobre el sector de la inteligencia artificial se ha traducido en un aumento considerable de la capitalización de la compañía, que a finales de marzo de 2024 se sitúa en USD\$2.2T con un precio por acción de USD\$903 y un rendimiento del +700% desde mínimos de 2022. En comparación, en el periodo entre 2020 y 2021 cuando sus GPUs estaban demandadas para la minería de criptomonedas y el suministro estaba muy limitado, la cotización sólo subió un +422% hasta alcanzar los USD\$329

En lo respectivo a cadenas de suministro de NVIDIA, esta se ve profundamente afectada por disrupciones en la cadena de producción de sus GPUs, las cuales están fabricadas casi en su totalidad por TSMC, por lo que disrupciones en las cadenas de suministro en Asia imposibilitaría la venta de sus productos.

Debido a su orientación exclusiva al diseño según el sistema fabless y su positiva situación financiera, NVIDIA no sería candidata a los subsidios industriales de la CHIPS Act. Sin embargo, se vería significativamente beneficiada por cualquier incremento en la capacidad productiva en EE.UU. y un aumento de la competitividad del sector a nivel nacional. Una cadena de suministro más corta y segura paliaría impactos similares al vivido durante 2021-2023 cuando fueron incapaces de producir sus productos y sus consumidores quedaron a la merced de los revendedores y especuladores.

#### **4.3.6. Advanced Micro Devices (AMD)**

Advanced Micro Devices, conocido por sus siglas AMD, es un diseñador de chips fabless fundado en 1969 y afincado en Santa Clara, California, especializado en el diseño de CPUs, GPUs y software de procesamiento gráfico. Se sitúa como el segundo mayor proveedor de GPUs y CPUs, siendo este último su mercado de mayor crecimiento debido al éxito de los chips Ryzen y EPYC en comparación con la oferta de Intel.

Según los resultados financieros más recientes de FY 2023, las unidades de negocio de AMD son las siguientes:

- **Data Center:** Esta división se centra en el diseño y venta de soluciones de GPUs, CPUs, para servidores y computación de alto rendimiento. Durante 2023 registró unos ingresos de USD2,3bn, con un aumento del 38% gracias a la demanda de los sistemas de CPU EPYC y GPU Instinct.
- **Client:** Esta división se centra en el diseño y venta de CPUs para ordenadores de gran consumo, con las gamas Ryzen y Threadripper. Durante 2023 registró unos ingresos de USD\$1,5bn con crecimientos YoY del 62% potenciados por los procesadores Ryzen 7000.
- **Gaming:** Esta división se centra en el diseño y venta de CPUs y GPUs propios y bajo contrato para consolas como la PS5 o Xbox Series X entre otros. Durante 2023 registró unos ingresos de USD1,4bn, una caída del 17% YoY por una reducción de las ventas de chips personalizados para terceros.
- **Embedded:** Esta división se centra en el diseño y venta de soluciones de

semiconductores para aplicaciones integradas industriales y comerciales en diversos sectores. Durante 2024 registró unos ingresos de USD\$5,3bn, una caída del 24% debido a niveles reducidos de inventarios en cliente.

Respecto a la relación de Intel y AMD, hay que resaltar los múltiples litigios que AMD ha lanzado por monopolio, de las cuales destacan las de 1991 y 2006. En 1991 AMD denunció a Intel por prácticas anticompetitivas relacionadas con la arquitectura 386, ganando USD\$10m y el acceso a la licencia y estableciendo las bases para una cooperación en la nueva plataforma x86 (Singer, 2005). En 2005 AMD volvió a lanzar otra denuncia por mantener un monopolio al ofrecer descuentos a fabricantes japoneses para no utilizar CPUs de AMD, el cual se cerró con un acuerdo en el que Intel pagaría USD\$1,25b (Nieto & Miguel, 2009).

Pese a haber sido pioneros en la industria y haber creado la frase “real men have fabs”, en 2009 AMD se vio obligada a vender sus fabs a GlobalFoundries para reducir la deuda y costes, dependiendo desde entonces de fabricantes foundry como TSMC y Samsung (ABC News, 2008). La reestructuración hacia un modelo fabless, los fondos obtenidos por el caso AMD V. Intel (2005), y el acceso a las capacidades de producción de TSMC lograron evitar que la compañía entrara en bancarrota después del exitoso lanzamiento de los chips Ryzen de primera generación en 2017, que ofrecían un rendimiento competitivo a precio más bajo que Intel (Tarasov, 2022).

AMD registra actualmente una capitalización de mercado de USD\$275bn con un precio por acción de USD\$170 y un rendimiento del +189% desde mínimos de 2022. Los inversores consideran a AMD como una oportunidad dada la posibilidad de que esta empiece a ofrecer chips orientados a HPC e IA a precios más competitivos que NVIDIA de la misma manera que hace con sus tarjetas gráficas, aunque todavía es incapaz de competir debido al dominio del sistema CUDA y software especializado de NVIDIA.

Al igual que NVIDIA, AMD no dispone de capacidades de fabricación y por tanto no es candidato para el CHIPS Act, aunque del mismo modo se verá beneficiado por un aumento de la capacidad productiva nacional y cadenas de suministro más cortas.

#### **4.3.7. Otros actores menores**

**CPU/SoC:** En este segmento queda introducir a fabricantes de chips con arquitecturas ARM utilizados en aplicaciones móviles y de bajo consumo de energía. En

este segmento destacan los diseñadores fabless ARM, MediaTek y Qualcomm, cuyos productos y diseños gestionan gran parte de la telefonía móvil del mundo.

**Memoria:** Otros fabricantes importantes de chips de memoria son la surcoreana SK Hynix y la americana Micron Technology, ambos fabricantes integrados de chips de memoria con sus propias fábricas de producción de chips DRAM alrededor del mundo.

**Foundry:** En este segmento hay que destacar a fabricantes más pequeños como la estadounidense Global Foundries que nació de la venta del negocio de fabricación de AMD, y la taiwanesa UMC que fue creada a la par que TSMC por iniciativa del gobierno.

**Industrial:** En este segmento destacamos a tres compañías europeas, la alemana Infineon Technologies, la francoitaliana STMicroelectronics y la holandesa NXP Semiconductors. La dedicación de estas compañías a la industria, en especial la de los automóviles, hace que sus procesos estén orientados a la fabricación de chips menos sofisticados de 7 nm.

**Telecomunicaciones:** En este sector destaca la europea Nokia, y las americanas Broadcom, Marvell Technologies y Cisco Systems.

**Software:** La producción de chips requiere de software altamente especializado para el diseño y testeo, destacando las conocidas como “Big Three” que son Synopsys, Cadence Design Systems, y la alemana Siemens mediante su subsidiaria Mentor Graphics.

**Equipamiento:** Este sector recoge a proveedores de equipamiento variado para la fabricación de semiconductores, en el que destaca la americana Applied Materials o la japonesa Tokyo Electron.

#### **4.4. Litografía de Inmersión y tecnología Extreme UltraViolet**

El método de fabricación más avanzado de semiconductores se conoce como Litografía de Inmersión mediante luz ultravioleta extrema (EUV). La litografía consiste en la utilización de láseres para imprimir diseños en obleas de silicio fotosensibles. Con el tiempo los fabricantes han ido mejorando las técnicas de fabricación para obtener diseños más pequeños y precisos mediante el uso de luz con anchos de onda cada vez más pequeños.

La industria de maquinaria de litografía está dominada por ASML, Nikon y Canon, siendo la holandesa ASML la única capaz de producir las máquinas necesarias para

producir los chips más avanzados debido a su dominio de la tecnología Extreme UltraViolet (EUV). El sistema EUV de ASML utiliza láseres y gotitas microscópicas de estaño para generar plasma que emite radiación ultravioleta de 13,5 nm capaz de imprimir diseños más pequeños que una micra (ASML, 2024). ASML también mantiene la producción de máquinas con tecnologías menos avanzadas como Deep UltraViolet (DUV), los cuales se han vuelto muy populares entre fabricantes chinos debido a las sanciones estadounidenses sobre las máquinas EUV. Otra técnica clave a la hora de diseñar chips con alta precisión consiste en la “inmersión” de las obleas en líquidos con índices de refracción mayores que el aire para alcanzar mayores resoluciones. Podemos ver el dominio de ASML en el siguiente cuadro, que muestra las cuotas de mercado de las diferentes tecnologías de litografía:

Figure 17: 2019 lithography country shares by firm headquarters



Source: VLSI Research

Fuente: Center for Security and Emerging Technology (Khan, Mann, & Peterson, 2021).

