



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

SUPPLY CHAIN DE PRODUCTOS TECNOLÓGICOS EN LA UE: RIESGOS Y POSIBLES SOLUCIONES

Autor: Sergio Gato Carmona

Director: Dr. Manuel Francisco Morales Contreras

1.	<u>RESUMEN Y PALABRAS CLAVE</u>	4
1.1	RESUMEN	4
1.2	PALABRAS CLAVE	4
2.	<u>ABSTRACT AND KEYWORDS</u>	4
2.1	ABSTRACT	4
2.2	KEYWORDS	4
3.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	5
3.1	OBJETIVOS	5
3.2	METODOLOGÍA	5
4.	<u>MARCO TEÓRICO: GLOBAL VALUE CHAINS Y RESILIENCIA DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO</u>	7
5.	<u>INDUSTRIA TECNOLÓGICA EUROPEA</u>	8
5.1	RESUMEN DEL ESTADO ACTUAL: ORIGEN, PROCESOS Y PRINCIPALES SOCIOS COMERCIALES	8
5.2	CAPACIDAD ACTUAL DE PRODUCCIÓN EN EUROPA	13
5.3	RIESGOS ASOCIADOS A LA SITUACIÓN ACTUAL	16
5.4	CASO ELEMENTAL TECHNOLOGIES	18
5.5	ESCASEZ DE MICROCHIPS A NIVEL GLOBAL: RESILIENCIA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	20
5.6	RESULTADOS: RIESGOS DETECTADOS	23
5.7	REVISIÓN DE LITERATURA	24
6.	<u>EUROPEAN CHIP ACT: ¿UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA?</u>	26
6.1	PROPUESTAS PREVIAS	26
6.2	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LA LEY EUROPEA DE CHIPS	29
6.3	MEDIDA 1: INICIATIVA CHIPS PARA EUROPA	29
6.4	MEDIDA 2: GARANTIZAR LA SEGURIDAD DEL SUMINISTRO	32
6.5	MEDIDA 3: MONITORIZACIÓN Y RESPUESTA A CRISIS	35
6.6	OTRAS INICIATIVAS INTERNACIONALES	37

6.6.1	CHIPS FOR AMERICA ACT	37
6.6.2	MADE IN CHINA 2025 Y OTRAS INICIATIVAS	38
6.7	RESULTADOS: COMPARATIVA DE LAS PROPUESTAS Y RESUMEN	39
6.8	REVISIÓN DE LITERATURA	40
7.	<u>RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS</u>	41
8.	<u>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</u>	42
9.	<u>ANEXOS</u>	47
9.1	ANEXO I	47
9.2	ANEXO II	47
10.	<u>REFERENCIAS</u>	48

1. Resumen y palabras clave

1.1 Resumen

En esta tesis se analiza la cadena de suministro de los dispositivos electrónicos en la Unión Europea, con un enfoque centrado en los semiconductores, mediante el estudio del estado actual de la industria, las capacidades del sector europeo comparándolas con las de otras potencias industriales e identificando posibles riesgos relevantes para la cadena. Por otro lado, se realiza un estudio de la propuesta de la Comisión Europea para alcanzar la soberanía en materia de chips, sintetizando los riesgos detectados por la Comisión y sus objetivos y comparando las medidas con otras propuestas similares de los gobiernos de China y Estados Unidos.

1.2 Palabras clave

Cadena de suministro, dispositivos electrónicos, semiconductores, chips, Unión Europea, capacidad de producción, fabricantes, cadenas de suministro resiliente.

2. Abstract and keywords

2.1 Abstract

This thesis analyses the electronics supply chain in the European Union with a focus in semiconductors, by studying the state of the industry, the European manufacturing capabilities by comparing them with other major industrial powers and identifying possible risks for the chain. On another note, the thesis studies the European Commission law proposal to achieve chip sovereignty, by synthesizing the current risks detected by the Commission and the goals of the proposal, also comparing it with similar proposals from the Chinese and the United States governments.

2.2 Keywords

Supply chain, electronic devices, semiconductors, chips, European Union, manufacturing capabilities, manufacturers, resilient supply chains.

3. Introducción

En 2020 en Europa Occidental había 422 millones de contratos de telefonía para teléfonos inteligentes (O'Dea, 2021). En el año 2018, el sector de la electrónica de consumo facturó 1.939 millones de euros y el producto con mayor penetración en los hogares fue el televisor (Fernández, 2021). En el día a día, utilizamos decenas de dispositivos electrónicos prácticamente sin darnos cuenta y en los próximos años el número de interacciones que tendremos con aparatos “analógicos” se irán reduciendo hasta desaparecer. Asimismo, prácticamente todos los servicios que se prestan en España y los procesos industriales son dependientes de dispositivos electrónicos, incluyendo las industrias críticas, como la defensa, energía, telecomunicaciones y logística.

Los dispositivos que nos permiten acceder a un volumen de información ilimitado en milésimas de segundo, consumir contenido audiovisual, gestionar una planta de generación eléctrica o comunicarnos con personas a miles de kilómetros de distancia, tienen una cosa en común, y es que la mayoría de ellos no están producidos en la Unión Europea.

3.1 Objetivos

El objetivo de este trabajo es analizar la situación actual de la cadena de suministro para la industria tecnológica, con la intención de detectar posibles riesgos y definir el estado de esta en la Unión Europea. Además, se estudiarán las soluciones que plantea la Unión Europea, los objetivos establecidos por la Comisión y se compararán con otras iniciativas gubernamentales, identificando la efectividad de las medidas propuestas.

3.2 Metodología

El enfoque metodológico de este ensayo es de tipo cualitativo mediante la revisión de literatura publicada relacionada con la temática del trabajo, bien proveniente de trabajos académicos y estudios, obtenidos a través de la búsqueda en Google Scholar utilizando términos de búsqueda como *supply chain*, *semiconductors*, *foundries*, *EU electronics manufacturing* y *supply chain*

*risks*¹ y, eliminando las referencias no relacionadas con el tema. Además, la revisión de las referencias de algunos de estos artículos ha permitido localizar nuevos documentos que aportaban información relevante para responder a los objetivos planteados. Por otro lado, la documentación de carácter no académico del trabajo se ha obtenido realizando búsquedas en el motor de búsqueda Google sobre la temática del trabajo, reportando estas búsquedas informes de consultoras, comunicados de asociaciones sectoriales, artículos de opinión, notas de prensa de los principales actores, propuestas normativas y resultados financieros de las compañías del sector. Muchos de estos documentos me han proporcionado información para entender el estado actual de la industria, decisiones del sector y sus tendencias. Asimismo, las propuestas legislativas y las noticias sobre el estado de la industria aportan una visión del sector por personas externas como pueden ser periodistas o políticos. La información no científica recopilada se ha incluido en diversos epígrafes, especialmente en el de resumen del estado actual y el de capacidad actual de producción.

Por otro lado, con el objetivo de confirmar los resultados obtenidos, que son por un lado los riesgos actuales de la cadena de suministro de semiconductores y el análisis de las propuestas legislativas en relación con dispositivos electrónicos y semiconductores, he realizado una serie de entrevistas a varios expertos del sector de *supply chain* con experiencia directa o relacionada con dispositivos electrónicos y/o semiconductores a los que se ha contactado a través de correo electrónico y redes sociales. Las entrevistas las he llevado a cabo por video llamada y en ellas he introducido a los entrevistados el tema estudiado y los objetivos de esta tesis mostrando un resumen de las conclusiones alcanzadas con la revisión de literatura y he realizado preguntas a los entrevistados para conocer su opinión sobre los objetivos seleccionados, el enfoque del trabajo, y las conclusiones que les he presentado, permitiéndoles aportar sus opiniones y experiencias profesionales en la materia mediante preguntas abiertas. La información sobre los expertos del sector entrevistados se encuentra en el Anexo I y el guion usado en las entrevistas se encuentra adjunto en el Anexo II. Las entrevistas fueron grabadas para facilitar su posterior revisión y las opiniones vertidas por los expertos se han sintetizado en un apartado específico del trabajo e incluido en el apartado de discusión y conclusión. Para la realización de las

¹ El uso de términos en inglés permite acceder a un mayor número de referencias, ya que el ámbito del trabajo es internacional y europeo. La traducción de los términos es cadena de suministro, semiconductores, fundiciones, fabricación de electrónica en la UE y riesgos de la cadena de suministro.

entrevistas he trabajado con una cláusula de confidencialidad y por esa razón no se mencionan datos personales de los expertos en este ensayo.

4. Marco teórico: Global Value Chains y resiliencia de las cadenas de suministro

“La producción global es una característica de la economía internacional del siglo XXI” (Kim y Rosendorff, 2021, p.1) y ya desde los años 90 se comenzó a experimentar una transformación de los flujos de comercio internacional relacionados con la aceleración de las comunicaciones y la eliminación progresiva de las barreras administrativas que limitaban el comercio entre países. Esta situación del comercio global ha derivado en un incremento del comercio de productos intermedios, que son productos que se emplean para la producción de bienes finales, como por ejemplo componentes electrónicos. Durante el proceso de producción cada vez que se produce un cruce de frontera se va generando valor hasta que el producto llega al punto de consumición (Antràs y Chor, 2021), y se han desarrollado métodos para medir de forma cuantitativa el impacto de una región o un país en esta cadena. En el caso de la Unión Europea, se ha demostrado que el valor generado por la UE en las GVCs se ha ido reduciendo de aproximadamente el 30% del valor global a casi el 20% durante el periodo 2000-2014 y en el caso de la cadena de valor de dispositivos electrónicos el valor creado se ha reducido un 10% aproximadamente, pese al incremento de la demanda global de dispositivos electrónicos. Esto es debido al incremento de la competencia de países extranjeros, que cada vez participan en tareas más complejas y aportando más valor a la cadena, mediante la especialización en la producción de un tipo concreto de componentes o procesos industriales.

El crecimiento de las GVCs se debe a un incremento de la especialización vertical, que es cuando algunos países se especializan en etapas concretas de la producción y/o en bienes intermedios específicos, un ejemplo de esto es Taiwán donde hay un grado elevado de especialización en la producción de circuitos integrados. De forma muy simplificada, se podría decir que el aumento de la especialización vertical en todo el mundo se ha podido generalizar por una reducción de los aranceles y tasas aduaneras en todo el mundo. (Yi, 2003).

Por otro lado, las teorías modernas sobre la cadena de suministro la definen como una red dinámica de industrias y compañías (Håkansson y Snehota, 1989) y en los años 90 el principal impulsor de los nuevos desarrollos en materia de cadena de suministro fue la necesidad de los consumidores de una rápida producción y entrega de bienes, que fue posible gracias a un uso intensivo de la tecnología (Christopher y Peck, 2004). Los riesgos para la cadena de suministro se pueden dividir en 3 principales categorías: internos a la firma, externos a la firma, pero internos a la cadena y, por último, los externos a la firma y a la cadena. Existen principios de diseño para garantizar la resiliencia de la cadena de suministro, pero para el correcto funcionamiento de estos se deben entender adecuadamente los riesgos sistémicos y no solo se debe modificar la cadena de suministro para obtener mejoras en la eficiencia, sino que se debe tener en cuenta que, a cada cambio, se debe buscar fortalecer la cadena contra imprevistos. Una de las últimas tendencias para mejorar la resiliencia de las cadenas de suministro es la constante monitorización de incidentes y el desarrollo de planes de continuidad de negocio que pongan a prueba la cadena de suministro, es decir, combinar la gestión tradicional de los procesos, con una política fuerte y realista de control de riesgos que permita a las compañías sobrevivir en situaciones como una catástrofe natural o un desplome de los mercados (Saenz y Revilla, 2014).

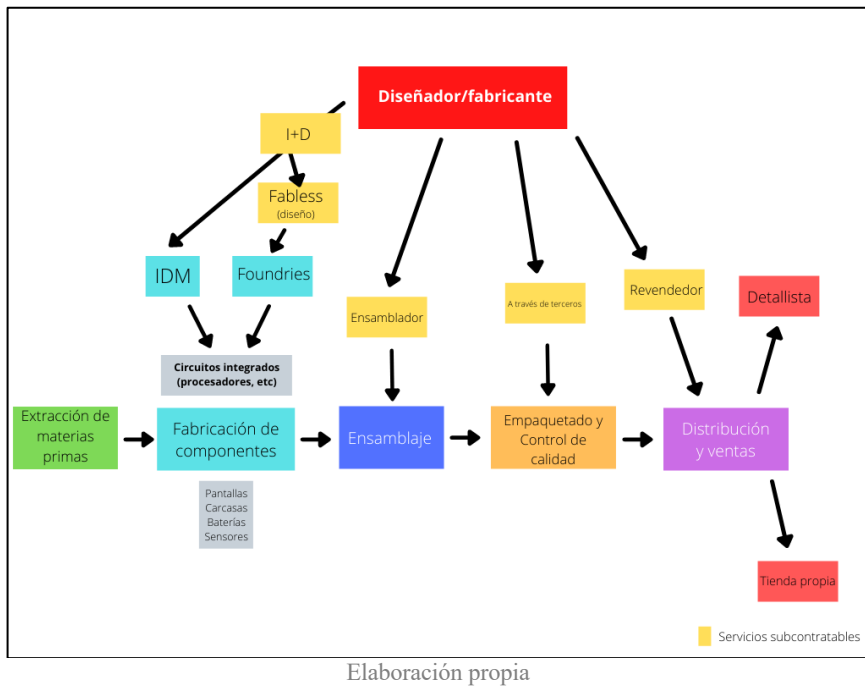
5. Industria Tecnológica Europea

5.1 Resumen del estado actual: origen, procesos y principales socios comerciales

Los productos de electrónica de consumo se conforman de diversas piezas y componentes entre los que podemos encontrar carcasas, baterías, pantallas, altavoces, micrófonos, interruptores, sensores y microprocesadores. Algunos de estos productos son más sencillos de fabricar como puede ser el caso de las carcasas, pero otros resultan especialmente complejos de fabricar o las materias primas para producirlos son escasas y complicadas de extraer como es el caso de las baterías.

Para comprender el alcance de este trabajo resulta conveniente describir adecuadamente la cadena de suministro de la mayoría de los dispositivos electrónicos, para entender donde existen los riesgos y las posibles soluciones que se han propuesto en la Unión Europea.

Ilustración 1 Flujo de la cadena de suministro de dispositivos electrónicos



En el flujograma (Figura 1) se puede observar la cadena de suministro de un aparato electrónico liderada por el fabricante o diseñador. Los cuadros en amarillo son pasos opcionales, principalmente relacionados con la subcontratación de procesos como puede ser el I+D, el diseño de circuitos integrados, ensamblaje de componentes, empaquetado y en el caso de algunos productos la existencia de un revendedor que venderá los productos bajo su marca en lugar de la del diseñador o fabricante. Por ejemplo, un fabricante como Samsung a la hora de producir un teléfono inteligente, participa en una gran parte de la cadena ya que fabrica sus propios componentes y tiene sus propios equipos de desarrollo y contando con capacidad para producirlos e incluso una red de tiendas propias en algunos países. En cambio, un fabricante como Apple diseña muchos de sus propios componentes como sus semiconductores, pero no cuenta con fábricas propias y por tanto tiene que subcontratar varias fases del proceso, aunque luego cuenta con distribución propia y vende los productos bajo su marca.

