

# **GRADO EN COMERCIO**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Taiwán como Potencia Global en la Industria de  
Semiconductores**

**Wei Ting Hung**

**FACULTAD DE COMERCIO VALLADOLID, JULIO 2024**



# UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

## GRADO EN COMERCIO

2023-2024

### TRABAJO FIN DE GRADO

#### Taiwán como Potencia Global en la Industria de Semiconductores

Trabajo presentado por: **Wei Ting Hung**

Firma:

Tutora: **María Inés Sanz Díez**

Firma:

FACULTAD DE COMERCIO

Valladolid, julio 2024

## **Agradecimiento**

En primer lugar, deseo agradecer a mi tutora, María Inés, por su dirección y guía a lo largo de este proceso. Su paciencia, apoyo y orientación han sido indispensables para la finalización de mi TFG.

Quiero agradecer también a mis padres, cuyo apoyo incondicional, tanto financiero como emocional, ha sido fundamental durante mi vida universitaria en España. Su confianza en mí y su constante ánimo me han permitido concentrarme en mis estudios y completar mi grado universitario.

Por último, quiero expresar mi gratitud a todos los profesores que me han impartido clases a lo largo de la carrera universitaria de Comercio. Su enseñanza y dedicación han sido la base sobre la cual he construido los conocimientos y habilidades necesarios para llevar a cabo mi TFG.

Gracias a todos por haber contribuido de manera tan significativa a mi formación y a la culminación de este proyecto académico.

## **Términos Clave**

Semiconductores

Transistores

IC (Circuito Integrado)

Oblea o Wafer

IDM

Electrónica

## Índice de Contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Contexto Histórico de la industria de semiconductor en Taiwán</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Motivo del trabajo</b>	<b>6</b>
<b>1.3 La estructura del trabajo</b>	<b>7</b>
<b>2. Los Semiconductores y su Aplicación</b>	<b>8</b>
<b>2.1 ¿Qué es un Semiconductor?</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Términos Utilizados Frecuentemente en la Industria de Semiconductor</b>	<b>11</b>
<b>3. El Impacto Global de la Industria de Semiconductor en Taiwán</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Perspectivas de Futuro</b>	<b>16</b>
<b>4. La Geopolítica y la Industria de Semiconductores</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Cooperación entre Taiwán y Estados Unidos</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Colaboración entre Taiwán y Japón</b>	<b>21</b>
<b>4.3 La Industria de Semiconductor en Corea del Sur</b>	<b>23</b>
<b>4.4 El Estado Actual de la Industria de Semiconductores en Europa</b>	<b>24</b>
<b>5. La Empresa Líder de Semiconductor en Taiwán-TSMC</b>	<b>29</b>
<b>5.1 El Impacto de Morris Chang en la Industria de Semiconductores</b>	<b>30</b>
<b>5.2 La Creación de Taiwán Semiconductor Manufacturing Company: TSMC</b>	<b>31</b>
<b>5.3 La Colaboración Estratégica con Philips</b>	<b>32</b>
<b>5.4 Capacidad de Adaptación</b>	<b>33</b>
<b>5.5 La Estrategia de Mercado de TSMC</b>	<b>34</b>
<b>5.7 Soluciones para Clientes de TSMC</b>	<b>37</b>
<b>6. El Parque Científico e Industrial de Hsinchu</b>	<b>39</b>

<b>6.1 El Establecimiento del Parque Científico de Hsinchu</b>	<b>39</b>
<b>6.2 Desarrollo de la Industria de Semiconductores en el Parque Científico</b>	<b>40</b>
<b>6.3 La Cultura de Comunicación Especial</b>	<b>41</b>
<b>7. Líderes Representativos de la Industria</b>	<b>43</b>
<b>8. La Importancia de la Inteligencia Artificial para el Futuro de la Industria de Semiconductores</b>	<b>48</b>
<b>9. Conclusiones</b>	<b>53</b>
<b>10. Referencias Bibliográficas</b>	<b>55</b>