Las máquinas de litografía EUV son los componentes más caros en el proceso de fabricación de semiconductores, con costes superiores a los USD\$200m y producción limitada que limita los potenciales clientes a un puñado de compañías como TSMC, Intel, Samsung o SMIC. En el informe de resultados anual de 2023 ASML publicó ventas totales de €27,6bn, con un total de 449 sistemas de litografía de los cuales 53 son reconocidas como EUV (ASML, 2024). Las sanciones estadounidenses causaron un aumento de la demanda de los sistemas DUV secos en China, registrando un aumento de 91 sistemas respecto a 2022. Se puede observar la concentración de la industria de los semiconductores en el desglose por regiones de las ventas de ASML, registrando un 84%

en Asia, 11,5% en EE. UU. y 4,34% en EMEA, siendo China la región con más crecimiento con un +148% con ventas de €7,23Bn en 2023 Vs €2,92Bn en 2022, superando levemente a Corea del Sur (€6,9bn) pero aún lejos de Taiwán (€8bn).

Actualmente ASML es la compañía tecnológica con mayor capitalización de Europa con una valoración de €354bn, sólo siendo superados en capitalización total en el continente por LVMH (€420bn) y Novo Nordisk (€440bn). La cotización ha crecido desde 2020 un +312% hasta alcanzar un máximo en marzo de 2024 de €923, con una subida más estable que la de NVIDIA, aunque con una bajada y movimiento lateral entre el máximo de noviembre de 2021 y la subida de enero de 2024.

Este dominio de ASML sobre la litografía ha puesto a la compañía en el punto de mira de la administración Biden como una forma de limitar el acceso de china a los chips más avanzados. Países Bajos decidió unirse a Japón y EE. UU. en la decisión de limitar la exportación de equipamiento para chips menores de 45 nm, la cual cubre las máquinas EUV y DUV de inmersión (Bounds, Liu, & Bradshaw, 2023). Las sanciones también han tenido efectos sobre el mercado de segunda mano, con fabricantes como Samsung o SK Hynix almacenando equipo antiguo por la preocupación de represalias en caso de caer en manos chinas o incluso rusas (Liu & Davies, South Korean chipmakers halt old equipment sales over fears of US backlash, 2024).

En lo que respecta a las propias cadenas de suministro de ASML, actualmente cuentan con 5.100 proveedores de materiales e instrumentos de alta precisión según su más reciente informe anual. ASML reconoce un riesgo en su cadena de suministro debido a la dependencia en compañías singulares para algunos componentes críticos, en especial la dependencia total en la compañía alemana Carl Zeiss SMT para lentes y componentes ópticos para EUV, sobre la cual mantienen una participación del 24.9% (ASML, 2024). Otro de los grandes riesgos a los que se exponen son la fluctuación y disponibilidad de minerales de tierras raras para algunos componentes, cosa que China ha estado explotando con controles sobre minerales como el germanio, galio y grafito, o tecnologías para el procesamiento y refinado de estos minerales para su uso en imanes (Liu & Patton, 2023).

#### **4.5. Nuevas tendencias: IA, Criptomonedas, Supercomputación**

La industria de los semiconductores se encuentra en un punto clave dado el aumento del interés por los chips orientados a Inteligencia Artificial y el decadente pero

todavía latente minado de criptomonedas, ambos usos necesitados de chips GPU diseñados por NVIDIA y producidos por TSMC.

Las criptomonedas aparecieron en la mentalidad colectiva durante los años 2020 y 2021 debido al confinamiento y la búsqueda de muchos inversores particulares de seguridad y rendimientos superior al mercado en activos alternativos, en un momento en el que el inversor medio tenía muchos ahorros por los paquetes de estímulo y mucho tiempo libre debido a los confinamientos. Este interés por las criptomonedas elevó los precios de monedas como el Bitcoin a máximos históricos, lo que incentivó la inversión en granjas de minado de criptomonedas y redirigió gran parte de los chips que flotaban en el mercado hacia estos usos.

Los chips que buscaban los mineros eran las GPUs de consumo que previamente se utilizaban para videojuegos pero que fueron reutilizadas para “minar” criptomonedas mediante la resolución de multitud de operaciones criptográficas que se benefician de la capacidad de procesamiento paralela. Este aumento de demanda se daba a la vez que una constricción en el suministro global de semiconductores por parones en la producción en las fábricas de Asia y la rotura de cadenas de suministro a nivel global, lo que creó una escasez sin precedentes que disparó los precios en los mercados secundarios y restringió el acceso a GPUs para usuarios fuera de la industria de las criptomonedas.

Desde 2022 el interés en criptomonedas y criptoactivos ha ido decayendo y con ello la viabilidad de operar granjas de minado, lo que ha causado una estabilización en la demanda de GPUs y un aumento de la oferta en el mercado secundario debido a mineros que han quebrado y tienen que liquidar sus operaciones, a la vez que las cadenas de suministro se han estabilizado. Este boom de la demanda de GPUs fue un gran impulso para NVIDIA y AMD, y mostraron al público las capacidades de las GPUs para el procesamiento masivo de datos, sentando las bases para la siguiente gran revolución de la industria en 2023.

La tendencia más interesante y que está siendo más relevante para la industria es el interés en la adquisición de chips GPU para Inteligencia Artificial, en especial los chips GH100 y GH200 de NVIDIA con arquitectura *Grace Hopper* que han demostrado ser los más avanzados del mercado. Al contrario que con los mineros de Bitcoin, los clientes de este tipo de tecnología son las grandes tecnológicas y operadores de centros de datos que buscan chips personalizados a sus necesidades y disponen de amplios fondos para

desarrollar sus propias capacidades. Este renovado interés en semiconductores junto a la experiencia traumática de 2020-2021 ha hecho que las grandes potencias económicas hayan lanzado propuestas legislativas para aumentar la inversión local en fábricas y asegurar la producción y estabilidad de las cadenas de suministro globales.

#### **4.6. Aplicaciones Militares**

Una de las grandes aplicaciones modernas de los semiconductores y la más importante para muchos estrategas geopolíticos es el uso de estos en aplicaciones militares. La gran mayoría de sistemas de defensa modernos incluyen semiconductores en mayor o menor medida para su correcto funcionamiento, desde sistemas de defensa antiaéreos pasando por vehículos de combate o incluso sistemas antitanques como los famosos JAVELIN de Lockheed Martin.

Durante la guerra de Ucrania se ha visto la creciente importancia de la tecnología como multiplicador de fuerza en el campo de batalla, con el uso de drones para reconocimiento y entrega de material explosivo, sistemas antiaéreos, sistemas de guerra electrónica (EW) o sistemas de artillería programables como los famosos HIMARS o drones kamikaze como los Shahed iraníes. También ha quedado patente la importancia de la tecnología como cuarto escenario bélico aparte de tierra, aire y mar, dados los constantes ciberataques a infraestructuras críticas y campañas de desinformación en internet.

La demanda para aplicaciones militares ha sido uno de los principales impulsores del desarrollo tecnológico desde la antigüedad, habiendo permitido el desarrollo de tecnologías clave como los ordenadores, radar, criptografía, GPS o incluso internet. EE. UU. se ha posicionado como una de las mayores potencias innovadoras en el sector tecnológico dada su masiva inversión en programas militares bajo la mano de agencias como DARPA y contratistas militares innovadores como Lockheed Martin, Raytheon Technologies (ahora RTX) o General Dynamics. La innovación en el sector de la defensa fue tal durante la guerra fría que Grumman logró incorporar el primer microprocesador dentro del F-14 Tomcat, famoso por su aparición en Top Gun, un año antes de que Intel desarrollara el 4004, para su uso en sistemas de apuntado y calcular la geometría variable de las alas (Fallon, 2020).

El control occidental sobre la capacidad productiva y diseño de los chips más avanzados del planeta suponen una ventaja competitiva militar respecto a rivales como

China, Irán o Rusia, los cuales dependen de importaciones occidentales para la construcción de sistemas modernos. Gracias a este control, las potencias occidentales han podido establecer prohibiciones sobre la exportación de chips avanzados para evitar su uso en drones y misiles, aunque se ha podido encontrar componentes occidentales en drones Shahed iraníes usados para bombardear Ucrania (Bertrand, 2023). Pese a la permeabilidad de las sanciones, la importación clandestina de chips sigue sin reemplazar la fabricación autóctona ni en calidad ni en escala.