Uno de los componentes más complejos de fabricar son los circuitos integrados, que se encuentran en todos los dispositivos electrónicos y que se producen en plantas de fabricación especializadas, y por ello suponen uno de los procesos más complejos a los que se enfrenta cualquier fabricante de dispositivos electrónicos. Por esta razón, en el gráfico se da mucha importancia a la fase de fabricación de los componentes, y especialmente, a los circuitos integrados.

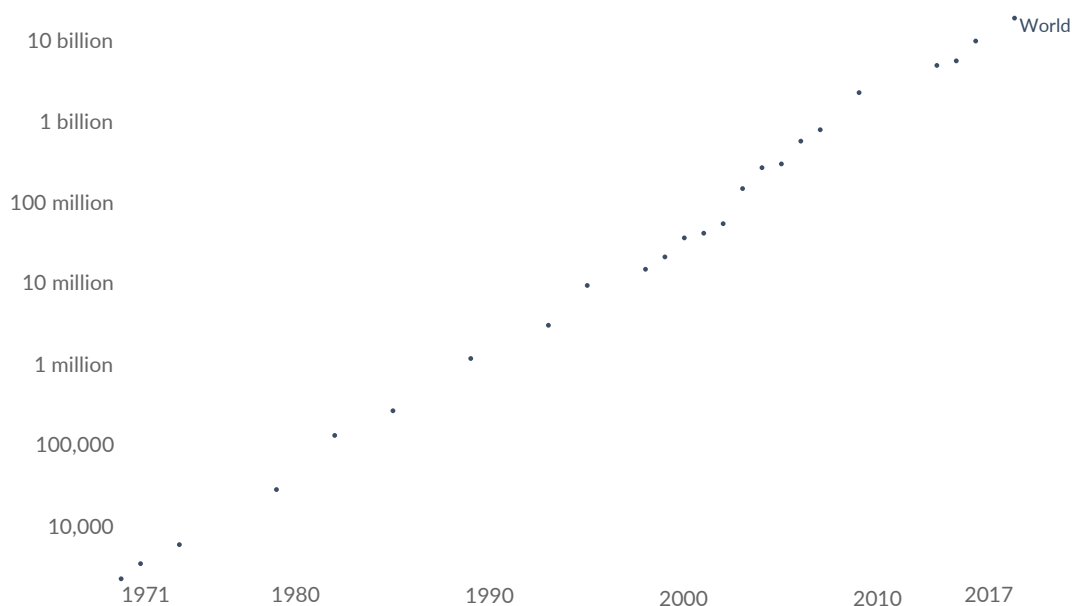
Durante este trabajo de investigación se dedicará una gran parte del contenido a estudiar la industria de los semiconductores, ya que suponen el principal impedimento para comenzar la fabricación de dispositivos electrónicos en la UE en el corto plazo y en los últimos años autoridades, empresas e incluso la opinión pública les está dando una especial importancia, especialmente tras los problemas de suministro que comenzaron en 2020 y se mantienen hasta nuestros días.

Con la aparición de los circuitos integrados tipo MOSFET en 1960 (Sze, 2002) y su rápido crecimiento en los años siguientes, inspiraron a Gordon Moore, cofundador de Intel a formular la ley empírica que lleva su nombre en la que postuló que el número de transistores en un circuito integrado se duplica cada año (Moore, 1998). Esta “ley” fue reformulada en 1975 y Moore estableció que desde 1980 el número de transistores se duplicaría cada dos años.

Gráfico 1 Evolución de la Ley de Moore

Moore's Law: Transistors per microprocessor

Number of transistors which fit into a microprocessor. This relationship was famously related to Moore's Law, which was the observation that the number of transistors in a dense integrated circuit doubles approximately every two years.



Source: Karl Rupp. 40 Years of Microprocessor Trend Data.

CC BY

Gráfico extraído de [Our World in Data](https://ourworldindata.org)

El objetivo de este trabajo no es analizar los procesos de fabricación de circuitos integrados, pero resulta lógico resumir de forma sencilla el proceso para poder entender su complejidad. Para la producción de un chip, se parte de una oblea de silicio que obtiene de un lingote de

silicio puro y primera fase denominada deposición, consiste en instalar sobre la oblea el cableado, transistores y otros componentes. Este proceso se ha ido haciendo más complejo con los años a medida que las estructuras de los circuitos integrados se reducían. La siguiente fase consiste en la aplicación de la capa foto resistente a la oblea de silicio a la que posteriormente se le realiza un proceso de fotolitografía, una de las fases más complejas ya que determina el tamaño de los transistores en un chip. Durante la fotolitografía se utiliza luz ultravioleta para “imprimir” el patrón deseado sobre la oblea, siendo algunos de los detalles 1000 veces más finos que un grano de arena. Tras el proceso de litografía, se realiza el grabado, que es un proceso en el que con gases y químicos se expone el patrón litografiado previamente sobre la oblea. El siguiente paso es el ionizado del patrón para ajustar las capacidades conductoras del mismo. Y una vez ionizado se realiza el proceso de empaquetado, que comienza con el corte de la oblea en los diferentes chips individuales y que se preparan sobre el sustrato, que es la base con los contactos electrónicos del chip y que, junto con el disipador de calor, terminan la última fase de producción (Timming, 2021).

La industria de los semiconductores es muy compleja y existen diferentes compañías con diferentes características. Habitualmente, las compañías se pueden clasificar en *IDMs*, *foundries* y *fabless*. (Brown, 2009)

Los fabricantes IDM, siglas en inglés de *Integrated Device Manufacturers*, diseñan y fabrican sus propios procesadores. Compañías como Samsung (Corea del Sur), Intel (EE. UU.), Texas Instruments (EE. UU.), Bosch (Alemania), Micron (EE. UU.) y STMicroelectronics (Francia/Italia).

Los fabricantes *pure-play* o *foundry* no cuentan con sus propios productos, sino que fabrican diseños de sus clientes a demanda. Este modelo requiere una demanda estable para ser rentable, ya que la rentabilidad unitaria es reducida, y es un fenómeno que comenzó en 1980 en Taiwán, coincidiendo con el aumento de fabricantes *fabless* provenientes de Silicon Valley en California que encontraron en los fabricantes taiwaneses los socios perfectos para producir sus diseños de circuitos integrados. En 2019, el 21,6% de los microprocesadores fabricados provenía de Taiwán, donde el 89% de los fabricantes siguen el modelo *foundry*. El principal fabricante de semiconductores que sigue este modelo de negocio es la compañía taiwanesa TSMC, que tiene una cuota de mercado del 55% y que es la compañía de semiconductores más valiosa del mundo, con instalaciones en Taiwán, China, Japón y EE. UU. en las que produce

más de 10 millones de chips al año. Debido a su elevada capacidad de producción, fabricantes de tipo IDM como Intel o Texas Instruments, en ocasiones se ven obligados a subcontratar parte de su producción a la *pure-play* taiwanesa. Otro fabricante es UMC, de origen taiwanés con una cuota de mercado del 7%, Globalfoundries de origen americano y con instalaciones en Singapur, EE. UU. y Alemania, con cuota de mercado del 7% y la china SMIC que está participada por el Gobierno chino y tiene una cuota de mercado del 5% (Trendforce, 2021a). También resulta conveniente mencionar en este apartado a Samsung ya que pese a ser considerado uno de los principales fabricantes IDM, también realiza producción como *foundry* en ocasiones puntuales, pero es clasificado como un IDM.

Por último, encontramos las compañías *fabless* que no cuentan con sus propias factorías y están centradas en el diseño y/o venta de los componentes. Tal y como se ha mencionado anteriormente, la existencia de *foundries* es esencial para estas compañías. Las principales compañías *fabless* de semiconductores ordenadas por sus volúmenes de facturación de 2020, Qualcomm (EE. UU.), Broadcom (EE. UU.), Nvidia (EE. UU.), Mediatek (Taiwán) y AMD (EE. UU.) (Trendforce, 2021b). Resulta lógico destacar como otro principal fabricante de semiconductores a Apple, ya que, pese a no vender sus componentes a otros fabricantes, su volumen de producción y la relevancia a nivel técnico de sus propios circuitos integrados, que habitualmente son fabricados por TSMC, le convierten en uno de los principales *fabless*.

Para simplificar la información mostrada anteriormente, se puede observar la siguiente tabla que resume los distintos fabricantes y sus modelos de negocio.

Tabla 1 Principales fabricantes de semiconductores

Nombre	Tipo	Origen	Volumen de ventas/cuota de mercado
Samsung Electronics	IDM	Corea del Sur	56 billones de \$
Intel	IDM	EE.UU.	70 billones de \$
Bosch	IDM	Alemania	No aplica
Texas Instruments	IDM	EE.UU.	13 billones de \$
Micron	IDM	EE.UU.	22 billones de \$
STMicroelectronics	IDM	Francia/Italia	12 billones de \$
TSMC	Foundry	Taiwán	55%

UMC	Foundry	Taiwán	7%
Globalfoundries	Foundry	EE.UU.	7%
SMIC	Foundry	China	5%
Qualcomm	Fabless	EE.UU.	33.57 billones de \$ ²
Broadcom	Fabless	EE.UU.	27.45 billones de \$ ³
Nvidia	Fabless	EE.UU.	26.91 billones de \$ ⁴
Mediatek	Fabless	Taiwán	17 billones de \$ ⁵
AMD	Fabless	EE.UU.	16.4 billones de \$ ⁶
Apple	Fabless	EE.UU.	No aplica

Elaboración propia con datos obtenidos de diversas fuentes

5.2 Capacidad actual de producción en Europa

En el anterior apartado del trabajo se han mencionado a los principales fabricantes de microprocesadores en sus diferentes tipos, destacando un reducido número de fabricantes con sede en la Unión Europea y siendo todos ellos de tipo IDM, que producen y diseñan sus propios semiconductores. Estos son Bosch con sede en Alemania y STMicroelectronics con sede en Suiza, pero de origen francoitaliano. Los principales usos de los circuitos integrados producidos por la compañía alemana Bosch están destinados a la industria del automóvil, que representa un 7% del PIB de la UE, que es uno de los principales centros de I+D del automóvil a nivel mundial. En el caso de STMicroelectronics, si se estudia su catálogo de productos se puede determinar que la mayoría de los componentes que fabrican son sensores, transformadores de corriente, dispositivos conectados y para la industria del automóvil.

Una forma muy utilizada en la industria para medir la producción de circuitos integrados es la capacidad de producir obleas de 200mm por mes. Según los datos aportados por la consultora AnySilicon en 2020 el 21,4% de la capacidad de producción global instalada está ubicada en

² Obtenido de <https://www.statista.com/statistics/737780/revenue-of-qualcomm/>

³ Obtenido de <https://investors.broadcom.com/news-releases/news-release-details/broadcom-inc-announces-fourth-quarter-and-fiscal-year-2021>

⁴ Obtenido de <https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-announces-financial-results-for-fourth-quarter-and-fiscal-2022>

⁵ Obtenido de <https://corp.mediatek.com/investor-relations/investor-relation-news/monthly-sales-revenue-december-2021>

⁶ Obtenido de <https://ir.amd.com/news-events/press-releases/detail/1044/amd-reports-fourth-quarter-and-full-year-2021-financial#:~:text=For%20full%20year%202021%2C%20the.earnings%20per%20share%20of%20%242.57.>

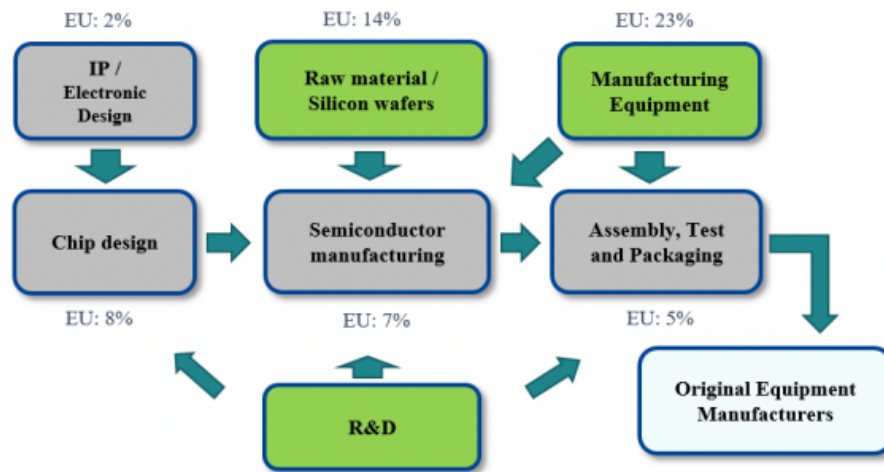
Taiwán, el 20.4% Corea del Sur, el 15.8% Japón, el 12.6% América del Norte y el 5.7% Europa, aunque la Comisión Europea estima la capacidad de la UE entre el 7 y el 10% (Comisión Europea, 2022b). Según AnySilicon se espera un aumento de la capacidad de China y una reducción de la capacidad en Norte América, que pese a tener una industria de innovación y desarrollo de semiconductores muy fuerte, sus fabricantes dependen de *foundries* extranjeros para producir sus circuitos integrados.

Desde el año 1995 hasta el año 2010 la capacidad de producción de la Comunidad Europea se ha mantenido estable, mientras que por ejemplo China ha sido capaz de desarrollar su industria de semiconductores de forma más ágil, multiplicando casi por tres su capacidad de producción desde 2005 a 2020. (Abma Hendrik, 2021)

Si estudiamos la competitividad de la UE utilizando el concepto de Global Value Chain y mediante la medición de la generación de valor añadido a lo largo de la cadena, podemos observar como en el año 2000 la UE generaba el 30% del valor total a nivel global y en 2014, la UE había reducido su generación de valor al 22%, mientras China y otras potencias crecieron en este indicador. En el caso de la fabricación de electrónica, se puede observar que, pese al incremento de demanda, la competitividad de las economías no comunitarias ha aumentado, perdiendo la economía europea más de un 10% de su cuota de mercado de valor añadido en fabricación, tal y como se mencionó al introducir las teorías de GVC (Martínez y Marschinski, 2020).

Al igual que en el anterior apartado, se ha analizado la cadena de suministro de dispositivos electrónicos, y para visualizar la cadena de suministro de los semiconductores, así como la cuota de mercado de la UE en cada uno de los procesos se adjunta un flujograma procedente de un estudio llevado a cabo por la Comisión Europea.