# Índice de Imágenes

Imagen 1. Diodo y Transistor -----	9
Imagen 2. Circuito Integrado -----	10
Imagen 3. Las Obleas de Semiconductor de TSMC -----	12
Imagen 4. La Tasa de Ocupación de la Industria de Semiconductor en el Mercado Mundial en 2023 -----	14
Imagen 5. Distribución por países de la Capacidad de Producción de las Empresas Taiwanesas de Semiconductores (2023)-----	17
Imagen 6. DAFO -----	19
Imagen 7. El Sistema de Cooperación entre las Empresas Estadounidenses y Taiwanesas--	21
Imagen 8. La Fábrica de TSMC en Kumamoto, Japón -----	23
Imagen 9. Los Objetivos de la Ley Europea de Chips -----	26
Imagen 10. La Contribución de TSMC a la Economía de Taiwán en el año 2022 -----	30
Imagen 11. Los Equipos de Proceso Dentro de la Fábrica de TSMC -----	35
Imagen 12. Los Ingenieros de TSMC -----	35
Imagen 13. Yu-Xuan, Sun -----	43
Imagen 14. Wen-Yuan, Pan -----	44
Imagen 15. Hua-Nien, Yu-----	45.
Imagen 16. Morris Chang -----	46
<i>Imagen 17. Min, Shi -----</i>	<i>47</i>
Imagen 18. Ejemplos de Uso de la Inteligencia Artificial -----	49

# Índice de Tablas

Tabla 1. *Valor Total de la Producción Mundial de Semiconductores en Cada Sector* -----16

Tabla 2. *Resultados Financieros de TSMC* -----29

# 1. Introducción

Los microchips son fundamentales para todo tipo de tecnología, ya que se requieren en ordenadores, teléfonos móviles, automóviles eléctricos, etc. En un mundo tecnológico tan cambiante y avanzado como el actual, la necesidad de microchips no hará más que seguir creciendo año tras año. Además, la demanda se orienta cada vez más hacia microchips más potentes.

Vamos a comenzar con una breve explicación del inicio de la historia de la industria de semiconductores en Taiwán y cómo comenzó a desarrollarse en esta isla asiática.

## 1.1 Contexto histórico de la industria de semiconductor en Taiwán

La historia de la industria de semiconductores de Taiwán comenzó en la década de 1970. La salida de Taiwán (República de China) de la ONU y la crisis del petróleo causaron un daño significativo al país, tanto diplomática como económicamente. La dependencia de la industria ligera y la exportación de productos procesados ya no era suficiente para impulsar la economía. En esa época, los principales productos eran las luces de Navidad y las bicicletas de bajo coste, con un valor total de producción de la industria electrónica de Taiwán de apenas 4.800 millones de dólares estadounidenses.

En febrero de 1974, los ministros claves, incluidos los de Economía y Transporte, se reunieron en un “restaurante de leche de soja” que es donde desayunan los taiwaneses, para hablar sobre el futuro de Taiwán. Entre ellos se destacó el consultor Wen-Yuan, Pan del Instituto de Investigación de Telecomunicaciones del Ministerio de Transporte, quien dejó una huella significativa en la industria de semiconductores de Taiwán. Después de investigar la industria electrónica taiwanesa de esa época, el Sr. Pan se dio cuenta de la importancia de la industria de semiconductores y su transición de una mano de obra intensiva a una intensiva en tecnología.

El Sr. Pan propuso la idea a los ministros y ganó el apoyo del ministro de Economía, Yun-Xuan, Sun. Determinó que, para desarrollar la industria de semiconductores, el país necesitaría cuatro años y una inversión de 10 millones de dólares, una cantidad considerable para un país pobre y una apuesta arriesgada.

En 1976, el Instituto de Investigación de Tecnología Industrial envió 19 personas a la empresa estadounidense RCA para aprender su tecnología. Luego, decidieron adquirir la tecnología avanzada "CMOS" de la compañía estadounidense.

Tras la decisión e inversión del gobierno, se vio un gran potencial para generar beneficios en la industria de semiconductores. Se crearon muchas empresas nuevas, y se estableció el Parque Científico e Industrial de Hsinchu. Las primeras empresas en establecerse en el parque fueron las conocidas UMC y TSMC.