Uno de los grandes objetivos de la guerra tecnológica chino-americana ha sido el bloquear el acceso a tecnologías avanzadas a China para su uso en aplicaciones militares y espionaje, y en el sector de los semiconductores estas acciones han sido clasificadas como defensivas. EE.UU. ha bloqueado la adquisición de compañías estadounidenses y la exportación de material para fabricar chips y restringido el uso de chips estadounidenses, pero sólo se ha logrado atrasar a China y mantener el statu quo (Shivakumar & Wessner, 2022).

## **5. Cadenas de suministro de semiconductores**

### **5.1. Estado actual de las cadenas de suministro**

La situación actual en las cadenas de suministro de semiconductores a nivel mundial es más estable que en el periodo registrado en 2021-2022 y no existen roturas generales ni problemas de abastecimiento. La disrupción generada en el Mar Rojo por los ataques hutíes a barcos mercantes está aumentando los precios debido al redireccionamiento por el Cabo de la Buena Esperanza.

Acorde a datos del Containerized Freight Index, desde diciembre de 2023 hasta el pico del 15 de enero de 2024 el precio de los portes marítimos subió un +172% desde 804 puntos hasta 2125 puntos, habiéndose estabilizado a finales de marzo de 2024 alrededor de los 1730 puntos. Esta subida en los precios, aunque preocupante, está siendo mucho menor que la causada por el COVID 19, la cual hizo subir los precios un +581% desde 730 puntos en mayo de 2020 hasta un máximo de 4974 en enero de 2022, tardando casi 3 años en volver a niveles prepandemia según datos de Trading Economics (Trading Economics, 2024).

Pese a los esfuerzos de los diferentes gobiernos de diversificar y fortalecer la cadena de suministro de semiconductores, estos esfuerzos están aún en su infancia y por

tanto no se ha avanzado en este ámbito. En la actualidad se están formando nuevos nodos de producción de semiconductores en Arizona con los proyectos de Intel y TSMC, Dresden con las fabs de TSMC, Bosch y la expansión de la fábrica de Global Foundries.

## **5.2. Taiwán: Cuello de botella global**

Como ya he mencionado en apartados previos, Taiwán se ha convertido en el principal cuello de botella de las cadenas de suministro de semiconductores a nivel global por la presencia de TSMC y muchas otras industrias complementarias.

La situación política de Taiwán y su importancia para la carrera tecnológica la ha situado en el punto de mira de la República Popular de China de Xi Jinping, el cual ha puesto como objetivo prioritario la reunificación de las dos chinas y lo ha clasificado en multitud de comunicados como un proceso “inevitable” (McCarthy, 2023). La retórica beligerante del gobierno chino sobre Taiwán, mediante constantes incursiones en la ZEE taiwanesa y múltiples ejercicios militares en la cercanía de la isla, preocupa a los líderes occidentales y en especial a EE. UU., el cual ha estado realizando un cambio hacia Asia-Pacífico desde la administración Obama (Lieberthal, 2011).

La historia moderna de Taiwán comienza con la retirada en 1949 de las tropas del Kuomintang de Chiang Kai-Shek junto con 1.2 millones de refugiados a la isla de Formosa, la cual había sido una colonia japonesa desde la primera guerra chino-japonesa de 1895 (Copper, 2024). Durante 40 años la isla estuvo bajo el control total del KMT, el cual estableció un sistema autoritario bajo la figura de Chiang Kai-Shek, los cuales empezaron un programa de desarrollo económico en los años 50 bajo el sistema de industrialización por sustitución de importaciones y orientada a las exportaciones (Tien & Shiau, 1992).

Estos sistemas lograron que la economía taiwanesa creciera vertiginosamente durante las siguientes décadas y generó las condiciones ideales para el establecimiento de una clase media urbana y una democracia liberal, la cual se estableció por voluntad del KMT después de que Nixon decidiera normalizar las relaciones con la china comunista y Taiwán quedara aislada. El reconocimiento de Taiwán es una cuestión complicada para la mayoría de los países dado que el reconocimiento de la política de Una China es un requisito esencial para comerciar con China continental, lo que ha causado que sólo 13 países a nivel mundial reconozcan a Taiwán como un país. Pese a esto, Taiwán recibe

considerable apoyo económico, diplomático y militar de multitud de países como EE. UU. o Japón, los cuales mantienen una posición ambigua (World Population Review, 2024).

Después de una década de reformas progresivas, las primeras elecciones libres para el yuan legislativo de la isla de Taiwán se produjeron en diciembre de 1992 (Tien & Shiau, 1992). y desde entonces Taiwán se ha convertido en uno de los países más democráticos del mundo, clasificado como el nº10 con una puntuación de 8,92/10,00 según el The Economist Democracy Index, superando a países como EE.UU., España o Alemania (The Economist, 2024).

En los últimos años ha habido un endurecimiento de la posición del Partido Comunista Chino sobre la situación de Taiwán mediante un aumento de las retóricas militaristas y amenazas de intervención en caso de que Taiwán intente declarara su independencia. Este endurecimiento es acorde al cambio de la política exterior de Xi Jinping desde la idea de Deng Xiaoping de mantener la cabeza baja y centrarse en el desarrollo (韬光养晦) hacia la política de grandes potencias (大国外交) o “Xiplomacia” de Xi Jinping, que enfatiza mostrar fuerza y competir acorde a las capacidades crecientes de China (Huang K. , 2022). Esto se ha traducido en ejercicios militares frente a la costa de Taiwán y la incursión frecuente de aviones chinos en la ZEE de Taiwán (Reuters, 2023), junto con constantes declaraciones del gobierno comunista sobre la inevitable unificación china en el futuro próximo.

A demás de los riesgos políticos, Taiwán cuenta también con importantes riesgos ambientales debido al cruce de las placas euroasiática y filipina en el este del país. Este posicionamiento ha causado multitud de terremotos a lo largo de su historia, destacando el terremoto de 1999 como el más letal en décadas con un total de 2.400 víctimas. Pese a que Taiwán ha adoptado múltiples medidas para reducir los efectos de los terremotos, como la construcción de edificios resistentes como el famoso Taipei 101, la maquinaria es extremadamente sensible a las vibraciones y a las interrupciones de producción.

En la mañana del 3 de abril de 2024 se produjo un terremoto de 7,3 grados de intensidad en la costa este del país, cerca de la ciudad de Hualien. La importancia de TSMC y la fabricación de chips es tal que los grandes medios financieros han dedicado gran parte de sus artículos a cubrir los posibles efectos sobre TSMC, con Bloomberg publicando en portada un artículo sobre los posibles efectos sobre el sector tecnológico. Según informaciones de Bloomberg y Financial Times, tanto TSMC como UMC habrían

reportado paradas de producción por la mañana junto a evacuaciones, pero sin daños relevantes a las instalaciones (Hou & Wan, 2024).

Dados los riesgos geopolíticos y ambientales, y a la extrema concentración de la producción de chips de alta gama en la isla, Taiwán se ha convertido en el punto más débil de la cadena de suministro de semiconductores

### **5.3. Shock de 2020-2023**

Desde 2020 y hasta 2023 las economías avanzadas sufrieron un shock de la oferta de semiconductores causado por un aumento exponencial de la demandad después de los confinamientos y la incapacidad de producir y transportar suficiente volumen de chips para satisfacerla. Como ya se ha explicado en apartados anteriores, la cadena de suministro de semiconductores contaba y sigue contando con multitud de vulnerabilidades que se vieron potenciadas por los efectos de los confinamientos, llevando a la rotura por completo de estas. El resultado generalizado de esta escasez de suministro fueron aumentos de precios en productos como automóviles, electrodomésticos, ordenadores, consolas o tarjetas gráficas entre muchos otros.

#### **5.3.1. Automóviles**

La industria más visible para el ciudadano normal y la cual ha poblado titulares por su importancia en nuestro país fue la automovilística. Pese a que hace décadas los coches eran puramente mecánicos y su único elemento electrónico fuera la radio, en la actualidad estos pueden ser considerados como “ordenadores con ruedas” dada la presencia de infinidad de sistemas electrónicos para seguridad, ayudas a la conducción, navegación o entretenimiento.