Ilustración 2 Flujograma de la cadena de suministro de semiconductores



Extraído de la comunicación de la UE: [A Chips Act for Europe](#)⁷

Tal y como se puede observar en el gráfico uno de los pasos de la cadena en los que la UE cuenta con la menor cuota de mercado son los procesos de producción, y cuyo aumento se presenta como un reto, por su elevada complejidad y requerimiento de inversiones multimillonarias. Para ejemplificar el reto, podemos tomar el anuncio de la compañía taiwanesa TSMC de noviembre de 2021 sobre la construcción de una planta de semiconductores en colaboración con Sony en Japón (Park y Kelly, 2021), siendo la inversión en estas instalaciones de 7 billones de dólares americanos y un plazo de más de 2 años para ponerla en funcionamiento, en el contexto de un país, Japón, que ya produce el 16% de los chips del mundo y contando con los recursos de TSMC, el mayor fabricante a nivel global. El contexto actual de falta de suministro de semiconductores está generando picos de demanda no solo en las factorías dedicadas a la fabricación de los circuitos integrados, sino también en las compañías que producen los equipos que se encuentran en las factorías. ASML, una compañía holandesa que produce los equipos de fotolitografía⁸ más avanzados del mundo, considerada uno de los principales actores en la cadena global de producción de semiconductores y una de las principales razones por las que la UE cuenta con más de un 20% de cuota de mercado en el ámbito de los equipos de producción para semiconductores según la Ilustración 2, anunció en septiembre de 2021 de un incremento de sus previsiones de ventas hasta 2025 (Shead, 2021),

⁷<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-chips-act-communication-regulation-joint-undertaking-and-recommendation>

⁸ Fotolitografía: proceso por el que se transfiere un patrón a la oblea de silicio.

que está directamente relacionado con el desarrollo de nuevas plantas de producción en todo el mundo para suplir la demanda actual, lo que implica que aumentar la capacidad de producción en la UE de forma inmediata aparte de presentar limitaciones técnicas y económicas, presenta la existencia de cuellos de botella en la producción de los equipos que se utilizan durante el proceso.

La compañía china de semiconductores SMIC, que representa el 80% de la cuota de mercado de las *foundries* en el país asiático, comenzó en 2020 una fase de expansión con la intención de duplicar su inversión en instalaciones de producción en el plazo de un año (Herh, 2020), apoyándose en subvenciones de las autoridades chinas en forma de reducciones fiscales y subvenciones de diferentes gobiernos locales, junto inyecciones de capital que el Gobierno chino ha realizado. Este proceso de expansión se ha visto ralentizado por la imposición de sanciones por parte del Gobierno estadounidense en base a una presunta colaboración de SMIC en proyectos de defensa chinos (Swanson y Zhong, 2020), que impiden a las compañías americanas exportar software y equipos a la compañía china y que han afectado a su capacidad de ampliar su capacidad de producción. El Gobierno de Estados Unidos ha intentado que las empresas chinas no tengan acceso a equipos de fotolitografía avanzados necesarios para realizar chips de última generación e incluso intentó bloquear la exportación de los equipos fabricados por la compañía de holandesa ASML, mencionada anteriormente. Con este ejemplo real, se puede observar la complejidad y el número de actores involucrados en la ampliación de capacidad a gran escala y las dificultades que se pueden presentar a lo largo del proceso.

Indudablemente la capacidad de producción de la UE es limitada, aunque hay ciertos factores como la existencia de empresas europeas que producen equipos de alta tecnología que intervienen en los procesos y el acceso a materias primas podrían acelerar un aumento de capacidad futuro.

5.3 Riesgos asociados a la situación actual

La falta de capacidad de producción de semiconductores se puede hacer extensible a otras fases del proceso de fabricación y/o a otros componentes que forman parte de los dispositivos electrónicos que usamos día a día y pueden suponer un riesgo de suministro en el caso de un conflicto con Taiwán, Japón, China e incluso Estados Unidos, ya que en nuestra región solo

contamos con alrededor de un 6% de la capacidad de producción global. Por otra parte, existen riesgos para las compañías europeas que se enfrentan a problemas para encontrar capacidad de producción disponible en las *foundries* o a la imposibilidad de adquirir componentes a las compañías tipo IDM en momentos de aumento de la demanda. También existe un riesgo de que al ritmo actual la industria de semiconductores europea no cuente con capacidad de fabricación, ni con capacidad de desarrollo e innovación, ya que ningún *fabless* europeo se encuentra entre los 10 primeros con más cuota de mercado del mundo, lo que convierte a los países de la UE en poco atractivos para el establecimiento de factorías.

Por otra parte, existe un riesgo para la seguridad nacional especialmente en el ámbito de infraestructuras críticas y defensa donde el uso de tecnología extranjera puede permitir a actores extranjeros realizar ataques de hardware cuya prevención es compleja, y del que ya se han detectado casos reales en los que profundizaremos más adelante durante el trabajo, por su relevancia a la hora de establecer soluciones, especialmente para industrias críticas.

Por último, pese a no ser el objetivo del trabajo, cabe destacar la importancia de no solo contar con capacidad para ser soberano a nivel de producción de hardware, sino contar con capacidad para desarrollar software propio sin depender de compañías extranjeras especialmente en el caso de los sistemas de comunicaciones, pero también para productos de *Internet of Things* que están comenzando a conectar próximamente ciudades, fábricas, infraestructuras críticas, pero también las persianas, altavoces, electrodomésticos y luces de una casa. El 40% de las instalaciones industriales de Estados Unidos tenían conexión directa con internet (CyberX, 2020), lo que los haría más vulnerables a un ataque del exterior. En la línea del IoT (*Internet of Things*), existe otro riesgo relacionado con la falta de seguridad de dispositivos de uso personal que en ocasiones tienen vulnerabilidades que permiten atacarlos desde el exterior o usarlos para espiar a sus usuarios (AEPD, 2021). En esta misma línea, la dependencia de aplicaciones extranjeras puede suponer el envío de datos personales a servidores en países donde no se va a respetar la privacidad los usuarios e incluso van a estar accesibles a gobiernos extranjeros sin las garantías de seguridad de un servicio domiciliado en países con fuertes normativas de protección de datos y de la intimidad. Un ejemplo de un riesgo asumido por una administración pública español, lo pone de manifiesto una circular que emitió la Dirección General de la Policía para evitar que los agentes usaran aplicaciones como Telegram y Whatsapp para comunicarse sobre asuntos profesionales y lanzó una aplicación específica para

los agentes en colaboración con una empresa española para evitar los problemas de privacidad anteriormente mencionados. (Blasco, 2017).

5.4 Caso Elemental Technologies

En el año 2018, un artículo de investigación publicado en la revista Bloomberg Business Week dio a conocer un caso de presunto espionaje realizado a través de hardware que se ha convertido en uno de los casos paradigmáticos de brecha de seguridad en la cadena de suministro. Elemental Technologies es una compañía estadounidense fundada en 2006 en Portland, Oregón (*AWS Elemental - Crunchbase Company Profile y Funding.*) que desarrollaba software de compresión de vídeo y cuyo producto estrella era un servidor que se instalaba en los sistemas de los clientes y se encargaba de la compresión de vídeo. Este producto era ensamblado por la compañía americana SuperMicro en fábricas de socios en China. Entre los clientes de Elemental se encontraban la Agencia Central de Inteligencia de los EE.UU. (CIA, por sus siglas en inglés), la Estación Espacial Internacional y los Juegos Olímpicos. En el año 2015, Amazon estaba trabajando en el lanzamiento de Amazon Prime Video y comenzó un proceso de evaluación para adquirir Elemental Technologies, que incluía el análisis del hardware de la compañía por parte de un tercero que realizó una auditoría de seguridad. Durante este proceso se detectó un chip más pequeño que un grano de arroz instalado en los servidores, que no existía en los diseños de los circuitos integrados entregados por Elemental. Como se ha mencionado antes, los servidores eran ensamblados por la compañía californiana SuperMicro que a su vez externaliza la fabricación a compañías chinas y taiwanesas. De acuerdo con la investigación la instalación de estos chips se había realizado en factorías de China de forma no autorizada, siendo la conclusión de la investigación que “el intrincado esquema era trabajo de la unidad del Ejército Popular de Liberación especializada en ataques de hardware” (Robertson y Riley, 2018, p. 9).

Pese a todo el Gobierno chino niega la autoría del ataque y Amazon y SuperMicro niegan la existencia de estos ataques pero de acuerdo con Bloomberg, varios oficiales de seguridad nacional aseguran que se realizaron investigaciones sobre este asunto en las que además, colaboraron las compañías afectadas. En resumen, según el artículo de prensa de Bloomberg (Robertson y Riley, 2018) un presunto actor extranjero fue capaz de atacar la cadena de suministro para instalar un dispositivo que permitiría lanzar ataques muy complejos de detectar,

a los servidores que una empresa proporcionaba a empresas y agencias gubernamentales que realizan tareas críticas para la seguridad nacional, como es el caso de la CIA, que utilizaba los sistemas del fabricante de Oregón para retransmisiones de vídeo en directo desde sus drones. En el año 2021, Bloomberg publicó una continuación del artículo, en el que se analizaron situaciones similares con productos fabricados por SuperMicro que habían sido detectadas en Apple, Intel y el Pentágono (Riley y Robertson, 2021).

En relación con este artículo de investigación, varios expertos en seguridad de empresas privadas y de centros de investigación estudiaron ataques con implantes en placas de circuitos impresos, basándose en el caso publicado por Bloomberg, llegando a varias conclusiones, “los ataques de hardware realizados durante la fase de fabricación son complejos de detectar. Además, presentan riesgos severos para las compañías más allá de los costes de reemplazo de servidores” (Mehta et al., 2020, p. 5). El diseño y la fabricación de placas de circuitos integrados (PCB, por sus siglas en inglés) suele deslocalizarse con el objetivo de reducir los costes de producción, y es un vector de ataque para troyanos de hardware como el mencionado anteriormente, pero también para piratería y robo de propiedad intelectual de los fabricantes (Mehta et al., 2020). En el artículo anteriormente citado se analizan varios métodos para prevenir y detectar este tipo de ataques, así como su posible efectividad, como es el caso de inspecciones visuales de los componentes que pueden ser automatizadas para detectar implantes maliciosos que, en el momento del estudio, eran prácticas que según los autores no se aplicaban de forma generalizada en la industria.

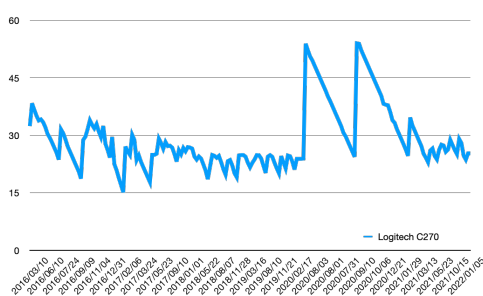
En el caso de los ataques con implantes a las PCBs de SuperMicro, la reacción de la compañía según reportes de prensa fue solicitar a sus proveedores que trasladaran la producción fuera de China (Ting-Fang y Li, 2019), para evitar las preocupaciones de sus clientes estadounidenses.

El caso Elemental Technologies, ejemplifica un riesgo real de sufrir ataques de muy difícil detección, que ciertamente requieren de una preparación muy especializada y por actores con recursos técnicos y económicos significativos. Es cierto que tener un control de la producción más intensivo bien por cercanía de las instalaciones de producción con un socio local o por su realización *in-house*, cuestión que parece complejo de alcanzar para la mayoría de empresas teniendo en cuenta la complejidad de los procesos de producción, no elimina el riesgo de sufrir este tipo de ataques pero los complica ya que al ocurrir en el territorio de la empresa, la actuación de agentes extranjeros es más complicada y existen los medios jurídicos para perseguir los intentos de ataque, pudiéndose enjuiciar y depurar responsabilidades.

5.5 Escasez de microchips a nivel global: resiliencia de la cadena de suministro

Otra de las cuestiones de importancia que está avivando el debate público sobre la “soberanía tecnológica” de la Unión Europea es la falta de semiconductores que está provocando desabastecimiento de diversos productos electrónicos y que se lleva prolongando desde el comienzo de la pandemia de covid-19 en 2020 de forma generalizada, y en algunas categorías de productos incluso desde antes de la pandemia. Con el inicio de la pandemia de covid-19 en enero de 2020 en China, se produjo el cierre de toda actividad no esencial en el país durante más de un mes (BBC, 2020) y se produjo el contagio a otras regiones como el Sudeste asiático, cuyas factorías dejaron de recibir materia prima y componentes de China, provocando parones en la producción (Chan, 2020). Pocos meses después, con la aparición generalizada del SARS-COV 2 en todo el mundo, se produjeron nuevos cierres a mediados de marzo de 2020, siendo el mayor cierre de fábricas desde la 2ª Guerra Mundial en Europa y Estados Unidos (Donnan y Coppolla, 2020). Mientras los principales países manufactureros continuaban con la producción parada, se produjo un aumento sustancial de las ventas de dispositivos electrónicos debido al aumento significativo del teletrabajo, el aumento de la renta disponible en los Estados Unidos por las ayudas otorgadas por el gobierno y en general, un aumento de demanda de entretenimiento digital derivado de los confinamientos que provocaron un aumento del 11% de las ventas de ordenadores y tabletas en 2020 (Manners, 2021), pese a que los fabricantes no pudieron cubrir la demanda por el parón generalizado de producción. Productos como las webcams, ordenadores portátiles o monitores sufrieron roturas de stock e incluso duplicaron su precio. Un ejemplo, es la webcam Logitech C270, en el mercado desde el año 2016 y cuyo precio más bajo en Amazon España había sido de 15€, estuvo sin existencias durante más de 2 meses y al reponerse las mismas, llegó a alcanzar los 54€.

Gráfico 2 Histórico de precios de la webcam Logitech C270



Elaboración propia con datos extraídos de camelcamelcamel.com

El crecimiento de las ventas de productos electrónicos se trasladó también al año 2021 en el que el uso de dispositivos electrónicos para el trabajo siguió aumentando y se produjo un cambio en las tendencias de consumo, ya que las empresas se digitalizaron a un ritmo frenético (Zelada, 2021).

La situación del inicio de la pandemia mencionada anteriormente, se unió a la imposición de sanciones por parte del Departamento de Comercio de los Estados Unidos a SMIC, fabricante de semiconductores chino de tipo *foundry* y que cuenta con el 80% de la producción de semiconductores de China. La sanción impuesta obligaría a empresas estadounidenses a solicitar una licencia de exportación especial para vender equipamiento a SMIC. La razón que alegó el departamento de Comercio para la imposición de sanciones era el riesgo de que la compañía utilizara equipos producidos en Estados Unidos para usos militares. La compañía se defendió reiterando que únicamente fabrica y provee servicios para el sector civil (Reuters, 2020). El impacto de esta medida en la capacidad de producción de SMIC les impidió ofrecer sus servicios de producción a compañías americanas, así como recibir equipos para ampliar su capacidad de producción, lo que habría obligado a varias compañías *fabless* a buscar otros fabricantes, siendo en ese momento era una tarea compleja ya que la mayoría de los fabricantes de semiconductores como TSMC o GlobalFoundries se encontraban al límite de su capacidad instalada. Varias compañías estadounidenses habrían solicitado licencia al Gobierno de EE. UU. para operar con SMIC (Trendforce, 2021), lo que ayudaría posteriormente a descongestionar la industria de los circuitos integrados.