En 1993, la producción de la industria de semiconductores superó a la industria de la informática. Al año siguiente, el salario promedio de los taiwaneses superó los diez mil dólares, lo que llevó al país a ingresar en las 20 economías más grandes del mundo. La industria de semiconductores también superó a la industria de ordenadores, que era la tecnología dominante de Taiwán en ese momento, convirtiéndose en líder de la industria de alta tecnología.

En 2021, las exportaciones de los productos de semiconductores desde Taiwán representaron el 41,94% de las exportaciones totales del país, mientras que las importaciones de productos de semiconductores contribuyeron con un 17% al total de las importaciones de Taiwán en el mismo año (The Atlas of Economic Complexity, 2021).

La industria alcanzó un valor de producción de 4,72 billones de dólares taiwaneses en 2022, representando el 12,68% del PIB real de país (Zhang Ruxin, 2022).

## 1.2 Motivo del trabajo

La palabra "semiconductor" ha sido una constante en mi vida desde mi infancia porque mis padres son ingenieros que se dedican a la industria, pero nunca tuve un conocimiento profundo sobre lo que realmente implicaba ni cómo funcionaba su industria. Mi única fuente de información sobre la industria de semiconductores era internet y los periódicos. Sin embargo, durante el verano de 2023, tuve la oportunidad de realizar una práctica curricular en una empresa dedicada a la industria de semiconductores. Esta experiencia especial me brindó la oportunidad de aprender profundamente esta industria por primera vez, lo que despertó en mí un gran interés y curiosidad.

Me motiva a querer profundizar mis conocimientos en esta área y explorarla más a fondo. Gracias a esta experiencia, me di cuenta de la importancia de comprender la industria de semiconductores en el contexto actual y cómo está transformando el panorama tecnológico a nivel mundial.

Dado que estoy estudiando comercio, veo una oportunidad única para aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos durante mi carrera a la investigación en la industria

de semiconductores. Mi objetivo es explorar cómo los avances en esta industria impactan en el comercio de Taiwán, las estrategias de países en un mundo cada vez más interconectado y el futuro de la industria de semiconductores.

### **1.3 La estructura del trabajo**

La estructura de este trabajo se divide en siete partes y se presenta de la siguiente manera: comenzamos con las definiciones de semiconductores y algunos términos importantes de la industria. Esta sección proporcionará una base conceptual que nos ayudará a entender mejor el contexto del trabajo.

A continuación, analizamos la importancia de la industria de semiconductores de Taiwán tanto en su propia economía como en el mercado mundial. Luego, exploramos las posibles oportunidades de cooperación que Taiwán tiene con otras potencias tradicionales en el mundo de los semiconductores.

En el quinto y el sexto capítulo, investigamos factores clave del éxito de la industria, como la creación de la empresa TSMC y el parque científico de Hsinchu.

En el séptimo capítulo, abordamos la conexión que tendrá la inteligencia artificial con la industria de semiconductores en el futuro.

Finalmente, terminamos el trabajo con unas conclusiones.

En el próximo capítulo, explicaremos las definiciones de los términos importantes en la industria.

## 2. Los Semiconductores y su Aplicación

En 1947, el Laboratorio Bell fabricó el primer transistor de la historia, posibilitando la miniaturización de los productos electrónicos. Jack Kilby y Robert Noyce, cada uno en diferentes empresas, desarrollaron métodos para integrar transistores y otros componentes electrónicos en un solo dispositivo, marcando el camino para el desarrollo de la industria de los semiconductores.

Hoy en día, los componentes semiconductores son el núcleo de la mayoría de las aplicaciones tecnológicas modernas. Pero, ¿qué es exactamente un semiconductor? En este capítulo exploraremos esta cuestión.

### 2.1 ¿Qué es un semiconductor?

Los semiconductores son materiales especiales que se encuentran entre los conductores eléctricos y los aislantes en sus propiedades eléctricas. La capacidad de conducción de electricidad de los semiconductores puede modificarse aplicando una presión mediante un voltaje externo, lo que permite que un material inicialmente no conductor se vuelva conductor. Dado que su conductividad puede ser controlada y tiene una direccionalidad, se utilizan ampliamente en el diseño de circuitos integrados. Los dos estados de conducción y no conducción de los semiconductores corresponden a los estados de encendido y apagado. Los ingenieros utilizan estos dos estados para diseñar estructuras de circuitos capaces de realizar operaciones y cálculos complejos.