El sector se vio especialmente afectado por la filosofía Just in Time (JIT), la cual intenta optimizar la entrega y pago de componentes y minimizar el inventario, lo cual incrementó los efectos de la escasez e hizo que los fabricantes se quedaran con grandes descubiertos. Los efectos de estos descubiertos han sido aparentes, con subidas de precios de modelos nuevos superiores al 5% interanual en nuestro país (Agencia EFE, 2023) y la reducción de turnos, ERTes, y cierres temporales de la producción en fábricas por todo el mundo (Agencia EFE, 2021). La industria automovilística es una de las mayores consumidoras de semiconductores a nivel mundial, representando cerca del 6% de los ingresos de TSMC en Q4 2023, aunque no es de las más rentables para la industria dado que no requieren de chips potentes que dan más margen a los fabricantes.

La subida de los precios de los automóviles y la falta de apoyo fiscal está teniendo efectos en la competitividad de los fabricantes europeos a nivel global, que se están viendo amenazados por exportaciones chinas de marcas que han recibido apoyo estatal y subsidios industriales bajo el plan Made in China 2025. El coche chino MG ZS registró un total de 15.110 matriculaciones en España en 2023, colocándose en el cuarto lugar del ranking con 19.818 unidades vendidas, siendo superado por el Toyota Corola por sólo 27 unidades más (Díaz, 2024).

### **5.3.2. Electrónica de Consumo**

La industria de la electrónica de consumo se vio afectada dada la alta demanda de ordenadores, teléfonos y portátiles para el teletrabajo y ocio debido al confinamiento y las restricciones sobre las actividades más sociales, aunque conforme las medidas se fueron relajando la demanda fue decayendo (Mohammad, Elomri, & Kerbache, 2022).

Uno de los productos más demandados durante 2020-2021 fueron las consolas de nueva generación de Sony y Xbox, las cuales salieron a mercado en noviembre de 2020 con un stock muy limitado que fue incapaz de cubrir la demanda. Los principales vendedores elaboraron sistemas de reserva o loterías para adjudicar el poco stock, y de manera paralela se originó un mercado negro de revendedores o “scalpers”, los cuales compraban stock con el uso de bots para revenderlos a compradores desesperados por una prima considerable que podría doblar el MSRP de las consolas (Korn, 2021). En 2023 Sony anunció el fin de la escasez y el retorno a la normalidad de las cadenas de suministro, habiendo stock disponible y generando un aumento de la competitividad entre los diferentes retailers (Gerken, 2023). Otro sistema que se vio afectado durante la escasez fue la Steam Deck, cuyo lanzamiento fue retrasado dos meses hasta febrero de 2022 por problemas logísticos y de suministro (Peters, 2021).

### **5.3.3. Tarjetas Gráficas**

Como ya se ha mencionado previamente, la popularidad de las criptomonedas durante e inmediatamente después de la pandemia aumentó considerablemente la demanda de tarjetas gráficas cuyo uso original era el gaming para utilizarlas para la minería de Bitcoin, Ethereum y otras criptomonedas. Este aumento de la demanda para el minado sucedía en un momento en el que el interés por el gaming subía dados los confinamientos y la nula oferta de actividades al aire libre, que junto a la escasez de chips a nivel global generó una crisis en el sector.

La plataforma de compra de videojuegos de ordenador Steam registró un total de 62,6 millones de jugadores activos a diario, con aumentos del 21,4% en la compra de videojuegos y 50,7% en las horas jugadas respecto a 2019. Este aumento de jugadores refleja a su vez un aumento en las ventas de CPUs de alto rendimiento y en especial GPUs, el componente más importante a la hora de montar un ordenador y que puede llegar a ser la mitad del precio total.

Hacia finales de año de 2020 se pudieron ver con claridad los efectos de la escasez con el lanzamiento de las tarjetas RTX serie 30 de NVIDIA, que atrajeron el interés de mineros y jugadores por igual y generó un aumento significativo de la demanda a la vez que la oferta estaba muy limitada. Como resultado, los stocks en minoristas estaban extremadamente limitada y los jugadores tenían que recurrir a revendedores que explotaban la situación para reclamar una prima del 300% sobre el PVR (Molloy, 2021). Con el colapso del sector de las criptomonedas a finales de 2021 y el restablecimiento de la producción la situación se relajó y empezó a haber una gran cantidad de stock de tarjetas gráficas en mercados primarios y secundarios.

Pese a que la escasez se acabó hacia 2022, los usuarios se han encontrado con aumentos de precios de venta recomendados para tarjetas de la generación RTX 40 de Nvidia y 7000 de AMD, los cuales rondan cerca de los 600\$ para la gama media, USD\$1000 para la gama alta y puede llegar a los USD\$2000 en el caso de la RTX 4090. Se espera que la serie RTX 50 de Nvidia salga a la venta a finales de 2024 continúe con las subidas de precios (White, 2024).

#### **5.4. Consecuencias del Friendshoring para el comercio internacional**

“Friendshoring” se define como una práctica en la gestión de cadenas de suministro centrada en establecer estas en países que consideremos como aliados políticos y económicos (Kessler, 2022). Este término apareció posteriormente a la rotura de las cadenas de suministro durante la pandemia como una posible estrategia para proteger las cadenas de suministro de futuras disrupciones y la exposición a riesgos geopolíticos generados por la guerra tecnológica con China y la guerra de Ucrania. “Nearshoring” y “allied shoring” también puede considerarse como sinónimos de friendshoring, aunque nearshoring pone más énfasis en reducir la distancia física para hacer cadenas de suministro más cortas.

Otro término que ha estado flotando en el discurso político ha sido el de “reshoring”, que consiste en volver a traer la producción al país después de décadas de desindustrialización y deslocalización generada por la globalización del siglo XXI. Este término está siendo especialmente utilizado en el contexto de la apertura de nuevas fábricas en regiones que han sufrido de la desindustrialización durante las pasadas décadas como el caso del Rust Belt estadounidense, el cual va a beneficiarse de multitud de proyectos industriales bajo el IRA y Chips Act.

Pese a los percibidos beneficios geopolíticos que estas nuevas tendencias pueden traer, la Organización Mundial del Comercio (OMC) y otras organizaciones internacionales ven riesgos considerables al comercio internacional. Un estudio de la OMC muestra un impacto en el comercio entre China y EE. UU. y los inicios de la fragmentación del comercio internacional acorde a alianzas geopolíticas, sin señales de una regionalización significativa del comercio (Blanga-Gubbay & Rubínova, 2023). Otro informe de la OMC relativo a la posible fragmentación del comercio en bloques Este-Oeste tras la guerra de Ucrania mostraba una caída del 5% en el PIB de la economía global o el equivalente a USD\$4Tn, con la UE perdiendo un total del 4% en comparación con un pequeño -1% de EE. UU., aunque las economías emergentes serían las más afectadas con una media del -7% y llegando hasta el -9% en el caso de India (World Trade Organization, 2022).

Un estudio del Fondo Monetario Internacional (FMI) ha intentado estimar los costes de estas tendencias y estiman una posible reducción del PIB de ciertas economías de hasta el 4,7%. Entre los mayores perdedores de esta tendencia encontramos a países como Chipre, Kazajistán, Marruecos, Rusia y Lituania. Los costes asociados al friendshoring se traducen en un aumento de costes comerciales “iceberg” (ocultos) estimado en el 20% entre bloques, los cuales han sido modelados conforme al comportamiento de voto en la Asamblea General de la ONU en diferentes cuestiones como la guerra de Ucrania (Javorcik, Kitzmüller, Schweiger, & Yildirim, 2023).

Otro informe del FMI muestra cómo la fragmentación de los flujos de inversión extranjera directa (FDI) está afectando negativamente a las economías emergentes. Registran un aumento de los flujos de FDI entre países alineados geopolíticamente, lo cual afecta negativamente a economías emergentes que podrían no entrar en la definición de países aliados o idóneos dado que dependen mucho más de los flujos de FDI que las economías desarrolladas. Pese a que el friend shoring puede ayudar a asegurar las cadenas

de suministro, la concentración en países aliados puede llevar a otros riesgos relacionados con la falta de diversificación (Ahn, Habib, Malacrino, & Presbitero, 2023).