Durante el año 2020 y 2021 se produjeron diversos incidentes en fábricas de semiconductores que han tenido un impacto global y siguen hoy en día afectando a la capacidad de producción de la industria. En octubre de 2020 se produjo un incendio en una fábrica de semiconductores de la compañía AKM en Japón, que la destruyó completamente y la extinción se prolongó durante 3 días, quedando la fábrica sin poder retomar su actividad hasta finales de 2021, por lo que la compañía vio obligada a subcontratar la fabricación de sus productos a otros socios comerciales (Dahlgren, 2021). En febrero de 2021, Samsung, NXP Semiconductors, Infineon Semiconductors y otros, se vieron obligados a parar sus líneas de producción por sobrecarga de la red eléctrica tras varias tormentas de nieve en el estado de Texas en EE. UU. (Porter, 2021) y según expertos en la materia, el reinicio de la producción se demoró varios meses (Patel, 2021). Pocas semanas después, en marzo de 2021, la compañía de semiconductores Renesas Electronics Corporation sufría un incendio en una de sus fábricas de semiconductores

avanzados de Japón, lo que obligó al cierre de las instalaciones hasta abril de 2021 y no fue hasta junio de ese año, cuando alcanzó su nivel de capacidad previo al accidente (Renesas, 2021). De forma anecdótica, durante el año 2021, Taiwán sufrió su mayor sequía en 50 años debido a la escasez de lluvias en la temporada del monzón. Para la fabricación de circuitos integrados se utilizan grandes cantidades de agua para enfriar los equipos y limpiar los químicos industriales, por lo que TSMC tuvo que recurrir a trasladar agua en camiones cisterna desde otras partes de la isla, aunque de acuerdo con los comunicados emitidos por la compañía, estos hechos no tuvieron un impacto en la producción (Barrett, 2021).

Todos estos eventos ocurridos desde finales de 2020 y durante el año 2021 han tenido un impacto significativo en la industria, cuya capacidad de producción es limitada y como se ha mencionado anteriormente durante el trabajo, presenta numerosas dificultades para ampliarse en el corto plazo. Un ejemplo de una buena gestión de la cadena de suministro contra imprevistos con respecto a circuitos integrados es la del fabricante de automóviles japonés Toyota que desde el año 2011, tras los terremotos de Japón en los que experimentó durante 6 meses serios problemas para retomar sus niveles producción previos por la falta de semiconductores, que se suelen ver fuertemente impactados por los parones de producción como se ha visto en los casos de las tormentas de nieve de Estados Unidos, realizó una modificación de su plan de continuidad de negocio, obligando a algunos proveedores a almacenar de 2 a 6 meses de stock de semiconductores (Shirouzu, 2021). Según fuentes del sector, Toyota está siendo el fabricante menos afectado por la crisis de suministro y en general, los desastres naturales ralentizan menos sus procesos que a otros fabricantes. El ejemplo de Toyota pone de manifiesto que contar con una cadena de suministro resiliente, aún en situaciones inesperadas y fuera del control humano como puede ser la pandemia de covid-19, permite recuperar volúmenes de trabajo aceptables en menor tiempo con respecto a otros competidores que no han fortalecido sus cadenas de suministro.

La explicación a los problemas específicos de la industria del automóvil es por un lado el incremento de sistemas electrónicos en los vehículos nuevos que requieren cada vez más circuitos integrados y de mayor complejidad, y por el otro que las previsiones de ventas para la salida de la primera ola de la pandemia de covid-19, según un informe de Boston Consulting Group, eran un escenario de caída de ventas en 2020 de entre el 22% y el 12% (BCG, 2020). En este escenario, los fabricantes de vehículos decidieron ajustar sus pedidos de semiconductores y otros componentes, pero en verano de 2020 se produjo un incremento

inesperado de los pedidos de vehículos que iba en contra de lo que indicaban las previsiones de las consultoras especializadas, encontrándose los fabricantes ante un escenario en el que contaban con poco stock de vehículos y con unos planes de producción reducidos, que no se podían ampliar de forma inmediata, ya que los fabricantes de circuitos integrados ya habían vendido sus espacios de producción a clientes de otras industrias, como la de los ordenadores o periféricos que se encontraban afrontando un exceso de demanda derivado de la digitalización y el incremento del teletrabajo.

En conclusión, resulta relevante conocer todos estos factores e incidentes que han llevado a la escasez de chips en 2020 y 2021, ya que ponen de manifiesto una parte de los puntos más débiles de la cadena de suministro de semiconductores, que es la sensibilidad a los parones de producción no previstos, habitualmente derivados de catástrofes naturales. Esta situación ha generado gran controversia pública y es uno de los motivos por el que las autoridades de la Unión Europea y países como EE. UU. están realizando propuestas para mejorar la capacidad de producción de semiconductores y la creación de sistemas de monitorización y priorización de recursos para casos de crisis como el actual.

5.6 Resultados: riesgos detectados

Con el objetivo de resumir los principales riesgos identificados para la cadena de suministro en la Unión Europea, y más concretamente con respecto a los semiconductores, que han sido expuestos en los apartados anteriores del trabajo, he resumido las opiniones e informaciones obtenidas de estudios o vertidas en el entorno académico con respecto a los tres principales riesgos, así como las opiniones e informaciones sectoriales que han sido obtenidas de noticias, comunicados de prensa e informes de consultoras. Posteriormente, he incluido un breve análisis que trata de resumir las dos opiniones.

Tabla 2 Riesgos detectados en la cadena de suministro

Riesgo detectado	Opinión académica	Opinión sectorial	Análisis
Capacidad de producción reducida o inexistente	El impacto de la UE en las GVC de electrónica es decreciente.	Europa produce un 5.7% de los semiconductores globales según fuentes del sector.	Principal riesgo. Ampliar la capacidad es costoso y lento.

Falta de resiliencia en la cadena de suministro.	Los países se especializan en producir un tipo de componente específico, e imprevistos pueden afectar al volumen global de producción.	En ocasiones el modelo de <i>just in time</i> , no es capaz de responder a incidentes inesperados. Hay fabricantes que exigen a sus proveedores unos stocks mínimos para emergencia, para mitigar el impacto de incidentes de fuerza mayor, pero esto no es una práctica generalizada.	Contar con existencias de emergencia de componentes clave permite reforzar la cadena de suministro, pero tiene un coste mayor y no es una solución para todas las industrias.
Ataques de hardware en procesos deslocalizados.	No hay prácticas implantadas en la industria que permitan detectar la modificación de equipos durante su producción.	La única solución que se ha llevado a cabo en los casos conocidos es trasladar la producción a países cercanos.	La solución puede ser trasladar la producción a países con menor riesgo, mientras se implementan controles para evitar problemas de este tipo.

Elaboración propia

5.7 Revisión de Literatura

En esta revisión de literatura se incluyen todas las referencias académicas usadas en el anterior capítulo del trabajo, así como un resumen de su aportación al trabajo. Las referencias de tipo no académico como notas de prensa, datos de mercado e informes sectoriales han sido excluidas de este resumen, pero soportan una parte importante de los epígrafes anteriores.

Tabla 3 Resumen de la revisión de literatura

Año	Autor	Aportación al trabajo
1998	Moore, G.E.	Establece la Ley de Moore que establece una duplicidad de la complejidad de los circuitos integrados cada 2 años.
2021	Liu, Mark	Análisis en profundidad del modelo de negocio e historia de las fábricas de tipo <i>foundry</i> en Taiwán, principalmente del fabricante TSMC.

2020	Martínez, David y Marschinski, Robert	Mediante un análisis cuantitativo de la competitividad europea en materia de fabricación de electrónica usando teorías de Global Value Chain, los autores demuestran que la UE va reduciendo su generación de valor desde inicios del siglo XXI.
2020	Mehta, Dhvani et al.	En este estudio académico de un caso de ataque de hardware que afectó a la cadena de suministro de la compañía Elemental, los autores analizan posibles soluciones para evitar casos similares en el futuro y las posibilidades de aplicarlas en la industria.
2021	Kim, Soo Yeon y Rosendorff, B. Peter	Define el estado actual de la producción global, la posición de las empresas como actores y los cambios en las Global Value Chains en los últimos años.
2021	Antràs, Pol y Chor, Davin	Tomo su definición del concepto de generación de valor característico de las GVC.
2003	Yi, Kei-Mu	Analiza el aumento de la especialización vertical que luego será clave a la hora de comentar la resiliencia de la cadena de suministro
1989	Håkansson, Håkan y Snehota, Ivan	El modelo de cadenas de suministro moderna está interconectado y en todas las empresas existen una dependencia de numerosos actores y procesos externos
2004	Christopher, Martin y Peck, Helen	Los riesgos para las cadenas de suministro aumentan a medida que se realizan cambios en el negocio para mejorar la eficiencia y no se cuenta con una cultura de gestión de riesgos.
2014	Sáenz, María Jesús y Revilla, Elena	Es un caso práctico de la compañía Cisco Systems y sus medidas para fortalecer su cadena de suministro. Se comentan los planes de continuidad de negocio y se aplican teorías de <i>supply chain management</i> .

Elaboración propia

6. European Chip Act: ¿una solución al problema?

La presidenta de la Comisión Europea Ursula von der Leyen, en su discurso sobre el Estado de la Unión del 15 de septiembre de 2021, recalcó la importancia de los semiconductores y como la capacidad productiva de Europa en el ámbito había quedado reducida, en un entorno de escasez global de chips. Von der Leyen mencionó la dependencia de Asia para la fabricación de chips de última tecnología como un problema de competitividad, pero también de soberanía digital. Durante sus declaraciones, la presidenta de la Comisión anunció el futuro lanzamiento de una Ley de Chips Europea cuyo objetivo principal sería el desarrollo de un ecosistema de chips en la UE incluyendo la producción de estos, que garantice la seguridad del suministro y el desarrollo de nuevos mercados. Asimismo, aprovechó para celebrar el éxito del sistema de posicionamiento europeo Galileo, acordado entre la Agencia Espacial Europea y la Unión Europea en 2003 que está en servicio desde 2016, y presta servicio a 2 billones de teléfonos inteligentes a nivel global. La presidenta de la Comisión comparó a su futura propuesta sobre semiconductores, con los objetivos fijados por la UE con Galileo en su momento (von der Leyen, 2021).

El anuncio de la Comisión se materializó el 8 de febrero de 2022 en forma de una propuesta de reglamento que establece el marco para la Ley Europea de Chips, así como una propuesta para modificar el reglamento de Horizon Europe, un programa que subvenciona actividades de innovación e investigación con un presupuesto de 95 billones de euros, para incluir las propuestas de la ley de chips en el mismo. La iniciativa también incluyó una recomendación de la Comisión a los Estados Miembros cuyo objetivo principal es habilitar un mecanismo para que los Estados Miembros puedan comenzar a participar en la respuesta a la crisis de semiconductores antes de la aprobación del reglamento. Esta recomendación consiste en el inicio de contactos de los Estados Miembros con el grupo de expertos en semiconductores para evaluar la situación en cada mercado nacional y solicitar información a las organizaciones que representan a los fabricantes de cada estado, para permitir a la Comisión ajustar su respuesta, coordinar a los Estados Miembros y hacer un seguimiento de la situación. Una vez entre en vigor el Reglamento, estas recomendaciones quedarían derogadas ya que la propia norma regulará estas actividades.

6.1 Propuestas previas

6.1.1.1 Nueva Estrategia para la Electrónica (2013)

La Ley Europea de Chips no es la primera iniciativa de la Comisión para mejorar la industria de electrónica, ya que en 2013 se presentó una estrategia similar, denominada Nueva Estrategia para la Electrónica, con el objetivo de aumentar la competitividad de la UE en el sector, mediante el fomento de la investigación y desarrollo, creación de infraestructuras y plataformas de colaboración y facilitar el acceso a financiación a través del Banco Europeo de Inversiones (Comisión Europea, 2013). La idea era que la financiación del proyecto provendría en un 30% de fondos europeos y el 70% restante de los diferentes Estados Miembros.

Esta estrategia incluía a los institutos de investigación como una de las piedras angulares de la iniciativa, ya que la Comisión Europea en ese momento buscaba una especialización regional agrupada en 10 centros, siendo los 3 de importancia global Dresden, Grenoble y Leuven-Eindhoven. La teoría de la Comisión era que en estos centros se colaboraría y se generaría tecnología innovadora de forma eficiente, y esto atraería a fabricantes y proveedores a instalarse en el entorno. La Comisaría de Agenda Digital de entonces, Neelie Kroes, estableció como objetivo duplicar la capacidad productiva de la UE para llegar al 20% de la cuota de mercado global y producir más chips que los Estados Unidos. Según se ha mencionado en epígrafes anteriores, 9 años después la cuota de mercado global es de entorno al 7%. Según la propia Comisión Europea el enfoque de la propuesta no estaba correctamente enfocado a promover un aumento de la capacidad de producción y no contaba con los instrumentos necesarios para tener un impacto significativo (Comisión Europea, 2022c, p. 66)

6.1.1.2 Plan de acción estratégico para las baterías (2018)

No todas las propuestas de este tipo que se han realizado en el marco de la Unión Europea han fracasado. Un ejemplo es el «Plan de acción estratégico para las baterías» enmarcado en la comunicación publicada en mayo de 2018 por la Comisión Europea titulada La Unión Europea en Movimiento, y que tenía como objetivo fomentar la movilidad sostenible en Europa (Comisión Europea, 2018). Este anexo separado identificaba las baterías como una parte estratégica de la cadena de valor y se centraba en baterías para vehículos eléctricos, incluyendo su reutilización y reciclado. En esta estrategia, coordinada por la Alianza Europa de las Baterías, la Comisión identificó una posición de desventaja de la UE con respecto a países asiáticos, tanto en I+D como en producción, contando según el comunicado, con un 3% de la producción a nivel global. Por tanto, existía una dependencia prolongada de Asia a la hora de producir

vehículos eléctricos que podría tener un impacto relevante en la UE, una de las principales potencias automovilísticas.

El plan de baterías presentado por la Comisión contaba con 37 puntos de actuación entre los que se incluía facilitar el acceso a materias primas mediante el fomento de acuerdos de libre comercio, desarrollo de una cadena de valor sostenible, la creación de un marco atractivo para la inversión y otorgar financiación pública para facilitar el lanzamiento de proyectos. La diferencia de este plan con la nueva Ley Europea de Chips, es que aquí no se incluía una propuesta de reglamento que haría obligatorias ciertas medidas, sino que era un plan de acción unido a unos fondos europeos, pero con un instrumento que no tiene carácter normativo y se podría entender como menos potente, ya que no obligaba a los Estados Miembros a actuar directamente, sino que les pedía que apoyaran a la industria de diversas formas, siendo la mayoría de las labores bien llevadas a cabo o bien coordinadas por la Comisión.