El silicio es el material principal en la industria de los semiconductores, es un elemento omnipresente en la tierra, fácil de obtener y de bajo coste.

Actualmente, los productos fabricados de semiconductores se pueden clasificar en tres categorías: dispositivos discretos, circuitos integrados (IC) y semiconductores optoelectrónicos. A continuación, veremos los diferentes productos semiconductores.

#### 2.1.1 Dispositivos discretos

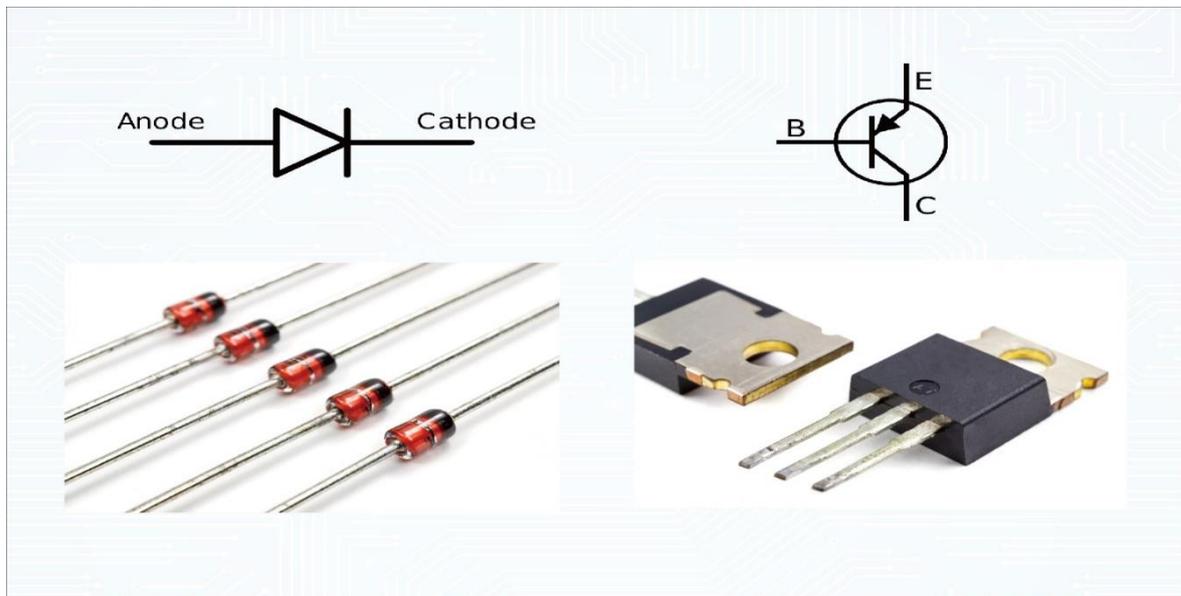
Los dispositivos semiconductores discretos se refieren a los componentes relacionados con los semiconductores que se encuentran en los diseños de circuitos Integrados. Entre los dispositivos semiconductores discretos más comunes se encuentran los transistores y los diodos.

Estos dispositivos semiconductores pueden considerarse como interruptores, y los

interruptores pueden dividirse en dos tipos: interruptores unidireccionales e interruptores bidireccionales.

Los diodos son interruptores unidireccionales; cuando el interruptor está encendido, solo permite el paso de corriente en una sola dirección. En cambio, los transistores son interruptores bidireccionales; cuando el interruptor está abierto, permite el paso de corriente en ambas direcciones. Utilizando las propiedades de los diodos y transistores y organizándolos en el circuito, es posible diseñar circuitos integrados (IC) complejos y fabricar chips que cumplan con los requisitos específicos. Esto representa un desafío para la capacidad de los ingenieros en el diseño de circuitos integrados.

Imagen 1. Diodo y Transistor.



Fuente: *Sparktek Technology, (s.f.)*.