La propia idea del friend shoring puede ser engañosa dado que asume la perfecta alineación de los intereses de los países implicados, algo que no suele pasar ni siquiera entre aliados militares o miembros de bloques económicos. En el caso de la relación entre EE.UU. y la UE, el ejemplo no puede ser más claro dada la oposición de la UE a la política industrial del IRA y Chips Act, y de EE. UU. hacia la GDPR y DSA y DMA (Benson & Kapstein, The limits of friend shoring, 2023).

Esta discrepancia de intereses y políticas entre las diferentes potencias económicas puede generar tensiones y obstáculos significativos a la implementación efectiva del Friend shoring, dado que cada bloque va a priorizar sus intereses.

## **6. Modelos Legislativos**

Este segmento está orientado al análisis de las distintas propuestas legislativas en las principales potencias.

### **6.2 Estados Unidos**

La política industrial de EE. UU. Relativo a semiconductores viene recogida en dos leyes de la administración Biden: El Inflation Reduction Act (IRA) de 2022 y el Chips & Science Act de 2023, siendo el segundo el más relevante por su foco específico a los semiconductores.

El IRA se trata de un paquete de medidas diseñadas para desarrollar las capacidades estadounidenses en materias de energía limpia y cambio climático, con el objetivo de convertir a EE. UU. en una potencia en materia de sostenibilidad y energías verdes. El IRA también tuvo como objetivo la reducción del déficit estadounidense mediante el aumento de impuestos a corporaciones y ciudadanos ricos, la limitación de precios de medicamentos como la insulina. El IRA tiene en la actualidad un presupuesto de USD\$ 369bn hasta 2030.

Esta legislación supone el primer paso en el renacimiento de la política industrial estadounidense al establecer subsidios para la reindustrialización de la economía y el establecimiento de medidas proteccionistas en contra de productores extranjeros. Una de estas medidas ha sido el requisito para que los Vehículos Eléctricos se puedan adherir los

créditos al consumo de USD\$7500, requiriendo que estos sean ensamblados en EE. UU. y que las baterías hayan sido producidas al 50% en el país (Camps & Saz-Carranza, 2023).

Relativo a los semiconductores, la CHIPS & Science Act de 2022 supone la continuación de la IRA y establece un plan para potenciar el desarrollo de la industria de semiconductores local con un presupuesto total de USD\$280bn para los próximos años. Esta ley establece un fondo de USD\$52,7bn para I+D+i, producción y desarrollo profesional, junto con créditos fiscales del 25% sobre inversiones dedicadas a la manufactura de semiconductores y equipamiento relacionado hasta USD\$24bn. La gran mayoría de los fondos, alrededor de USD\$200bn, están destinados a I+D+i, con especial mención a una partida de USD\$2bn asignada al Departamento de Defensa para financiar investigación en microelectrónica. En lo relativo a financiación de agencias federales, la National Science Foundation y el Departamento de Energía se llevan las mayores partidas con USD\$ 81bn y USD\$ 67bn respectivamente sobre un total de USD\$ 174bn (Badlam, y otros, 2022).

Para obtener financiación del gobierno las empresas tienen que demostrar un impacto positivo en la comunidad con especial foco en comunidades desfavorecidas, y se restringe el uso de estos fondos en caso de ser destinados a China y países no alineados con EE. UU. y para el pago de dividendos o recompras de acciones (The White House, 2022).

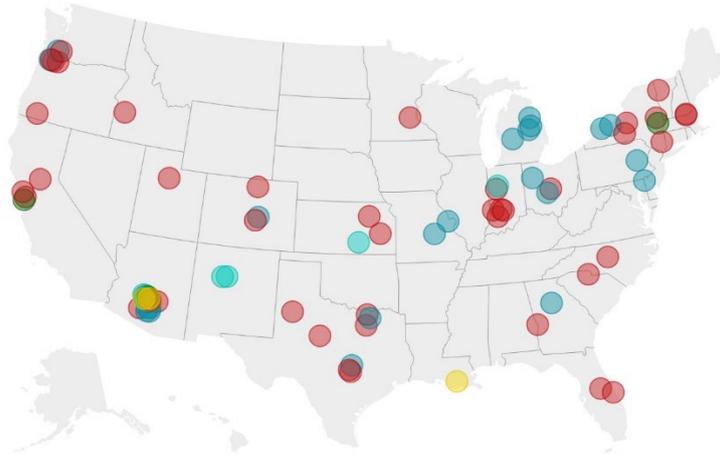
Según datos de la Semiconductor Industry Association, desde la introducción de la Chips Act en 2022 hasta marzo de 2024 se han anunciado un total de 83 nuevos proyectos en 25 estados con una inversión total de USD\$333bn, que aseguran que se convertirán en un total de 47.000 empleos de alta calidad. Los principales proyectos que se han beneficiado del CHIPS Act son los siguientes:

- Inversión de Intel en dos nuevas fabs en Arizona, USD\$ 32bn
- Inversión de TSMC en dos nuevas fabs en Arizona, USD\$ 40bn
- Inversión de Micron en una nueva fab en Idaho, USD\$ 15bn
- Inversión de Micron en una nueva fab en Nueva York, USD\$ 20bn
- Inversión de Global Foundries en sus fabs en Nueva York, USD\$ 11,5bn
- Inversión de SK Hynix en una nueva fab en Indiana, presupuesto desconocido

## The CHIPS Act in Action

Semiconductor supply chain manufacturing investments announced from May 2020 to March 2024

Equipment Materials Packaging R&D Facility Semiconductors



Otras medidas que ha tomado EE. UU. para asegurar el dominio occidental sobre las cadenas de suministro y la industria de los semiconductores ha sido el establecimiento de controles de exportación contra China y otros países rivales. Como ya se ha mencionado previamente, la administración estadounidense ha prohibido a ASML exportar máquinas de litografía EUV y DUV de inmersión, a NVIDIA sus chips orientados a IA A800 y H800, restricciones a la exportación de chips avanzados por parte de foundries a compañías en la lista negra, y la prohibición de transmitir conocimiento tecnológico a estas (Benson, Updated October 7 Semiconductor Export Controls, 2023).

### 6.3 Unión Europea

La Unión Europea ha desarrollado un paquete de medidas para aumentar la cuota de mercado del bloque en el sector de los semiconductores y desarrollar una industria nativa centrada en la innovación y resiliencia. El conocido como Chips Act europeo fue adoptado por el Consejo y Parlamento Europeo el 13 de septiembre de 2023, basado en tres grandes pilares

- 1) Construcción de capacidad industrial propia
- 2) Asegurar la autosuficiencia de la Unión Europea en materia de semiconductores
- 3) Establecer sistemas de vigilancia y prevención para futuras crisis de aprovisionamiento, con posibles intervenciones por parte de la Comisión con la aceptación del Consejo.

El Chips Act europeo ha establecido un plan para aumentar la resiliencia del ecosistema de semiconductores, con un enfoque en la reducción de dependencias externas

y el desarrollo de la soberanía digital de la Unión Europea. Los objetivos principales de este plan son crear condiciones favorables para fomentar la competitividad y la innovación dentro de la Unión, así como mejorar el funcionamiento del mercado interior a través de un marco regulatorio uniforme que garantice seguridad y resiliencia al sector.

Para lograr esto, se ha creado la Iniciativa *Chips For Europe*, la cual busca integrar las capacidades de investigación, desarrollo e innovación de la Unión con la explotación industrial sostenible mediante inversiones en capacidades productivas de última generación.

La iniciativa chips for Europe dispone de los siguientes objetivos:

- A) Aumentar las capacidades de diseño y producción de la unión
- B) Mejorar las líneas piloto para mejorar el desarrollo y testeo de chips de última generación
- C) Establecer capacidades tecnológicas para acelerar el desarrollo de chips de última generación y cuánticos.
- D) Establecer centros de competencias dentro de la unión
- E) Facilitar el acceso a fondos del Chips Fund a PYMES y Start-Ups

Se ha establecido la European Semiconductor Board para orientar las futuras iniciativas regulatorias de la Unión, con el fin de facilitar la implementación de medidas y promover la cooperación entre los Estados miembros. Este órgano también actuará como enlace con otros actores globales del sector para estabilizar la cadena de suministro a nivel mundial.