La respuesta de los fabricantes de vehículos europeos en un primer momento fue limitada, ya que están acostumbrados a importar muchos de los componentes y mantienen una buena relación con los productores asiáticos, pero a medida que avanzó el tiempo, comenzaron a presionar a sus socios para que establecieran centros de producción en Europa para poder trabajar de forma más estrecha con el objetivo de participar en el proceso de diseño y control de calidad de las baterías, lo que ha derivado en la creación de fábricas en Alemania (CATL), Polonia (LG Chem) y Hungría (Samsung, SK Innovation). En cambio, las iniciativas europeas están encontrando más problemas para alcanzar economías de escala y demostrar su viabilidad financiera, pero por ejemplo el fabricante sueco Northvolt, se encuentra en proceso de finalizar su primera giga factoría en la que producir y reciclar baterías en el norte del país. Asimismo, otros fabricantes europeos han anunciado la creación de laboratorios de investigación y el grupo automotriz PSA junto con la petroquímica francesa TotalEnergies anunciaron en 2020 la intención de comenzar un proyecto para construir varias fábricas de baterías en la UE (Parnell, 2020). En 2021 la capacidad de producción operativa era de 62GWh anuales (gigavatios hora) distribuida en 6 plantas, y en 2025 se contará con 25 factorías operativas con capacidad para producir 591 GWh anuales (Coelho, 2021). Con estos datos podríamos decir de forma prudente que el plan estratégico de baterías presentado en 2018 ha tenido cierto efecto, porque, aunque es cierto que cada vez se demandan por parte de los fabricantes más baterías de litio, se podrían haber continuado con las importaciones desde Asia, que también ha aumentado su capacidad de producción al mismo tiempo. El objetivo de la Comisión de contar

con un “Airbus de las baterías” (Scott y Posaner, 2020) no parece tan lejos con el panorama actual, y está muy posiblemente derivado del plan anunciado en 2018.

En conclusión, un plan estratégico para el conjunto de Europa puede fracasar como es el caso de la estrategia industrial para la electrónica presentada en 2013 o tener un éxito parcialmente atribuible, como es el caso de la estrategia para las baterías de 2018.

6.2 Objetivos estratégicos de la Ley Europea de Chips

La propuesta de la ley europea de chips está articulada en torno a 5 objetivos estratégicos que se enumeran a continuación:

1. Europa debe fortalecer su liderazgo en tecnología e investigación.
2. Europa debe construir y reforzar su capacidad para innovar en el diseño, fabricación y empaquetado de chips avanzados comercializables.
3. Europa debe establecer un marco de trabajo para incrementar sustancialmente la capacidad de producción de semiconductores para el año 2030.
4. Europa debe resolver la falta de profesionales cualificados, atraer talento y apoyar la formación de mano de obra cualificada.
5. Europa debe contar con un conocimiento avanzado de las cadenas de suministro de semiconductores a nivel global.

Las 3 medidas principales que incluye el reglamento tienen como objetivo cumplir con los 5 objetivos estratégicos, y en mi opinión tienen como objetivo final aumentar la capacidad de producción y evitar futuras crisis de suministro de semiconductores, ya que el aumento de capacidad no solo depende de construir fábricas, sino de tener personal cualificado para trabajar en ellas que puedan producir utilizando técnicas de fabricación novedosas y competitivas.

6.3 Medida 1: Iniciativa Chips para Europa

La iniciativa Chips para Europa tiene como objetivo unir recursos de los Estados Miembros, la Unión y terceros países asociados con programas preexistentes en la UE. Resulta de interés entender en qué consisten este tipo de programas y sus predecesores para poder analizar el

posible impacto de la iniciativa. Desde junio de 2014 existe una agencia europea llamada ECSEL JU (siglas en inglés de Iniciativa Conjunta para el Liderazgo Europeo de Componentes Electrónicos y Sistemas) de la que son miembros la Comisión Europea, los Estados Miembros junto con decenas de países asociados⁹ a través de Horizon 2020 y 3 asociaciones de la industria de la micro y nano electrónica (AENEAS, EPoSS y ARTEMIS). El objetivo del ECSEL es gestionar un programa de innovación y desarrollo para reforzar el sector mediante la publicación de pliegos cada año en la que ECSEL publica diferentes temas o proyectos sobre los que ha detectado una necesidad de innovación (Unión Europea, 2014). Estos proyectos tienen unas condiciones específicas y una financiación asociada que reembolsa una parte de los costes a las organizaciones que se embarquen en los proyectos ofertados. ECSEL ha coordinado desde 2015 más de 88 proyectos, siendo algunos de ellos de gran éxito como por ejemplo el E450EDL que tenía como objetivo colaborar en la transición a equipos de producción con obleas de silicio de 450mm que permitirían reducir el coste de los microchips al contar con un mayor número de transistores por oblea. Este proyecto que se llevó a cabo entre el 2013 y 2016 y colaboró en el desarrollo de una línea de producción piloto en un momento en el que la industria tuvo que paralizar la implementación de las obleas de 450mm por un aumento de los pedidos, contó con la participación de 34 entidades de 10 países. Según un estudio independiente llevado a cabo en 2017 para evaluar la efectividad de ECSEL, “un 83% de los encuestados, que eran entidades que bien se habían beneficiado de o habían mantenido una relación con ECSEL, estaban de acuerdo con que la asociación cumplía el objetivo de mantener a Europa en la vanguardia del desarrollo tecnológico” (Aspect Consulting, 2017, p.29).

En noviembre de 2021 la ECSEL Joint Undertaking pasó a ser la KDT JU (siglas en inglés de Iniciativa Conjunta para las Tecnologías Digitales Clave) tras un cambio en una norma del Consejo de la UE, pero siguió manteniendo sus proyectos y sus pliegos anuales para diversos proyectos, centrandos sus objetivos en la investigación y desarrollo en el campo de la electrónica y contando con 1,8 billones de euros de presupuesto. Con la publicación de la Ley Europea de Chips, se presenta un nuevo marco legal que cambia el nombre de la iniciativa por el de Iniciativa Conjunta para los Chips y aumenta la financiación hasta 4.18 billones de euros (KDT JU, 2022). En el marco de este programa de colaboración que en el pasado ha probado su

⁹ Albania, Armenia, Bosnia y Herzegovina, Islas Feroe, Georgia, Islandia, Israel, Macedonia del Norte, Moldavia, Montenegro, Noruega, Serbia, Suiza, Túnez, Turquía y Ucrania.

utilidad para apoyar proyectos público-privados como se ha comentado previamente, la Iniciativa Conjunta para Chips tendrá que continuar publicando sus pliegos anuales con un enfoque centrado en apoyar los objetivos estratégicos fijados por la Ley Europea de Chips y contando con más de tres veces que la financiación con la que contaba en 2021. Los nuevos llamamientos de la iniciativa se centrarán en el apoyo de líneas de producción piloto para que se puedan probar y validar nuevas tecnologías y diseños, como es el caso del ejemplo mencionado anteriormente de las obleas de silicio de 450mm. La Comisión Europea también ha incluido entre los puntos de la iniciativa el desarrollo de capacidades para tecnologías en desarrollo como la computación cuántica. Aparte de incluirse medidas como el apoyo a los centros de investigación que es una de las prioridades desde la primera propuesta del año 2013, se incluye por primera vez el apoyo a la educación tanto a nivel de grado y posgrado como cursos de formación de corta duración, prácticas profesionales en empresas y laboratorios. Esta nueva iniciativa tiene como objetivo apoyar proyectos de *start-ups*, *scale-ups*¹⁰, pymes, grandes empresas y centros de investigación, aunque lo más probable es que la mayoría de los proyectos para los que se ofrezca financiación estén dirigidos bien a investigación o a proyectos de pequeñas y medianas empresas como se ha venido realizando en este tipo de iniciativas en la UE.

Esta medida está claramente enfocada a fomentar mediante financiación y sinergias entre el sector público y privado para la investigación y el desarrollo de técnicas de producción o productos innovadores en la UE, junto con un aumento de la oferta formativa para crear un ecosistema tecnológico con propiedad intelectual *Made in Europe*, apoyado por una red de profesionales capacitados. La falta de innovación y desarrollo no es uno de los riesgos para la cadena de suministro identificados en los apartados anteriores del trabajo, pero un aumento de estos factores podría ser un atractivo para que la industria decida invertir en Europa y contar con propiedad intelectual propia que permitiría garantizar la independencia estratégica de otros países, siendo los principales EE.UU. que es donde se encuentran la mayoría de *fabless*, cuyo principal atractivo es su capacidad de diseño de nuevos productos innovadores y por otro lado, de los grandes fabricantes IDM asiáticos como Samsung que producen sus propios diseños. Contar con capacidad de diseñar circuitos integrados competitivos mitigaría los riesgos de seguridad del hardware que identifiqué en apartados anteriores, y que suelen surgir al

¹⁰ Según la OCDE, se denomina *scale-up* a una empresa que ha crecido durante los tres ejercicios anteriores a un ritmo superior al 20% anual en número de empleados o facturación.

externalizar bien el diseño y/o la fabricación de semiconductores a compañías de terceros estados no aliados.

Además, la inversión pública eficiente en I+D tiende a generar inversión privada en I+D, que a su vez generalmente deriva en una mejora de la productividad (Soete et al., 2021), por lo que el efecto de la primera medida podría ser significativo para animar a los fabricantes a invertir en sus capacidades en la Unión Europea.

6.4 Medida 2: Garantizar la seguridad del suministro

El objetivo de esta medida es crear un marco que asegure el suministro de chips en la Unión Europea atrayendo inversiones y nuevas instalaciones de producción, entre las que se incluyen instalaciones para realizar pruebas y ensamblado junto con otros componentes, que resultan atractivos a los pequeños fabricantes. La Comisión ha fijado que el establecimiento de fábricas en el territorio de la Unión es clave para garantizar el suministro y tendrá un impacto económico indirecto en otros sectores. Además, la Comisión recalca la importancia de trabajar en crear cadenas de suministro “ciber resilientes”, y fija como otro de los objetivos de esta medida la identificación de los requisitos sectoriales para chips de confianza o seguros, remarcando los riesgos del hardware producido en el extranjero.

En epígrafes anteriores de este trabajo se ha explicado con ejemplos el elevado coste y la complejidad de establecer centros de producción desde cero, por tanto, las medidas que proponga la Ley de Chips deberán ser atractivas para los inversores y fabricantes.

La propuesta gira en torno a la definición del criterio “primeras de su género” (*first-of-a-kind* en inglés) para las nuevas instalaciones industriales localizadas en la Unión Europea que no se encuentran ya presentes o no cuenten con un compromiso de construcción ya firmado, en las que se producirán semiconductores. Estas instalaciones pueden encargarse de diseñar semiconductores y/o ser centros de producción en una o todas las fases del proceso de fabricación. En su propuesta de la Ley de Chips la Comisión diferencia entre *Integrated Production Facilities*, que son fábricas verticalmente integradas, es decir, que producen sus propios diseños, y a las que me he referido como IDMs a lo largo de esta tesis. El otro tipo de instalación industrial recogido por la propuesta son las *Open EU Foundries* que son aquellas instalaciones que fabrican los diseños de otros, y me he referido a ellas como *foundries*

anteriormente. Este tipo de instalaciones trabajan produciendo circuitos integrados para las compañías *fabless* o reforzando la capacidad de producción de los IDMs.

Los criterios que deben cumplir los dos tipos de instalaciones son los siguientes:

- Ser primeras de su género (*first-of-a-kind facilities*).
- Tener un claro impacto positivo en la cadena de suministro de semiconductores en la UE, aumentando la seguridad del suministro y la cantidad de empleados cualificados.
- Garantizar no estar sujetas a obligaciones de servicio público extraterritoriales y aceptar en situaciones concretas, priorizar la fabricación de productos relevantes para crisis, es decir, la Comisión quiere garantizar que puede contar con la capacidad de estos futuros centros de producción en momentos críticos.
- Compromiso de invertir en semiconductores de nueva generación.
- En el caso concreto de las *Open EU Foundries*, deberán garantizar el mantenimiento de una separación en las áreas de diseño y producción para asegurar que no se producen *spillovers* de conocimiento entre diferentes entidades.

La Ley Europea de Chips establece que se deberán enviar las candidaturas para abrir cualquier de los dos tipos de instalación a la Comisión, para que ésta consulte con el Consejo Europeo de Semiconductores y las valore analizando: su plan de negocio con viabilidad, experiencia previa en este tipo de instalaciones y documentos que confirmen la capacidad del lugar donde se pretende localizar la instalación para apoyar en el proceso. Al obtener el estatus de *Integrated Production Facility* o *Open EU Foundries*, se obtienen los siguientes beneficios:

- Se las considerará instalaciones de interés público.
- Los Estados Miembros deberán garantizar que las solicitudes de permisos de construcción y de apertura de las instalaciones se procesan lo más rápido posible y de forma eficiente.
- Si existe en la normativa nacional del país de la instalación, se le otorgará la condición de mayor significación, que permita una rápida obtención de permisos urbanísticos o de tipo medioambiental.
- Los Estados Miembros deberán nombrar a una autoridad responsable de facilitar y coordinar las necesidades administrativas del proyecto.
- Acceso a líneas piloto de la Iniciativa Chips para Europa para hacer pruebas de producción

En la presentación de la iniciativa, la Comisión se muestra abierta a aprobar el uso de fondos públicos estatales para financiar la construcción de las instalaciones siempre y cuando sean necesarios y que sin el acceso a fondos públicos no se ocurriría el proyecto en la Unión (Comisión Europea, 2022a).

La existencia de este marco que define estas nuevas instalaciones y las aporta ciertas ventajas administrativas que reducen los tiempos para obtener permisos, junto con el interés de la UE de permitir el uso de financiación pública para cubrir parte de los costes de establecimiento de los proyectos, se añade a los 11 billones de financiación que recibirá la Iniciativa de Chips para Europa y a los que se podrá acceder si se cumplen los requisitos de los pliegos que se vayan publicando hasta el año 2030.

Tras la publicación de la propuesta por parte de la Comisión, el Ministerio de Asuntos Exteriores de Taiwán emitió un comunicado destacando las posibilidades de cooperación con la UE en materia de semiconductores y remarcó las posibilidades para cooperar y reestructurar la cadena de suministro de semiconductores en la era post pandémica (Reuters, 2022). TSMC, principal *foundry* taiwanés declinó realizar comentarios sobre la nueva legislación europea, pero en verano de 2021 anunció que estaba estudiando construir una fábrica en Europa, posiblemente en Alemania (Ting-Fang y Li, 2021), por lo que es posible que una vez se apruebe la iniciativa, TSMC confirme su anuncio. La compañía taiwanesa se encuentra actualmente en una fase de expansión construyendo fábricas en Arizona en Estados Unidos, en la que va a invertir 12 billones de dólares y en Japón, donde contará con apoyo financiero del Gobierno (Moss, 2021). Por otro lado, el fabricante de tipo IDM Intel anunció en abril de 2021 que necesitaría 8 billones de euros de fondos públicos para establecer una planta de producción en Europa, y pedía a los gobiernos americanos y europeos que les ayudaran a hacer competitivos sus territorios con respecto a Asia (Busvine y Reuters, 2021), por lo que es posible que tras la aprobación de la nueva ley, Intel realice algún anuncio que podría confirmar los rumores publicados en prensa desde finales de febrero de 2022 que apuntaban a un inminente anuncio de la apertura de una mega fábrica en Alemania (Tyson, 2022). Además, Italia ha anunciado con posterioridad a la publicación de la propuesta por parte de la Comisión un fondo de 4,6 billones de euros para fabricantes de chips que deseen establecerse en el país y cuya concesión se simplificaría con la aprobación parlamentaria de la iniciativa (Spadafora, 2022).