### 2.1.2 Circuitos Integrados (IC)

“Los circuitos integrados son mejor conocidos como chips o microchips, y son estructuras pequeñas de silicio u otros semiconductores, en un encapsulado plástico de cerámica, que solemos hallar en los paneles electrónicos de artefactos diversos (computadores, calculadoras, televisores, etc.).” (Editorial Etecé, 2021)

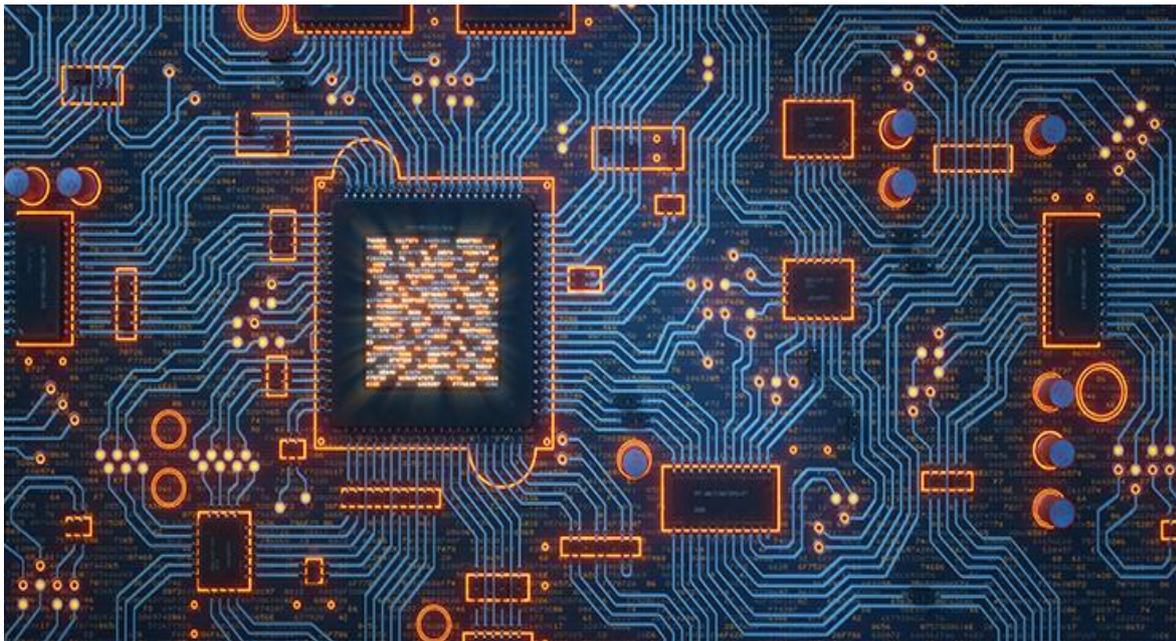
Dentro de los circuitos integrados se incorporan cientos, e incluso hasta millones, de

transistores, diodos, resistores, condensadores y las complejas conexiones entre estos componentes en una pequeña lámina de silicio.

En la evolución de los semiconductores, los IC rápidamente se convirtieron en los productos principales, representando más del 90% del mercado (Huang Qinyong, Huang Yiping, 2022). Por esta razón, a menudo se confunden los términos IC y semiconductores, tratándolos como si fueran lo mismo. Sin embargo, para ser precisos, el semiconductor es un material cuyas aplicaciones van más allá de los IC.

Los circuitos integrados (IC) se utilizan ampliamente en ordenadores, productos electrónicos de comunicación, relojes electrónicos, diccionarios electrónicos, etc. Su demanda en el mercado es grande, convirtiéndolos en los preferidos de la industria.

Imagen 2. Circuito Integrado.



Fuente: CMSC, (s.f.).

### 2.1.3 Semiconductores Optoelectrónicos

Los semiconductores optoelectrónicos se refieren a los materiales y componentes diseñados para utilizar el efecto de conversión entre electrones y fotones en los semiconductores. Los productos principales incluyen dispositivos emisores de luz, dispositivos receptores de luz, dispositivos híbridos y dispositivos fotovoltaicos.

## 2.2 Términos Utilizados Frecuentemente en la Industria de Semiconductor

La industria de los semiconductores es un sector complejo y tecnológicamente avanzado, lleno de términos y conceptos especializados que son fundamentales para su comprensión. Este capítulo tiene como objetivo desglosar y explicar los términos más utilizados en la industria de los semiconductores, proporcionando una base sólida para comprender mejor los siguientes temas y desarrollos en el campo.