Asimismo, se ha establecido el Chips Fund en colaboración con el Banco Europeo de Inversiones para financiar medidas que respalden el desarrollo del sector de semiconductores, especialmente enfocadas en pequeñas y medianas empresas (PYMES) y startups. Estas iniciativas también contarán con el respaldo del fondo InvestEU. Se contempla la posibilidad de ofrecer subsidios y apoyo estatal a la industria de semiconductores, siempre y cuando no distorsionen el mercado interno y generen efectos positivos para el resto de la Unión y la industria, como el respaldo a proyectos de PYMES o al pipeline de talento de la Unión. El tamaño de las facilidades de la UE se ha establecido en EUR€ 43bn.

En lo relativo a propiedad intelectual, se han establecido mecanismos para evitar la transmisión de secretos industriales a actores contrarios a los intereses de la Unión. El Chips Act establece procesos y protocolos estandarizados para la obtención y procesamiento de información confidencial entre estados e instituciones, requiriendo que estos notifiquen al European Semiconductor Board sobre la información a compartir.

Además, se establecerán sistemas de control para garantizar la estabilidad de las cadenas de suministro y prevenir la transmisión de secretos industriales, identificando puntos débiles y sectores con alta dependencia. Se ha creado el sistema "Semiconductor Crisis Stage", que permite a la Comisión, con la aprobación del Consejo, establecer medidas extraordinarias durante 12 meses con posibilidad de extensión para medir el impacto de la escasez sobre la industria europea y establecer planes de contingencia para paliar sus efectos. La Comisión debe consultar sus hallazgos con European Semiconductor Board para después comunicárselo al Consejo, el cual deberá votar mediante mayoría cualificada si activa el estado de emergencia o no.

El establecimiento del estado de crisis otorga a la comisión con amplios poderes para recopilar información sobre el estado de las cadenas de suministro, establecer compras de materias esenciales conjuntas a nivel de la Unión e incluso de obligar a las Open EU foundries y Fabricantes Integrados a priorizar la producción de chips esenciales salvo que sea técnicamente imposible o cause impactos económicos significativos.

Entre las principales iniciativas anunciadas en materia de semiconductores en Europa se encuentran los siguientes proyectos:

- Infineon invertirá EUR€ 5bn en una fab en Dresden, Alemania
- Intel invertirá EUR€ 30bn en dos plantas en Magdeburgo, recibiendo 10bn en forma de subsidios por Alemania
- STMicroelectronics invertirá EUR€ 730m en una planta de obleas de silicio en Italia
- TSMC invertirá EUR€ 3,8bn en una nueva fab en Dresden, Alemania, junto a Infineon, NXP y Bosch con una inversión total de EUR€ 10bn

## **6.4 China**

China está acelerando el desarrollo de su industria propia de semiconductores con el objetivo de desarrollar nuevas capacidades tecnológicas y militares, habiendo empezado a dominar diferentes tecnologías de producción y a cerrar la brecha con

occidente. Pese a ello, China sigue dependiendo en gran medida de importaciones de materiales y equipamiento proveniente de países occidentales o en su esfera de influencia, debilidad que está siendo explotada por EE.UU. mediante la implantación de controles de exportación para evitar su desarrollo tecnológico.

El gobierno chino empezó la modernización de su sector tecnológico con la iniciativa Made In China 2025, un plan para 10 años establecido en 2015 para desarrollar las capacidades tecnológicas chinas en industrias avanzadas como telecomunicaciones, robótica, vehículos eléctricos e inteligencia artificial (McBride, 2019). Estos objetivos se lograrían con la ayuda de subsidios industriales y la colaboración con diferentes instituciones controladas por el gobierno para lograr superar a occidente en este terreno y dominar las cadenas de suministro necesarias para la llamada “4º revolución industrial”.

Mediante el desarrollo de capacidades propias, China lograría reducir su alta dependencia de importaciones tecnológicas con especial énfasis en el área de los semiconductores, donde ya hemos visto que sus capacidades, aunque prometedoras siguen quedándose cortas. Este plan empezó a recibir críticas por parte de reguladores occidentales por el posible uso de estas tecnologías para uso militar y la incremental retórica militarista de china en relación con la cuestión de Taiwán. Durante la administración Trump se empezaron a poner límites a China respecto a la adquisición de compañías estadounidenses en sectores críticos y la aplicación de aranceles (McBride, 2019).

A principios de 2024 China anunció la creación de un fondo estatal dedicado a los chips de USD\$27bn con el objetivo de acelerar el desarrollo de chips de última generación y contrarrestar las acciones de EE. UU. El National Integrated Circuit Industry Investment Fund será financiado por gobiernos locales y empresas estatales según el enfoque “whole nation” de Xi Jinping, siendo dirigido por el Ministerio de Industria y Tecnologías de la Información (Cao & Gao, 2024). Se trataría de la tercera fase del que ha sido conocido como “El Gran Fondo”, creado en 2014 junto a la iniciativa Made In China 2025 y ampliado en 2019 para apoyar la inversión en empresas tecnológicas como SMIC entre otras (Cao & Gao, 2024).

Este fondo vio un aumento de su actividad en 2023 cuando Xi Jinping anunció un aumento de la asistencia al sector tecnológico para contrarrestar a EE. UU., en un momento en el que multitud de empresas occidentales como Apple trasladaban su

producción a países como Vietnam o India (Bloomberg News, 2023). Este compromiso fue renovado un año después durante dos sesiones del Partido Comunista Chino en 2024 donde se ponía el énfasis en el desarrollo de calidad para potenciar la recuperación económica (Xinhua, 2024).

Otra forma mediante la cual China ha sido capaz de desarrollar su propia industria ha sido mediante sus requisitos de Inversión Extranjera Directa (FDI), que establece un sistema por el cual es necesario una joint-venture con el gobierno, y requisitos sobre transmisión de tecnología e I+D+I en el país (VerWey, 2019). Gracias a este sistema y debido a la importancia de China en la cadena de valor de sistemas electrónicos, multitud de compañías como TSMC, Micron o SK Hynix decidieron invertir en fabs y centros de empaquetamiento en China, aunque evitando localizar producción de última generación y limitándose a fabricar chips menos sofisticados por miedo a espionaje industrial y robo de tecnologías (VerWey, 2019).

Como se ha mencionado en apartados previos, China ha reaccionado en contra de las restricciones estadounidenses sobre el acceso chino a tecnologías y materiales de la siguiente manera:

- Restricción sobre el uso de procesadores AMD e Intel en sistemas del gobierno (McMorrow, Liu, & Liu, 2024).
- Restricción del uso de chips de Micron Technologies en proyectos de infraestructuras críticos (Hoskins, 2023).
- Controles sobre la exportación de Galio y Germanio, y tecnologías de procesamiento de tierras raras (Liu & Patton, 2023).
- Prohibición del uso de dispositivos Apple y Samsung en el gobierno y empresas estatales (Bloomberg News, 2023).

## **7. Conclusiones y Recomendaciones**

La industria de los semiconductores se ha convertido en el foco de atención de los reguladores de las principales potencias globales, desencadenando una nueva carrera tecnológica para asegurar el suministro de la materia prima clave para el desarrollo tecnológico, económico y militar.

La disrupción de las cadenas de suministro de semiconductores en 2020, combinada con el creciente clima de tensiones geopolíticas entre China y Estados Unidos,

ha despertado la atención de reguladores y consumidores por igual sobre la necesidad de mantener cadenas de suministro resilientes. Este escenario ha dado lugar a la popularización de nuevas tendencias como el friend shoring, near shoring y reshoring, que prometen fortalecer la seguridad y la estabilidad en el suministro de componentes críticos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas medidas, si bien ofrecen ciertas garantías en términos de seguridad y control, podrían tener consecuencias adversas en economías en vías de desarrollo. La redirección de flujos de inversión extranjera directa (FDI) y del comercio hacia economías más cercanas o incluso domésticas podría resultar en una fragmentación económica global, contrarrestando los beneficios de décadas de integración y globalización. El desafío de este nuevo panorama geopolítico radica en encontrar un equilibrio entre la seguridad de las cadenas de suministro y la preservación de la cooperación y prosperidad económica a nivel global.