Esta medida tiene como objetivo resolver dos riesgos claramente identificados por este trabajo, que son la falta de capacidad de producción y los riesgos de seguridad de producir en países

extranjeros tecnología crítica. Parece prematuro determinar si esta estrategia tendrá algún efecto que garantice el suministro de semiconductores en el futuro, pero las reacciones de los fabricantes y de algunos Estados Miembros a la iniciativa se pueden calificar de positivas.

6.5 Medida 3: Monitorización y respuesta a crisis

La Comisión es consciente de la importancia de anticiparse a las crisis para reducir su impacto en la medida de lo posible y ha dedicado una medida de la Ley Europea de Chips para el establecimiento de un sistema para monitorizar el estado de la industria de los semiconductores, así como protocolos específicos para cuando se detecte un escenario de emergencia.

La nueva ley de chips establece en su artículo 15 la obligación de los Estados Miembros de monitorizar de forma regular la cadena de suministro de semiconductores para detectar indicadores prematuros de alerta y monitorizar la disponibilidad y el funcionamiento de los principales actores de la cadena de suministro en sus territorios. Para ello los EM deberán solicitar a los fabricantes y empresas relacionadas con semiconductores localizadas en su territorio y a los principales usuarios información sobre cambios en la demanda o perturbaciones conocidas en sus cadenas de suministro. Toda esta información deberá ser remitida al Consejo Europeo de Semiconductores por los diferentes Estados Miembros y en caso de detectarse una potencial crisis, fluctuación significativa de la demanda u otro riesgo, se deberá alertar a la Comisión urgentemente.

La detección de una posible crisis bien por los medios descritos anteriormente o por informaciones recibidas de socios internacionales obligaría al Consejo Europeo de Semiconductores a coordinar las siguientes acciones:

- Estudiar la activación del escenario de crisis.
- Discutir la compra conjunta por parte de los EM de semiconductores, productos intermedios o materias primas en riesgo.
- Comenzar negociaciones con terceros países para colaborar en restaurar la cadena de suministro de circuitos integrados.

Resulta conveniente analizar en qué consiste exactamente el escenario de crisis incluido en la propuesta de la Ley Europea de Chips. Según el artículo 18 de la propuesta de reglamento es cuando se producen perturbaciones de la cadena de suministro de semiconductores que pueden

dar lugar a roturas de existencias que puedan implicar retrasos o impedir el correcto funcionamiento de sectores críticos. Si se activa el escenario de crisis se deberán realizar las siguientes acciones:

- Solicitar a todos los fabricantes, agrupaciones de productores y otros operadores de la cadena de suministro de semiconductores de la Unión información sobre sus instalaciones de producción, capacidades, perturbaciones en sus operaciones y otra información relevante para analizar la situación de crisis. La entrega de información falsa o incompleta será sancionable.
- La Comisión podrá obligar a las instalaciones que tengan la condición de *Integrated Production Facilities* o *Open EU Foundries* a aceptar y priorizar pedidos de productos relevantes para la crisis por encima de cualquier obligación de producción con otro cliente.
- La Comisión a solicitud de dos EM o más podrá actuar como central de compras de productos relevantes para la crisis.

Como se puede observar, la intención de la Comisión es anticiparse a futuras crisis relacionadas con los semiconductores y contar con un marco legal que le permita intervenir las instalaciones para producir circuitos integrados que considere de relevancia, así como mantener un control constante de la capacidad de producción e incluso realizar compras centralizadas de suministros para toda la Unión Europea. En epígrafes anteriores del trabajo he identificado el impacto de incidentes externos bien desastres naturales, o más recientemente, una pandemia mundial, que combinados han derivado en una situación de rotura de existencias de semiconductores y, por ende, de distintos dispositivos electrónicos. En mi opinión, resulta complicado que el suministro constante de información vaya a anticipar a la UE una situación de crisis con suficiente tiempo para tomar las decisiones adecuadas, ya que el resto del mercado global contará con información sobre la situación también, por lo que adelantar al resto de países del mundo en la compra o producción de componentes, cuando se compite y opera en un mercado global no parece una cuestión sencilla. Por otra parte, el establecimiento de una situación de crisis al arbitrio de un consejo asociado a la Comisión sin definirse de forma clara los criterios para su declaración pueden generar inseguridad a los fabricantes a la hora de establecerse en países de la UE.

Podría haber sido más interesante “imitar” la estrategia de Toyota mencionada anteriormente, que obliga a proveedores a mantener niveles mínimos de stock para sortear imprevistos, y

establecerla como obligatoria para ciertos sectores o para las partes de la cadena de suministro de productos que intervienen en la producción de dispositivos electrónicos en uso en industrias críticas.

6.6 Otras iniciativas internacionales

Otras potencias industriales han detectado su dependencia de otras naciones en materia de circuitos integrados, y diversos gobiernos han aprobado o están en proceso de aprobar normativas para mitigar esta situación, todos ellos, principalmente mediante un aumento de la capacidad de producción. Por un lado, EE. UU. está en proceso de aprobar diversas normas con el objetivo aumentar su cuota de mercado en fabricación de semiconductores que ahora mismo se encontraría en descenso y en torno al 12% de la producción mundial, tal y como se ha mencionado anteriormente, pese a contar con un gran porcentaje de empresas con nacionalidad estadounidense que intervienen en la cadena de suministro de chips. Por otro lado, China trata de aumentar su capacidad de producción y cuenta con varios planes industriales, siendo uno de los más relevantes el plan “*Made in China 2025*”, que incluye la inversión estatal directa en compañías y subsidios.

Con el objetivo de comparar los planes de otros países, voy a resumir las iniciativas china y americana en los siguientes epígrafes.

6.6.1 CHIPS for America Act

El proyecto de ley *Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America* (Creando incentivos útiles para producir semiconductores para América, en español) se aprueba en el Congreso de los EE. UU. en enero de 2021 utilizando una legislación de defensa, pero en ese momento, no contaba con financiación asociada hasta que posteriormente en junio de 2021 se aprobó en el Senado el *United States Innovation and Competition Act* que anunciaba un gasto de 250 billones dólares y asignaba 52 billones de dólares a CHIPS. Esta norma se encuentra en el Congreso a espera de aprobación (Arcuri, 2022).

Las medidas que incluye esta iniciativa son:

- Créditos fiscales para empresas que realicen inversiones en fabricación o innovación y desarrollo

- Fondos para entidades públicas o estatales para que apoyen a la industria de los semiconductores con ayudas
- Apoyo para educación en campos relacionados
- El apoyo debe centrarse en:
 - Producción de chips de 3nm
 - Sistemas para seguridad en la cadena de suministro

En resumen, la iniciativa incluye instrumentos de política fiscal junto con fondos que serán administrados por administraciones de menor entidad como los estados o los ayuntamientos, y es específica en cuanto a que iniciativas se debe destinar el mayor porcentaje de los fondos (Calhoun, 2021).

La iniciativa destina 39 billones de dólares a construcción de centros de producción hasta 2026 y los restantes 13 billones a financiar proyectos de investigación y desarrollo.

6.6.2 Made in China 2025 y otras iniciativas

La iniciativa 中国制造 2025, en inglés, *Made in China 2025*, es un plan estratégico y de política industrial presentado por el Partido Comunista chino en 2015 para fomentar el desarrollo de la industria China que fijaba como objetivos la autosuficiencia del país en el 70% de los componentes electrónicos antes del final del año 2025. Por el momento, no parece que hayan conseguido los objetivos ya que según informes emitidos por entidades privadas su autosuficiencia de semiconductores de China estaría en torno al 16% (Tabeta, 2021).

El Plan Nacional de Circuitos Integrados incluyó 150 billones de dólares americanos en subsidios para adquirir otras compañías, equipos en el extranjero y financiar la industria doméstica y fundó un Fondo Estatal de Circuitos Integrados encargado de realizar las inversiones estratégicas. Con estos fondos se ha financiado tanto la compra de compañías extranjeras como los fondos para realizar inversiones en instalaciones y compañías de nueva creación, en toda la cadena de suministro de semiconductores. “La inversión del estado en compañías de circuitos integrados es un fenómeno principalmente chino, con la autoridades centrales y locales teniendo participación accionarial en prácticamente todos los participantes de la cadena de suministro doméstica” (OECD, 2019, p.48), lo que ha derivado en que el Gobierno chino de una manera u otra “sea propietario de más del 25% de 5 compañías del top 10 de empresas de semiconductores de China, ordenadas en base a su facturación” (Ezell, 2021,

p.19). Un ejemplo más de esta política de inversiones es el aumento de la participación a través de fondos y compañías estatales del fabricante de tipo IDM chino SMIC, que ha pasado de ser del 15% en 2014 al 45% en 2018. Como conclusión, las políticas aplicadas en China para fomentar la producción de semiconductores están basadas en una fuerte intervención estatal, por lo que la OCDE ha indicado que la falta de transparencia puede tener implicaciones en la competitividad internacional.

6.7 Resultados: comparativa de las propuestas y resumen

Con el objetivo de sintetizar la información de las diferentes iniciativas analizadas previamente se ha elaborado la siguiente tabla:

Tabla 4 Comparación de las medidas analizadas

	Unión Europea – Ley Europea de Chips	Estados Unidos – Chips Act	China – Made in China 2025 y otros
Participación estatal en compañías	No.	No.	20 billones de dólares.
Subsidios para la construcción de instalaciones de producción	No asignados, pero la Comisión se ha mostrado dispuesta a autorizar a los EM concederlos.	39 billones de \$ americanos.	3 billones de dólares americanos.
Mecanismos de control y monitorización	Se establece escenario de crisis y obligaciones de información específicas.	No.	No.
Créditos fiscales	No.	Sí.	Sí
Inversión en I+D	Sí, a través de <i>Chips for Europe</i> . 4 mil millones de euros.	13 billones de dólares.	Sí, sin especificar cuantía.
Ayudas para agilizar tramitación de permisos y procesos	Sí, para instalaciones <i>first-of-a-kind</i> .	No.	Sí, a través de entidades locales.

Inversión en educación	Sí.	Sí.	No se especifica en las iniciativas.
-------------------------------	-----	-----	--------------------------------------

Elaboración propia

Las 3 principales potencias mundiales están interesadas en ser lo más independientes posible en producción y tecnología de circuitos integrados, y han desarrollado planes que apuntan en la misma dirección, pero con diferentes herramientas. La Unión Europea puede que llegue tarde ya que su plan ni siquiera está aprobado todavía, mientras que el resto están ya en ejecución desde hace años como en el caso de China, o están parcialmente aprobados. La estrategia del Gobierno chino de participar accionarialmente en las compañías es incompatible con las políticas de la UE o EE. UU., pero Occidente juega con ventaja porque la mayoría de los fabricantes de equipos de producción de última generación y la propiedad intelectual, pertenece bien a compañías europeas o americanas. Por otro lado, la falta de fondos asignados para apoyar la construcción de plantas que tiene la estrategia europea exige coordinación con los Estados Miembros y puede ralentizar los procesos o ahuyentar a las compañías interesadas, mientras que la americana o China son menos burocráticas. Las iniciativas americanas y europeas son concretas en cuanto al tipo de tecnologías que pretenden potenciar. Por el momento, la iniciativa de China lleva en marcha desde 2014 y por ahora no se ha reportado un aumento de la autosuficiencia en materia de chips, y en el caso del resto de potencias, al no haberse ejecutado ninguno de los planes por el momento, no se puede concluir si ha habido un impacto por el momento.

6.8 Revisión de Literatura

En esta revisión de literatura se incluyen todas las referencias académicas usadas en el anterior capítulo del trabajo, así como un resumen de su aportación al trabajo. Las referencias de tipo no académico como propuestas legislativas, noticias de prensa e informes sectoriales han sido excluidas de este resumen.

Tabla 5 Revisión de literatura 2

2021	Soete, Luc et al.	Analiza el impacto de las ayudas gubernamentales para innovación y desarrollo a nivel internacional. Se relaciona esta información con los epígrafes centrados en las propuestas gubernamentales.
2019	OECD	La Organización analiza las principales disrupciones en la cadena de suministro de semiconductores y si existe una relación con las ayudas gubernamentales.
2021	Ezell, Stephen	Analiza el impacto de las políticas de apoyo gubernamental a la industria de semiconductores en China y profundiza en la participación directa del Gobierno del país en numerosas empresas de la cadena de suministro de circuitos integrados.

Elaboración propia

7. Resultados de las entrevistas realizadas

Durante las entrevistas los expertos han coincidido en que los semiconductores son hoy uno de los principales problemas de la cadena de suministro para la electrónica, pero a su vez me han advertido de que hay otros componentes y fases de la cadena que a largo plazo serán más relevantes como por ejemplo ciertas materias primas.

Al presentarles los riesgos identificados durante el trabajo, uno de los expertos me remarcaba que él considera que al tratar de solventar el riesgo de falta de capacidad, aumentándola de forma acelerada, es posible que se produzcan problemas de interoperabilidad a medio y largo plazo en el que cada potencia industrial desarrolle sus propias tecnologías y técnicas, que impidan por ejemplo que un fabricante europeo en una situación puntual de desabastecimiento sustituya ciertos componentes con circuitos integrados fabricados en China. Otro de los entrevistados remarcaba como el problema de resiliencia de la cadena de suministro en su opinión deriva de que en muchas industrias no se ha hecho un análisis maduro de las posibles contingencias, y se ha optado por una óptica muy local y que no se adentra más allá de los propios proveedores, y con un enfoque centrado en el perfecto funcionamiento de la logística *just in time*. Por otra parte, todos los entrevistados han remarcado que en Europa hay un déficit de mano de obra cualificada para aportar valor en los diferentes procesos de la cadena de valor de semiconductores y que esta situación es complicada de revertir a corto plazo.