### 2.2.1 Oblea o “Wafer” (término para oblea en inglés)

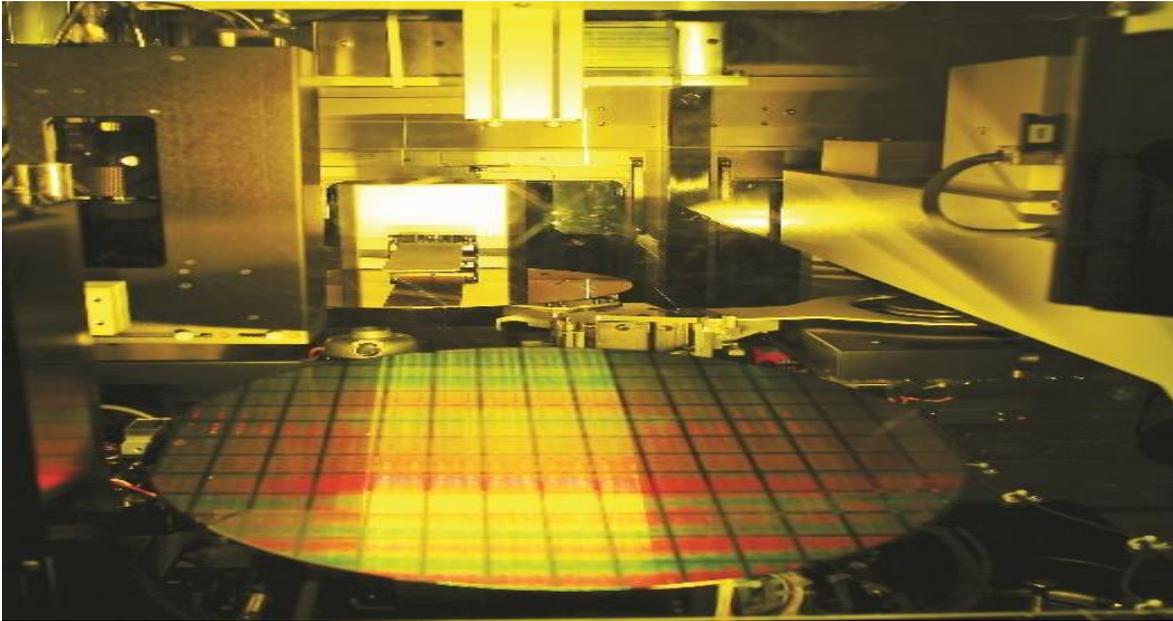
La oblea es una lámina de material semiconductor, generalmente silicio, la base para fabricar circuitos integrados (IC). En las fábricas de obleas, los circuitos diseñados para los IC se construyen capa por capa en las obleas mediante más de doscientos procesos, que incluyen técnicas de dopado, grabado químico y deposición de varios materiales.

Dependiendo de la complejidad del circuito del IC, se pueden producir desde cientos hasta decenas de miles de chips en una sola oblea. Cuanto más simple es el diseño del chip y menor es el área ocupada por el circuito, mayor será la cantidad de chips que se pueden fabricar en una oblea. Además, cuanto mayor es el tamaño de la oblea, más chips se pueden producir.

El tamaño de la oblea se mide por su diámetro. Una oblea de tres pulgadas se refiere a una oblea con un diámetro de tres pulgadas, mientras que una oblea de doce pulgadas tiene un diámetro de doce pulgadas, es decir, aproximadamente treinta centímetros.

Una vez completada la fabricación, la fábrica de obleas prueba primero los IC encima de la oblea para verificar su correcto funcionamiento. Posteriormente, los IC funcionales se separan de la oblea, se encapsulan en materiales como plástico o cerámica para proteger los circuitos, en un proceso llamado “packaging”. Para evitar daños potenciales durante el encapsulado, se realiza una prueba final. Los chips que pasan esta prueba final están listos para ser utilizados en productos electrónicos.

Imagen 3. Las Obleas de Semiconductor de TSMC.



Fuente: *Multimedia Gallery, Fabs: Inside, TSMC, (s.f.)*.