Para la consecución de sus objetivos tecnológicos y el mantenimiento de su propia seguridad, EE. UU., china y Europa han presentado paquetes legislativos basados en subsidios industriales para potenciar el desarrollo de industrias de semiconductores locales para asegurar el suministro, a la vez que lanzan sanciones a sus rivales para limitar su desarrollo. Estas medidas tendrán efectos negativos sobre el comercio internacional debido a la posible fragmentación de las cadenas de suministro y la competición entre las distintas potencias, lo cual generará un clima de desconfianza y aumentará la rivalidad en el ámbito tecnológico. Es necesario que todas las partes involucradas consideren las implicaciones a largo plazo de sus respectivas políticas industriales, con el fin de encontrar un punto medio entre seguridad y cooperación internacional.

En última instancia, es importante resaltar que la revitalización del sector de los semiconductores debe ser un esfuerzo continuo, ya que la naturaleza cíclica de la industria ha llevado al cierre de grandes fábricas que en su momento representaron inversiones público-privadas significativas en occidente. Un caso cercano, por mi condición como tricantino, es el de la fábrica de AT&T Microelectronics de Tres Cantos, abierta en 1987 con EUR60m de fondos públicos y la cual creó el actual parque tecnológico de Tres Cantos y potenció el crecimiento de la ciudad. Esta fábrica cayó en desuso en 2001 tras el colapso de la demanda de telecomunicaciones y ordenadores tras la burbuja Dotcom, el colapso de Lucent, y la falta de acción del gobierno (Rodríguez, 2022). El caso de Tres Cantos podría repetirse en los próximos años si no se muestra la voluntad de los gobiernos

de no sólo financiar la apertura de estas fábricas, sino también apoyarlas durante los ciclos bajistas y apostar por el talento y la innovación locales.

## 8. Bibliografía

ABC News. (8 de Octubre de 2008). Fabless future: Struggling AMD spins off factories. *ABC News*.

Acton, M., & Politi, J. (20 de Marzo de 2024). Intel to receive \$8.5bn in US funding for high-end chip manufacturing. *Financial Times*.

Agarwal, R. (September de 2023). Industrial Policy and the Growth Strategy Trilemma. *IMF*.

Agencia EFE. (20 de Junio de 2021). La falta de chips afectará esta semana a fabricación de vehículos en España. *Cinco Días*.

Agencia EFE. (25 de Septiembre de 2023). Los coches suben su precio un 8% en un año y ya son un 30% más caros que antes de la pandemia. *LaSexta*.

Ahn, J., Habib, A., Malacrino, D., & Presbitero, A. F. (2023). *Fragmenting Foreign Direct Investment Hits Emerging Economies Hardest*. Abril.

ASML. (2024). *ASML 2023 Annual Report*. ASML.

ASML. (26 de Marzo de 2024). *Lithography Principles*. Obtenido de ASML Technology: <https://www.asml.com/en/technology/lithography-principles/light-and-lasers>

Associated Press. (2 de Marzo de 2009). Intel outsourcing some Atom manufacturing to TSMC. *The Oregonian*.

Badlam, J., Clark, S., Gajendragadkar, S., Kumar, A., O'Rourke, S., & Swartz, D. (2022). *The CHIPS and Science Act: Here's what's in it*. Octubre.

Basilan, M. (27 de Agosto de 2023). SMEE's 28nm Litho Machine Shows Beijing's Ability To Break West's Bans On Advanced Tech. *International Business Times*.

Benson, E. (2023). *Updated October 7 Semiconductor Export Controls*. Center for Strategic International Studies.

Benson, E., & Kapstein, E. B. (2023). *The limits of friend shoring*. Center for Strategic International Studies.

Bertrand, N. (4 de Enero de 2023). CNN Exclusive: A single Iranian attack drone found to contain parts from more than a dozen US companies. *CNN*.

Blanga-Gubbay, M., & Rubínova, S. (2023). *Is the global economy fragmenting?* World Trade Organization.

Bloomberg News. (18 de Diciembre de 2023). China's iPhone Ban Accelerates Across Government and State Firms. *Bloomberg*.

Bloomberg News. (6 de Marzo de 2023). Xi Vows to Boost High-End Manufacturing in Face of US Pressure. *Bloomberg*.

- Bounds, A., Liu, Q., & Bradshaw, T. (30 de Junio de 2023). Dozens of ASML shipments to China face tougher export curbs. *Financial Times*.
- Burkacky, O., Pototzky, K., Patel, M., Tang, D., & Vrijen, R. (2024). *Generative AI: The next S-curve for the semiconductor industry?* McKinsey.
- Camps, J. V., & Saz-Carranza, A. (2023). *The EU Response to the U.S. Inflation*. Barcelona: ESADE.
- Cao, D., & Gao, Y. (8 de Marzo de 2024). China Readies \$27 Billion Chip Fund to Counter Growing US Curbs. *Bloomberg*.
- Cherif, R., & Hasanov, F. (March de 2019). The return of the policy that shall not be named: principles of industrial policy. *IMF*.
- Copper, J. C. (27 de Marzo de 2024). *Taiwan*. Obtenido de Britannica: <https://www.britannica.com/place/Taiwan>
- Diamond, L., Ellis, J., & Schell, O. (17 de July de 2023). The Treacherous Silicon Triangle. *Foreign Affairs*.
- Díaz, B. (8 de Enero de 2024). Los 10 coches más vendidos en España del 2023: muchos SUV, pero no en el liderato. *Car and Driver*.
- European Union. (2023). *REGULATION (EU) 2023/1781 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL*. Official Journal of the European Union.
- Fallon, S. (23 de Diciembre de 2020). The Secret History of the First Microprocessor, the F-14, and Me. *Wired*.
- Fedor, L. (7 de Noviembre de 2023). Ohio's rustbelt turns into a magnet for chip fabs. *Financial Times*.
- Gartenberg, C. (21 de Octubre de 2021). Intel CEO warns chip shortage won't end until at least 2023, as laptop sales get hit by supply issues. *The Verge*.
- Gerken, T. (26 de Octubre de 2023). PlayStation 5 supply issues finally fixed after three years, says Sony. *BBC*.
- Haramboure, A., Lalanne, G., Schwellnus, C., & Guilhoto, J. (2023). *Vulnerabilities in the semiconductor supply chain*. OECD.
- Hof, R. D. (11 de April de 1994). 'Real Men Have Fabs'. *Bloomberg*.
- Hoskins, P. (22 de Mayo de 2023). China bans major chip maker Micron from key infrastructure projects. *BBC*.
- Hou, B., & Wan, C.-H. (3 de April de 2024). Worst Taiwan Quake in 25 Years Leaves Four Dead, Dozens Injured. *Bloomberg*.
- Huang, J.-H. (23 de Junio de 2011). *Jen-Hsun Huang: Stanford student and Entrepreneur, co-founder and CEO of NVIDIA*. (Stanford, Entrevistador) Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=Xn1EsFe7snQ&t=3400s>
- Huang, K. (2 de Diciembre de 2022). China Is Locked Into Xi Jinping's Aggressive Diplomacy. *Foreign Policy*.

Huang, S., & Drexel, B. (October de 2023). China Goes on the Offensive in the Chip War. *Foreign Affairs*.

Hwang, C. (20 de Septiembre de 2022). Samsung's ups and downs (5): who are its major foundry clients? *DigiTimes Asia*.

Intel Corporation. (2023). *2022-2023 Corporate Responsibility Report*. Intel Corporation.

Intel Corporation. (2024). *4th Quarter Earnings Presentation*. Intel Corporation.

Javorcik, B. S., Kitzmüller, L., Schweiger, H., & Yildirim, M. A. (2023). *Economic Costs of Friendshoring*. International Monetary Fund.

Kamin, D., & Kysar, R. (18 de April de 2023). The Perils of the New Industrial Policy. *Foreign Affairs*.

Kennedy, S. (2015). *Made in China 2025*. Center for Strategic International Studies.

Kessler, S. (18 de Noviembre de 2022). What Is 'Friendshoring'? *The New York Times*.

Khan, S. M., Mann, A., & Peterson, D. (January de 2021). The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness. *Center for Security and Emerging Technology*.

Knight, W. (24 de Febrero de 2024). Intel fabricará chips para Microsoft y remonta en la dura carrera por ser el motor de la IA. *Wired*.

Korn, J. (3 de Diciembre de 2021). Where are all of the consoles? How gamers are handling the global shortage. *CNN*.