En la segunda parte de la entrevista, al presentarles un resumen de las propuestas de la Comisión europea y su comparación con las medidas de Estados Unidos y China, uno de los expertos me comentó que uno de los problemas que él suele detectar en iniciativas como la del Chip Act es que buscan aumentar la capacidad de producción o las capacidades tecnológicas sin crear una industria “desde abajo”, es decir, mejorando poco a poco la cadena de valor con empresas pequeñas que participen en un desarrollo progresivo de la industria. Por otro lado, el experto en *supply chain* del sector químico sí que cree que las medidas del Chip Act europeo son necesarias para complementar la inversión privada, especialmente si otras potencias industriales ya están actuando y considera importante estar como mínimo a su nivel. Además, considera que el carácter estratégico de los chips prácticamente obliga a la Comisión a actuar para evitar paradas en la cadena que se extienden a la operativa diaria de gran parte de las empresas europeas. Según uno de los expertos, la propuesta de la Comisión tiene unos objetivos, producir el 20% de los semiconductores a nivel global antes de 2030, que solo es alcanzable con el modelo *foundry* que es menos rentable y se basa en economías de escala, pero en su opinión el modelo que interesa a la UE para garantizar el desarrollo de un ecosistema es el modelo de plataforma o *IDM*, que puede llevar hasta 50 años de desarrollo si se empieza su desarrollo desde cero. Además, este experto afirma que en su experiencia trabajando en proyectos con multinacionales americanas los directivos de innovación y desarrollo ven este tipo de propuestas europeas que incluye subsidios como “una vaca a la que se le puede sacar dinero para financiar I+D usando la excusa de ampliar las capacidades de la región”.

8. Discusión y conclusiones

Todos los resultados obtenidos durante la revisión de literatura establecen que el modelo actual de producción a nivel global ha optado por una integración vertical en la que ciertos países se han especializado en la producción de algunos productos o bienes intermedios. En el caso de los semiconductores los principales centros de producción se encuentran en Taiwán que cuenta con un ecosistema industrial muy especializado en la producción de circuitos integrados usando el modelo de *foundry*, es decir, es un puro fabricante y no diseña sus propios chips. A su vez, la industria de los dispositivos electrónicos en Europa ha ido priorizando la subcontratación o la adquisición de componentes en países extranjeros, lo que ha derivado en una reducción gradual de su capacidad para producir semiconductores y del valor generado por la UE dentro

de la cadena de suministro de semiconductores. Los chips poco a poco se han ido convirtiendo en componentes cada vez más complejos, siguiendo la teoría establecida por la Ley de Moore, y a su vez esenciales por el aumento en número de chips que lleva cada dispositivo. Esta pérdida de capacidad de producción se ha combinado con una falta de planificación de riesgos madura, según uno de los expertos entrevistados, combinada con un aumento de la logística *just in time* y de un enfoque principalmente centrado en la reducción de costes, entre los que se incluye la especialización vertical que mencionan varios autores y que ha aumentado el impacto de incidentes a la cadena de suministro de semiconductores que ya de por sí es un proceso sensible a parones en la producción, tal y como se ha inferido de las diversas noticias analizadas en prensa, y que ha supuesto para muchas compañías del sector una imposibilidad de abastecerse y de continuar la producción tras sufrir un imprevisto. Por lo tanto, dos de los riesgos identificados a través de noticias, informes y datos de mercado, como son el riesgo para la *supply chain* de contar con una capacidad de producción reducida a nivel europeo y que la cadena de circuitos integrados a nivel global sea poco resiliente, han quedado corroborados por la literatura revisada y por los expertos entrevistados. Hay varios riesgos que no he identificado durante mi proceso revisión de literatura y que los expertos entrevistados me han indicado que en su opinión son importantes. Por un lado, uno de ellos me ha indicado que un riesgo clave es la falta de mano de obra cualificada en la UE en todos los niveles, desde el personal que trabaja en fábrica a los investigadores de laboratorios de I+D, y que puede suponer que la industria europea no sea capaz de aumentar su capacidad pese a contar con el capital y los apoyos administrativos necesarios. Por otro lado, el riesgo de seguridad informática por posibles implantes o modificaciones de hardware derivado de la deslocalización para uno de los expertos sí que es relevante porque puede tener un impacto importante en los procesos de los afectados, pero otro de ellos me indicó que es un riesgo asociado con el producto y que en su opinión no es un riesgo de gestión de la cadena de suministro y que habría que estudiarlo desde el punto del producto.

En cuanto a las medidas gubernamentales que ha propuesto la Comisión Europea a través de la Ley Europea de Chips y cuyo objetivo general es alcanzar la soberanía en semiconductores, que según la Institución equivale a producir el 20% de los circuitos integrados a nivel global, los entrevistados presentan opiniones dispares, por un lado uno de los expertos plantea que el marco normativo presentado por la Comisión requiere de un ecosistema empresarial que no existe y que parece un proyecto preparado con prisas, que solo podría ser compatible con un modelo de *foundries* que según las referencias revisadas tiene un beneficio unitario muy

reducido, y que según el experto lo que interesaría en la Unión es el establecimiento de fabricantes integrados que innoven, diseñen y produzcan localmente, pero que es un proceso que puede requerir que se desarrolle un ecosistema empresarial empezando por empresas pequeñas y que pueda llevar hasta 50 años en el peor de los casos. Además, este experto remarca por su experiencia profesional en proyectos sobre semiconductores es que uno de los problemas a los que se enfrenta la propuesta de la Comisión es la falta de mano de obra especializada, cuestión que requiere de unos planes específicos y de tiempo. En cambio, el otro experto consultado valora las medidas del Chip Act europeo como positivas y muy importantes para apoyar a la inversión privada con financiación pública y las considera como una respuesta necesaria a las acciones de otras potencias industriales como China o EE. UU. Al comparar otras propuestas como la americana o la de China, he encontrado numerosas referencias que apuntan a la estrategia China como una de las principales disrupciones a la innovación y a la cadena de suministro de semiconductores a través de sus medidas intervencionistas que abaratan el coste de producir en el país asiático pero que según indican los informes sectoriales, no terminan de posicionar a la potencia como líder en materia de semiconductores, especialmente en el ámbito de los chips con arquitecturas más avanzadas.

En conclusión, en este trabajo se ha planteado como objetivo principal analizar la situación actual de la cadena de suministro para la industria tecnológica, especialmente de los semiconductores, con la intención de detectar posibles riesgos y definir el estado de esta en la Unión Europea. Además, se ha estudiado el paquete de soluciones que plantea la Comisión Europea, conocido como Ley Europea de Chips, los objetivos establecidos por la Comisión y se han comparado con otras iniciativas gubernamentales internacionales, tratando de detectar sus efectos en el mercado y las reacciones de los actores del sector.

Para ello se ha seguido la metodología de revisión de literatura académica obtenida a través de Google Scholar junto con la revisión de noticias, informes y datos de mercado relacionados con el objeto del trabajo, con los que se han identificado los riesgos de la cadena. En la segunda parte relacionada con las medidas gubernamentales, he realizado un estudio y síntesis de las diferentes normativas, apoyándome para la obtención de resultados en referencias académicas sobre intervención estatal en la industria de los semiconductores. Por último, con el objetivo de validar los resultados de mi investigación, he realizado entrevistas informales a expertos del sector, de carácter cualitativo y siguiendo un guion preestablecido, con las que he obtenido

resultados que en ocasiones confirmaban los resultados obtenidos en la revisión de literatura y en otras había ciertas discrepancias o matices que han sido incluidos en los resultados.

En los epígrafes anteriores, se han presentado los resultados que permiten dar respuesta a los objetivos planteados. Por un lado, se han identificado los riesgos para la cadena de suministro que se caracteriza por su especialización vertical que ha derivado en que la capacidad de producción de la UE, que no se ha especializado en la producción de chips, haya perdido cuota de mercado ya que los fabricantes europeos se han abastecido de mercados extranjeros como el de Taiwán. Junto con el riesgo de capacidad de producción reducida, de en torno al 7-10% del total global, otro de los riesgos identificados es la falta de resiliencia de la cadena, por un lado porque la producción de semiconductores es muy sensible a los parones de producción imprevistos y porque en los últimos años con el objetivo de reducir costes y ser más eficientes, el abastecimiento de los diferentes actores de la cadena ha girado hacia un modelo basado en *just in time* sin tener en ocasiones un plan que impida la paralización de la cadena durante incidentes externos. Por último, otro de los riesgos detectados está relacionado con el proceso de producción y ensamblado de los circuitos integrados ya que, debido a la falta de implementación de medidas de control, se pueden realizar implantes imperceptibles para el ojo humano que permitan tomar el mando del dispositivo de forma remota. Este tipo de ataques una vez detectados obligan a los fabricantes a tomar medidas para mitigarlos que tienen un elevado impacto en los procesos de producción, además del impacto reputacional y legal de estos incidentes.

En cuanto al análisis de las propuestas gubernamentales en relación con la industria de los semiconductores, tras realizar un análisis de las medidas presentadas la conclusión es que las tres potencias industriales, Unión Europea, China y Estados Unidos, comparten el objetivo de aumentar sus capacidades para producir circuitos integrados de forma significativa. En el caso de China, su estrategia comprende aparte de la concesión de ayudas especiales y fondos públicos para proyectos de I+D, la participación del Estado en numerosas compañías de toda la cadena de suministro. Las propuestas gubernamentales son positivas para algunos expertos por considerarlas un buen apoyo para la iniciativa privada y en cambio para otros, son ineficaces por no tener en cuenta el ecosistema en el que se van a aplicar, ya que tratan de ampliar la capacidad de producción en un entorno en el que no existen socios que puedan apoyar el proceso. En el caso de las medidas de China, son criticadas por su excesivo intervencionismo.

Este trabajo de investigación presenta algunos de los problemas de la *supply chain* de los dispositivos electrónicos centrándose en uno de los componentes más complejos y esenciales como son los semiconductores, aportando una explicación a varios de los problemas de la crisis global actual en materia de chips y detectando los riesgos que experimenta la cadena de suministro. Este ensayo presenta un interés desde un punto de vista académico porque realiza una síntesis de la situación actual en la Unión Europea, identificando riesgos para la cadena de suministro sobre los que se podría profundizar en otros proyectos de investigación y que se podrían estudiar con métodos cuantitativos mediante el análisis de datos oficiales y reportes financieros de los diferentes actores de la cadena, incluso planteando previsiones a futuro por métodos matemáticos. Por otro lado, es una tesis que analiza y sintetiza políticas públicas y puede ser de utilidad a la hora de plantear futuros proyectos empresariales en el ámbito de los circuitos integrados en Europa en los próximos años. Además, la detección de riesgos realizada y el análisis de los principales actores del mercado, puede ser de utilidad para entender el ecosistema de forma general para personas no expertas en la materia.

Sin embargo, cabe destacar que este ensayo cuenta con ciertas limitaciones y podría ser complementado con una investigación más en profundidad de la cadena de suministro de dispositivos electrónicos en componentes o procesos diferentes a los semiconductores, la obtención de datos más exhaustivos sobre la evolución de la capacidad de producción de la industria y un estudio del impacto de las medidas gubernamentales recientemente propuestas cuando más adelante alcancen una fase de implementación. Asimismo, se podría profundizar más en la cadena de suministro de semiconductores desde un punto de vista logístico y de planificación industrial en función del tipo de componente.

9. ANEXOS

9.1 Anexo I

Tabla 6 Entrevistas realizadas

Entrevistado	Puesto de trabajo	Experiencia	Duración
Entrevistado 1	Investigador y profesor universitario especializado en <i>supply chain</i>	+10 años	35 minutos
Entrevistado 2	Directivo de multinacionales del sector químico especializado en <i>supply chain</i>	+20 años	20 minutos

Elaboración propia

9.2 Anexo II

Guion de las entrevistas realizadas

Buenos días y muchas gracias por aceptar colaborar en mi trabajo, estoy convencido que su opinión va a ayudarme en el proceso.

En primer lugar, me gustaría remarcar que sus datos personales se van a mantener anónimos y que se va a hacer referencia a usted como un experto en supply chain. Para facilitar mi proceso y si no es un inconveniente para usted me gustaría grabar el audio de la entrevista.

Una vez fijadas estas pautas, si le parece bien, voy a exponer brevemente los objetivos de mi trabajo y los resultados preliminares que he obtenido.

Objetivos: El título del trabajo es “Supply Chain de productos tecnológicos en la UE: riesgos y posibles soluciones” y el objetivo es analizar la situación actual de la cadena de suministro, identificando posibles riesgos o problemas junto con su impacto y las soluciones que se han propuesto hasta ahora, especialmente en el marco de la nueva ley europea de chips y sus homologas extranjeras.

Dentro de la cadena, he identificado los semiconductores como uno de los talones de Aquiles de la Unión Europea por su complejidad de producción y porque la investigación la capacidad

de producción en la UE ha ido disminuyendo en los últimos años. Además, es un tema de opinión pública desde el inicio de la pandemia en 2020.

P1: ¿Cuál es su opinión sobre la elección de los semiconductores como enfoque principal del trabajo?

En el trabajo he identificado 3 riesgos principales mediante la revisión de papers y otros documentos de carácter académico, y por otro lado de noticias del sector, informes de consultoras y otros, cuyas conclusiones se han recopilado en la siguiente tabla (se muestra la tabla número 2 del trabajo):

P2: ¿Está de acuerdo con los riesgos identificados? ¿Se le ocurre alguno más o está en desacuerdo con alguno?

Por último, he analizado la propuesta realizada por la Comisión Europea en febrero de este año y la he comparado de forma visual con las propuestas realizadas por EE. UU y China, que son otras potencias en busca de la soberanía en materia de semiconductores. (se muestra la tabla número 3 del trabajo)

P3: ¿Cuál es su opinión sobre el impacto de este tipo de políticas públicas, cree que pueden ser efectivas? ¿Qué pediría a la administración para mejorar las capacidades de su industria? ¿Cree que alguna de las propuestas de otros países destaca sobre la realizada por la Comisión?

P4: ¿Le gustaría añadir algo más?

Muchas gracias por su participación y colaboración.

10. Referencias

Abma Hendrik. (2021). Trends in worldwide semiconductor production capacity - ESIA

AEPD. (2021). IoT (III) Domótica. Internet de las Cosas: riesgos y recomendaciones. <https://www.aepd.es/es/prensa-y-comunicacion/blog/iot-iii-domotica>

Antràs, P., y Chor, D. (2021). Global Value Chains*

https://scholar.harvard.edu/files/antras/files/antras_chor_gvc_chapter.pdf

anysilicon. (2021). Semiconductor Wafer Capacity by Geographic Region (2020).

<https://anysilicon.com/semiconductor-wafer-capacity-by-geographic-region-2020/>

Arcuri, G. (2022). The CHIPS for America Act: Why It is Necessary and What It Does. Centre

for Strategic and International Studies, [https://www.csis.org/blogs/perspectives-](https://www.csis.org/blogs/perspectives-innovation/chips-america-act-why-it-necessary-and-what-it-does)

[innovation/chips-america-act-why-it-necessary-and-what-it-does](https://www.csis.org/blogs/perspectives-innovation/chips-america-act-why-it-necessary-and-what-it-does)

Aspect Consulting. (2017). ECSEL JU Impact analysis study. Plus, Media Solutions.