### 2.2.2 Yield

El “Yield” se refiere al porcentaje de chips funcionales en una oblea completa. Por ejemplo, si de una oblea se pueden obtener mil chips y, tras las pruebas, ochocientos de ellos funcionan correctamente, el rendimiento de esa oblea sería del 80%. Un Yield alto indica que la mayoría de los chips de la oblea funcionan correctamente, lo que reduce el costo promedio de producción. La alta confianza de los clientes en TSMC se debe a la elevada tasa de Yield de las obleas que produce.

### 2.2.3 Capacidad de producción

La capacidad de producción es la cantidad máxima de producción que una fábrica de obleas puede alcanzar cuando opera a plena capacidad. Generalmente, se calcula en función del número de obleas que se pueden fabricar en un mes.

La capacidad de producción mensual se refiere a la cantidad de obleas con IC que una fábrica puede producir en un mes, asumiendo que no haya interrupciones ni errores en los equipos de procesamiento.

#### **2.2.4 Fabricante Integrado de Dispositivos (IDM)**

El término IDM fue acuñado a mediados de la década de 1990 por la empresa de investigación de mercados Gartner Group, para diferenciar a los fabricantes por subcontratación, los diseñadores de IC sin fábricas propias y las empresas tradicionales de semiconductores.

Con la aparición de compañías especializadas en la fabricación por contrato de obleas, como TSMC y UMC, la estructura de la industria de semiconductores cambió significativamente, dando lugar a miles de pequeñas empresas de diseño de IC innovadoras. Para facilitar la diferenciación, las empresas tradicionales de semiconductores comenzaron a ser denominadas como empresas IDM.

Antes de la creación del modelo de fabricación por subcontratación especializada iniciada por TSMC, casi todas las empresas de semiconductores, como Texas Instruments, Intel, IBM y Samsung, eran empresas IDM. Estas empresas diseñaban sus propios chips IC y los fabricaban en sus propias fábricas de obleas.

Tras conocer los términos básicos de semiconductores, en el siguiente capítulo, presentaré una breve descripción de la situación actual de la industria de semiconductores en Taiwán y su impacto en la economía taiwanesa.

### 3. El Impacto Global de la Industria de Semiconductor en Taiwán

La industria de semiconductores es uno de los principales sectores de Taiwán. El valor total de la industria de semiconductores en Taiwán en 2023 es de aproximadamente 139.200 millones de dólares, lo que representa el 18% del PIB nacional (Liu Peizhen, 2024).

La razón por la cual la industria de semiconductores de Taiwán ocupa una posición clave en el mundo, incluso siendo llamada el “escudo de silicio” del país, es porque Taiwán cuenta con una cadena de suministro de semiconductores muy completa, y actúa como un elemento disuasorio de una posible acción militar de China.

Taiwán es el segundo país más grande en la industria de semiconductores, ocupando aproximadamente el 20% del mercado mundial, solo superado por Estados Unidos. Es el segundo en valor de producción global en diseño de circuitos integrados, el primero en valor de producción mundial en fabricación de chips y el líder global en servicios de ensamblaje y pruebas de IC (Ministry of Foreign Affairs, Singapore, 2023).

Imagen 4. La Tasa de Ocupación de la Industria de Semiconductor en el Mercado Mundial en 2023.



Fuente: *Ministry of Foreign Affairs, Singapore, 2023.*

La razón detrás de un ecosistema industrial tan completo es la presencia de la reconocida empresa, TSMC. TSMC ha liderado con éxito el modelo de fabricación de microchips, suministrando a tiempo a sus clientes microchips avanzados de 5 nm y 3 nm, con un rendimiento y un “Yield” superiores a los de otras compañías.

El éxito de TSMC ha impulsado un aumento significativo en el número de empresas de diseño de IC “fabless” (empresas sin fábricas), y ha acelerado el desarrollo de la industria de ensamblaje y pruebas en la cadena descendente. La creación del Parque Científico de Hsinchu en 1979 ha permitido que estas empresas estén más interconectadas y colaboren estrechamente en un área relativamente pequeña de Taiwán, mejorando la eficiencia, concentrando recursos y fortaleciendo la ventaja competitiva de Taiwán a nivel internacional.