Kuo, M. A. (2 de Octubre de 2023). The State of China's Semiconductor Industry. *The Diplomat*.

Lieberthal, K. G. (2011). *The American Pivot to Asia*. Brookings.

Liu, Q. (6 de Febrero de 2024). China on cusp of next-generation chip production despite US curbs. *Financial Times*.

Liu, Q. (10 de Enero de 2024). Chinese companies resort to repurposing Nvidia gaming chips for AI. *Financial Times*.

Liu, Q., & Davies, C. (12 de Marzo de 2024). South Korean chipmakers halt old equipment sales over fears of US backlash. *Financial Times*.

Liu, Q., Arenas, I. d., Clarck, D., Haslett, B., Joiner, S., Learner, S., & Rodgers, L. (Febrero de 2024). Inside the miracle of modern chip manufacturing. *Financial Times*.

Liu, S., & Patton, D. (22 de Diciembre de 2023). China bans export of rare earths processing tech over national security. *Reuters*.

Lohr, S. (7 de Agosto de 2019). U.S. Moves to Ban Huawei From Government Contracts. *The New York Times*.

Majerowicz, E., & Medeiros, C. A. (3 de September de 2018). Chinese Industrial policy in the geopolitics of the information age: The case of semiconductors. *Revista de Economía Contemporânea*, págs. 1-28.

Martin, D. (9 de Febrero de 2024). AMD Reached New CPU Market Share Record Against Intel In 2023. *CRN*.

- McBride, J. (2019). *Is 'Made in China 2025' a Threat to Global Trade?* Council on Foreign Relations.
- McCarthy, S. (26 de Diciembre de 2023). China's Xi claims 'reunification' with Taiwan is 'inevitable' as crucial election looms. *CNN*.
- McMorrow, R., Liu, N., & Liu, Q. (24 de Marzo de 2024). China blocks use of Intel and AMD chips in government computers. *Financial Times*.
- Miller, C. (21 de Septiembre de 2023). What the most 'Chinese' smartphone yet tells us about politics. *Financial Times*.
- Mohammad, W., Elomri, A., & Kerbache, L. (2022). The Global Semiconductor Chip Shortage: Causes, Implications, and Potential Remedies. *IFAC-PapersOnLine*, 476-483.
- Molloy, D. (21 de Enero de 2021). The great graphics card shortage of 2020 (and 2021). *BBC*.
- Moore, G. E. (19 de April de 1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics, Volume 38, Number 8*.
- Nellis, S. (19 de Agosto de 2021). Intel details mixed-source chip strategy and TSMC partnerships. *Reuters*.
- Nieto, A., & Miguel, B. d. (13 de Noviembre de 2009). Intel y AMD sellan la paz tras cinco años de disputas sobre competencia. *Cinco Días*.
- Pérez-Barco, M. J. (6 de Junio de 2022). Cuando Tres Cantos estaba en la vanguardia de los semiconductores. *ABC*.
- Peters, J. (10 de Noviembre de 2021). Steam Deck launch delayed by two months. *The Verge*.
- Prakash, P. (31 de Mayo de 2023). Intel struggles to make good on chip-making bet as rivals like NVIDIA get ahead: 'we didn't get into this mud hole because everything was great'. *Fortune*.
- Reilly, M. (3 de Noviembre de 2022). How Taiwan won the semiconductor race. *Engelsberg Ideas*.
- Reuters. (20 de Octubre de 2023). China export curbs choke off shipments of gallium, germanium for second month. *Reuters*.
- Reuters. (27 de Septiembre de 2023). Military exercises near Taiwan aimed at combating 'arrogance' of separatists, says China. *The Guardian*.
- Rodríguez, A. (12 de Octubre de 2022). España ya tuvo una fábrica de semiconductores en los 90 y la dejó caer en el olvido. *Hipertextual*.
- Samsung. (15 de January de 2024). *Our Incredible Journey*. Obtenido de Samsung Semiconductor: <https://semiconductor.samsung.com/about-us/history/>
- Samsung Electronics. (2024). *4Q 2023 Financial Results*. Samsung Electronics.
- Schleich, M., & Reinsch, W. A. (26 de Septiembre de 2023). Contextualizing the National Security Concerns over China's Domestically Produced High-End Chip. *Center for Strategic International Studies*.

- Semiconductor Industry Association. (2021). *SIA Whitepaper: Taking stock of China's Semiconductor Industry*. Semiconductor Industry Association.
- Semiconductor Industry Association. (2023). *State of the U.S. Semiconductor Industry 2023*. Semiconductor Industry Association. Obtenido de [https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2023/08/SIA\\_State-of-Industry-Report\\_2023\\_Final\\_080323.pdf](https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2023/08/SIA_State-of-Industry-Report_2023_Final_080323.pdf)
- Semiconductor Industry Association. (20 de January de 2023). *U.S. Semiconductor Ecosystem Map*. Obtenido de Semiconductor Industry Association: <https://www.semiconductors.org/u-s-semiconductor-ecosystem-map/>
- Semiconductor Industry Association. (20 de January de 2024). *CHIPS for America Act & FABS Act*. Obtenido de Semiconductor Industry Association: <https://www.semiconductors.org/chips/>
- Shih, W. (Agosto de 2021). Everything you need to know about the global chip shortage. (N. Patel, Entrevistador) The Verge.
- Shivakumar, S., & Wessner, C. (2022). *Semiconductors and National Defense: What Are the Stakes?* Washington D.C.: Center for Strategic International Studies.
- Singer, M. (8 de Julio de 2005). Intel and AMD: A long history in court. *CNET*.
- Statista. (3 de Abril de 2024). *Semiconductor foundries market revenue worldwide from 2019 to 2023, by quarter*. Obtenido de Statista: <https://www.statista.com/statistics/867210/worldwide-semiconductor-foundries-by-revenue/#:~:text=Semiconductor%20foundries%20market%20revenue%20worldwide%202019%2D2023%2C%20by%20quarter&text=In%20the%20fourth%20quarter%20of,made%203.62%20billion%20U.S.%20>
- Tarasov, K. (22 de Noviembre de 2022). How AMD became a chip giant and leapfrogged Intel after years of playing catch-up. *CNBC*.
- Team Counterpoint. (2023). *Global Semiconductor Foundry Revenue Share: Q3 2023*. Counterpoint Research.
- The Economist. (14 de Febrero de 2024). Where democracy is most t risk. *The Economist*.
- The White House. (2022). *FACT SHEET: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China*. Washington D.C.: The White House.
- Tien, H.-M., & Shiau, C.-J. (1992). Taiwan's democratization: A summary. *World Affairs, Vol. 155, No. 2*, págs. 58-61.
- Toh, M. (19 de Enero de 2024). TSMC says its \$40 billion chip project in Arizona faces a further delay. *CNN*.
- Trading Economics. (30 de Marzo de 2024). *Containerized Freight Index*. Obtenido de Trading Economics: <https://tradingeconomics.com/commodity/containerized-freight-index>
- TSMC. (2023). *2022 Annual report*. TSMC.
- Tuo, M. (1 de Marzo de 2024). SMIC unhindered by US sanctions as Chinese foundry strives toward 5nm. *Digitimes Asia*.

- Valve Corporation. (Febrero de 2024). *Encuesta sobre hardware y software de Steam: February 2024*. Obtenido de Steam: <https://store.steampowered.com/hwsurvey/Steam-Hardware-Software-Survey-Welcome-to-Steam>
- VerWey, J. (2019). *Chinese Semiconductor Industrial Policy*. United States International Trade Commission.
- White, M. J. (11 de Marzo de 2024). Nvidia RTX 50-series graphics cards: news, release date, price, and more. *Digitaltrends*.
- Wired Staff. (3 de Marzo de 2009). Intel, TSMC form tech alliance, target new markets. *Wired*.
- World Population Review. (5 de April de 2024). *World Population Review*. Obtenido de Countries that recognize Taiwan 2024: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/countries-that-recognize-taiwan>
- World Trade Organization. (2022). *The Crisis in Ukraine: Implications of the war for global trade and development*. World Trade Organization.
- Xinhua. (2024). *Xi's 'two sessions' messages highlight China's high-quality development in crucial year*. Beijing: The State Council of the People's Republic of China.
- Yu, Y. (22 de Enero de 2021). Intel to outsource more chip production after record year. *Nikkei Asia*.