[https://www.kdt-ju.europa.eu/sites/default/files/2017-](https://www.kdt-ju.europa.eu/sites/default/files/2017-09/Ecsel_Impact_Analysis_study_website.pdf)

[09/Ecsel_Impact_Analysis_study_website.pdf](https://www.kdt-ju.europa.eu/sites/default/files/2017-09/Ecsel_Impact_Analysis_study_website.pdf)

AWS Elemental - Crunchbase Company Profile y Funding. Crunchbase.

<https://www.crunchbase.com/organization/elemental-technologies>

Barrett, E. (2021). Taiwan's drought is exposing just how much water chipmakers like TSMC

use (and reuse). Fortune. [https://fortune.com/2021/06/12/chip-shortage-taiwan-drought-tsmc-](https://fortune.com/2021/06/12/chip-shortage-taiwan-drought-tsmc-water-usage/)

[water-usage/](https://fortune.com/2021/06/12/chip-shortage-taiwan-drought-tsmc-water-usage/)

BBC. (2020). Coronavirus: Much of 'the world's factory' still shut. BBC News

<https://www.bbc.com/news/business-51439400>

BCG. (2020). COVID-19: Automotive demand post COVID-19. [https://image-](https://image-src.bcg.com/Images/Auto%20post%20COVID-19_052920_tcm9-249607.pdf)

[src.bcg.com/Images/Auto%20post%20COVID-19_052920_tcm9-249607.pdf](https://image-src.bcg.com/Images/Auto%20post%20COVID-19_052920_tcm9-249607.pdf)

Blasco, P. (2017). La Policía saca su propio 'WhatsApp' y perseguirá a los agentes que envíen

mensajes de trabajo con otras aplicaciones. [https://www.vozpopuli.com/actualidad/policia-](https://www.vozpopuli.com/actualidad/policia-whatsapp-perseguira-mensajes-aplicaciones_0_1013599054.html)

[whatsapp-perseguira-mensajes-aplicaciones_0_1013599054.html](https://www.vozpopuli.com/actualidad/policia-whatsapp-perseguira-mensajes-aplicaciones_0_1013599054.html)

Breton, T. (2021, September). How a European Chips Act will put Europe back in the tech race.

[https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/how-european-chips-](https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/how-european-chips-act-will-put-europe-back-tech-race_en)

[act-will-put-europe-back-tech-race_en](https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/how-european-chips-act-will-put-europe-back-tech-race_en)

Brown, C. (2009). Chips and change: how crisis reshape the semiconductor industry

Busvine, D., y Reuters. (2021). Intel seeks \$10 bln in subsidies for European chip plant. Reuters.

[https://www.reuters.com/technology/intel-seeks-8-bln-euros-subsidies-european-chip-plant-](https://www.reuters.com/technology/intel-seeks-8-bln-euros-subsidies-european-chip-plant-politico-2021-04-30/)

[politico-2021-04-30/](https://www.reuters.com/technology/intel-seeks-8-bln-euros-subsidies-european-chip-plant-politico-2021-04-30/)

Calhoun, G. (2021). Semiconductors – The CHIPS Act: What It Is (Part 1). Forbes. <https://www.forbes.com/sites/georgecalhoun/2021/11/23/semiconductors--the-chips-act-why-it-is-what-it-is-part-1/>

Chan, N. (2020). Idle Factories, Empty Trade Zone Highlight Coronavirus Impact on Southeast Asia. Radio Free Asia. <https://www.rfa.org/english/news/laos/coronavirus-southeastasia-03062020161747.html>

Christopher, M., y Peck, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain. The International Journal of Logistics Management, 15(2), 1-14. 10.1108/09574090410700275

Coelho, J. (2021). Europe's gigafactory boom – 25 by '25. pv magazine International. <https://www.pv-magazine.com/2021/07/13/europes-gigafactory-boom-25-by-25/>

Comisión Europea. (2013). Commission proposes New European Industrial Strategy for Electronics – better targeted support to mobilize €100 billion in new private investments. European Commission - European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr%20/IP_13_455

Comisión Europea. (2018). EUROPE ON THE MOVE: Sustainable Mobility for Europe: safe, connected, and clean

Comisión Europea. (2022a). European Chips Act - Questions and Answers. European Commission - European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_22_730

Comisión Europea. (2022b). Factsheet: Ley Europea de Chips [Abstract]. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-chips-act-factsheet>

Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework of measures strengthening Europe's semiconductor ecosystem (Chips Act), Propuesta de reglamento de la UE (2022c).

CyberX. (2020). Informe de Riesgos de Seguridad en IoT. https://get.cyberx-labs.com/hubfs/Reports/CyberX%20Global%20ICS%20-%20IoT%20Risk%20Report.pdf?utm_campaign=Form%20Follow%20Upsyutm_medium=email_hsenc=p2ANqtz-88N34GO_KAwAq2Ec_SDtNVpknAbYTZabTnU4ZwnUelcrA4XcdDmRgFDm-dLgPNRLJ6AkyLFqhkGc8FweHHMnkVGz6YiQy_hsmi=66879160yutm_source=hs_automationyutm_content=66879160yhsCtaTracking=a76864e2-5452-4bef-8f5d-4b1869a0b581%7C5f55fb60-cca1-4616-a7fa-0be521470f0a

Dahlgren, D. (2021). Evertiq - AKM provides an update on its fire damaged fab. <https://evertiq.com/design/51031>

Donnan, S., y Coppolla, G. (2020). Biggest Factory Closing Since World War II Hits U.S., Europe. Bloomberg.Com <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-03-19/biggest-factory-shutdown-since-ww-ii-sweeps-through-u-s-europe>

Europe plans a Chips Act to boost semiconductor sovereignty. (2021). TechCrunch, <https://social.techcrunch.com/2021/09/15/europe-plans-a-chips-act-to-boost-semiconductor-sovereignty/>

Eurostat. (2021). Individuals - mobile internet access. <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>

Ezell, S. (2021). Moore's Law Under Attack: The Impact of China's Policies on Global Semiconductor Innovation. Information Technology and Innovation Foundation. <https://itif.org/publications/2021/02/18/moores-law-under-attack-impact-chinas-policies-global-semiconductor>

Fernández, R. (2021). Electrónica de consumo en España. Statista. <https://es.statista.com/temas/4196/electronica-de-consumo-en-espana/>

GfK. (2021). Global consumer electronics market: on the up or showing signs of saturation? <https://www.gfk.com/press/global-consumer-electronics-market-on-the-up-or-showing-signs-of-saturation>

Håkansson, H., y Snehota, I. (1989). No business is an island: The network concept of business strategy. Scandinavian Journal of Management, 5(3), 187-200. 10.1016/0956-5221(89)90026-2

Herh, M. (2020, August). SMIC of China to Make Massive Investment in Foundry Business. Businesskorea <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=50313>

KDT JU. (2022). Press release: KDT JU to become Chips Joint Undertaking: [Abstract]. https://www.kdt-ju.europa.eu/sites/default/files/2022-02/KDT%20JU%20and%20the%20Chips%20Act%20_0.pdf

Kim, S. Y., y Rosendorff, B. P. (2021). Firms, states, and global production. Economics and Politics, 33(3), 405-414. 10.1111/ecpo.12181

Liu, M. (2021). Taiwan and the foundry model. Nature Electronics, 4(5), 318-320. 10.1038/s41928-021-00576-y

Manners, D. (2021). 2020 consumer electronics revenues grew 7%. <https://www.electronicweekly.com/news/business/2020-consumer-electronics-revenues-grew-7-2021-02/>

Martínez, D., y Marschinski, R. (2020). Electronics lead concerns over the EU's declining share in global manufacturing value chains. <https://voxeu.org/article/eu-s-declining-share-global-manufacturing-value-chains>

Mathieu, C. (2019). The European Battery Alliance is Moving up a Gear. *Édito Energíe*,

Mehta, D., Lu, H., Paradis, O., M. S, M., Rahman, M., Iskander, Y., Chawla, P., Woodard, D., Tehranipoor, M., y Asadizanjani, N. (2020). The Big Hack Explained. *ACM Journal on Emerging Technologies in Computing Systems*, 16(4), 1-25. 10.1145/3401980

Moore, G. E. (1998). Cramming More Components Onto Integrated Circuits. *Proceedings of the IEEE*, 86(1), 82-85. 10.1109/JPROC.1998.658762

Moss, S. (2021). TSMC starts work on \$12bn Arizona semiconductor fab, gets funding for Japanese chip R&D. *Datacenterdynamics*
<https://www.datacenterdynamics.com/en/news/tsmc-starts-work-on-12bn-arizona-semiconductor-fab-gets-funding-for-japanese-chip-rd/>

O'Dea, S. (2021). Western Europe: smartphone subscriptions 2011-2026. *Statista*.
<https://www.statista.com/statistics/1133753/western-europe-smartphone-subscriptions/>

OECD. (2019). *Measuring distortions in international markets: The semiconductor value chain*. Paris: OECD Publishing. 10.1787/8fe4491d-en <http://dx.doi.org/10.1787/8fe4491d-en>

Oliver, N., Dostaler, I., y Dewberry, E. (2004). New product development benchmarks: The Japanese, North American, and UK consumer electronics industries. *Journal of High Technology Management Research*, 15(2), 249-265. 10.1016/j.hitech.2004.03.006

Park, J., y Kelly, T. (2021). TSMC, Sony to invest \$7 bln for new Japanese chip plant. *Reuters*
<https://www.reuters.com/technology/sony-invest-500-mln-tsmcs-new-chip-unit-japan-2021-11-09/>

Parnell, J. (2020). A Battery Giant Is Born: Total and Groupe PSA Launch New European Manufacturer. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/a-battery-giant-is-born-total-and-groupe-psa-launch-new-company>

Patel, N. (2021). Why the global chip shortage is making it so hard to buy a PS5. *The Verge*.
<https://www.theverge.com/2021/8/31/22648372/willy-shih-chip-shortage-tsmc-samsung-ps5-decoder-interview>

Porter, J. (2021). Samsung forced to halt chip production in Austin due to power outages. *The Verge*.
<https://www.theverge.com/2021/2/17/22287054/samsung-chip-production-halted-austin-winter-storm-uri-power-blackouts>

Renesas. (2021). UPDATE 10 - Notice Regarding the Semiconductor Manufacturing Factory (Naka Factory) Fire: Production Capacity Recovery Status

Reuters. (2020). U.S. tightens exports to China's chipmaker SMIC, citing risk of military use. Reuters <https://www.reuters.com/article/usa-china-smic-idUSKBN26H0LO>

Reuters. (2022). Taiwan sees 'enormous' room for chip cooperation with EU. Reuters <https://www.reuters.com/technology/taiwan-sees-enormous-room-chip-cooperation-with-eu-2022-02-09/>

Riley, M., y Robertson, J. (2021). The Long Hack: How China Exploited a U.S. Tech Supplier. Bloomberg.Com <https://www.bloomberg.com/features/2021-supermicro/>

Robertson, J., y Riley, M. (2018). The Big Hack: How China used a tiny chip to infiltrate U.S. companies. Bloomberg Businessweek, <https://search.proquest.com/docview/2126792950>

Saenz, M. J., y Revilla, E. (2014). Creating more resilient supply chains. MIT Sloan Management Review, 55(4), 22. <https://search.proquest.com/docview/1543710518>

Scott, M., y Posaner, J. (2020). Europe's big battery bet. POLITICO. <https://www.politico.eu/article/europe-battery-electric-tesla-china/>

Shed, S. (2021). Critical chip machine maker ASML predicts a sales boom over the next decade. Cnbc <https://www.cnn.com/2021/09/29/asml-predicts-sales-boom-as-demand-for-chip-making-machines-surges.html>

Shirouzu, N. (2021). How Toyota thrives when the chips are down. Reuters <https://www.reuters.com/article/us-japan-fukushima-anniversary-toyota-in-idUSKBN2B1005>

Soete, L., Verspagen, B., y Ziesemer, T. (2021). Economic impact of public RyD: an international perspective. Industrial and Corporate Change, 2021(1), 1-18. 10.1093/icc/dtab066

Spadafora, A. (2022). Italy is spending billions to try and lure Intel to the EU. TechRadar, <https://www.techradar.com/news/italy-is-spending-billions-to-try-and-lure-intel-to-the-eu>

Swanson, A., y Zhong, R. (2020). U.S. Places Restrictions on China's Leading Chip Maker . The New York Times <https://www.nytimes.com/2020/09/26/technology/trump-china-smic-blacklist.html>

Sze, S. M. (2002). Semiconductor devices (2. ed. ed.). Wiley.

Tabeta, S. (2021). 'Made in China' chip drive falls far short of 70% self-sufficiency. Nikkei Asia <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/Made-in-China-chip-drive-falls-far-short-of-70-self-sufficiency>

Timming, J. (2021). 6 crucial steps in semiconductor manufacturing. <https://www.asml.com/en/news/stories/2021/semiconductor-manufacturing-process-steps>

Ting-Fang, C., y Li, L. (2019). Server maker Super Micro to ditch 'made-in-China' parts on spy fears. Nikkei Asia. <https://asia.nikkei.com/Economy/Trade-war/Server-maker-Super-Micro-to-ditch-made-in-China-parts-on-spy-fears>

Ting-Fang, C., y Li, L. (2021). TSMC eyes Germany as possible location for first Europe chip plant. Nikkei Asia <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/TSMC-eyes-Germany-as-possible-location-for-first-Europe-chip-plant>

Trendforce. (2021a). Press Center - Progress in Importation of US Equipment Dispels Doubts on SMIC's Capacity Expansion for Mature Nodes for Now, Says TrendForce | TrendForce - Market research, price trend of DRAM, NAND Flash, LEDs, TFT-LCD and green energy, PV. TrendForce. <https://www.trendforce.com/presscenter/news/20210305-10693.html>

Trendforce. (2021b). Press Center - Revenue of Top 10 IC Design (Fabless) Companies for 2020 Undergoes 26.4% Increase YoY Due to High Demand for Notebooks and Networking Products, Says TrendForce | TrendForce - Market research, price trend of DRAM, NAND Flash, LEDs, TFT-LCD and green energy, PV. TrendForce. <https://www.trendforce.com/presscenter/news/20210325-10735.html>

Tyson, M. (2022). German State Media Reports Intel Will Open Mega Fab in Magdeburg. Tom's Hardware. <https://www.tomshardware.com/news/intel-reportedly-selects-germany-mega-fab>

Unión Europea. (2014). ECSEL. https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/institutions-and-bodies-profiles/ecsel_es

von der Leyen, U. (2021). 2021 State of the Union Address by President von der Leyen

Yi, K. (2003). Can Vertical Specialization Explain the Growth of World Trade? The Journal of Political Economy, 111(1), 52-102. 10.1086/344805

Zelada, S. (2021). COVID 19: Un acelerador de la transformación digital | Deloitte Perú | Tecnología. Deloitte Perú. <https://www2.deloitte.com/pe/es/pages/technology/articles/COVID19-un-acelerador-de-la-transformacion-digital.html>