Después de la caída de la demanda en el mercado global de semiconductores en 2023, se prevé un regreso al crecimiento positivo para 2024. Según las estimaciones del Instituto de Investigación de Tecnología Industrial (ITRI) de Taiwán, se espera que el valor total de la industria de semiconductores en Taiwán supere los cinco billones de dólares taiwaneses (aproximadamente 160.000 millones de dólares estadounidenses) en 2024, alcanzando un nuevo récord histórico.

El crecimiento de la industria de semiconductores se debe principalmente a la recuperación de la demanda en los mercados finales y al impulso proporcionado por aplicaciones de inteligencia artificial (IA) y computación de alto rendimiento (HPC). Además, las medidas de incentivo de los gobiernos de varios países están acelerando la expansión de la capacidad de producción en los procesos avanzados y la fabricación de obleas a nivel global.

En la Tabla 1, se puede observar el crecimiento del valor del sector de semiconductores desde el año 2019 hasta 2022. Durante este período, el valor total de la industria de semiconductores casi se duplicó, reflejando la respuesta a la creciente necesidad de la transformación digital a nivel mundial.

Tabla 1. Valor Total de la Producción Mundial de Semiconductores en Cada Sector

Unidad: Miles de euros	2019	2020	2021	2022
Valor Total	69.033.696	84.205.022	106.773.841	126.656.580
Diseño de IC	17.377.646	21.850.616	32.307.655	32.933.928
Fabricación de IC	37.955.605	47.091.151	56.407.683	74.555.243
Subcontratación de IC	33.364.850	41.874.122	49.326.199	68.910.165
Empaquetado de IC	9.712.981	10.824.759	12.890.312	13.591.278
Prueba de IC	3.987.464	4.435.623	5.165.318	5.579

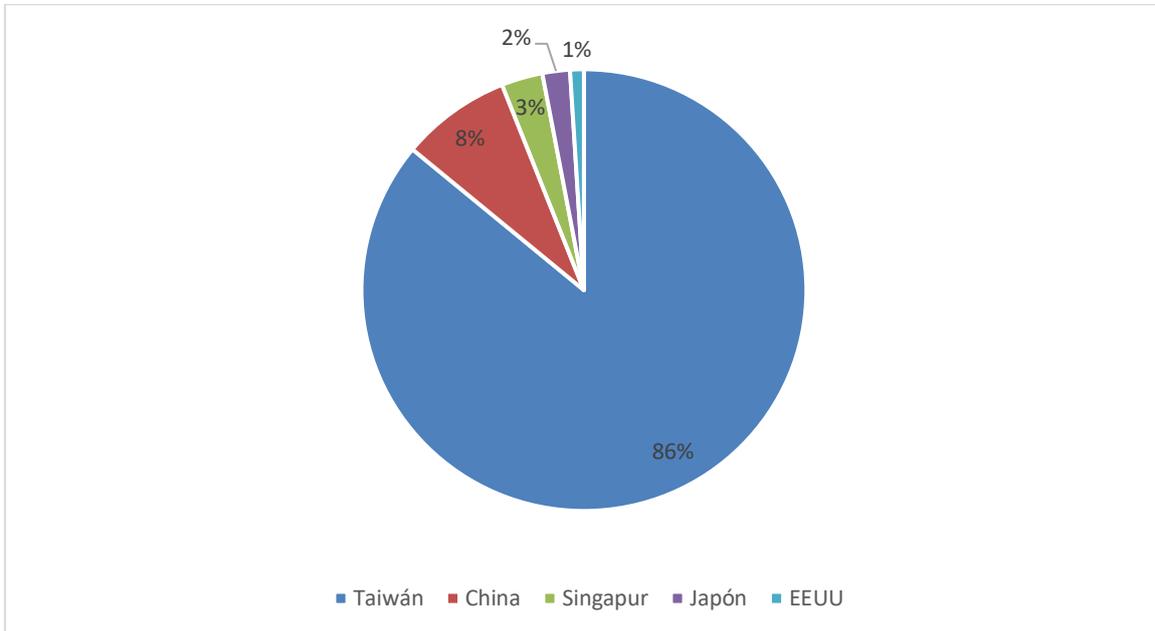
Fuente: *Elaboración propia. Datos: WSTS, MIC, 2023.*

Después de analizar la situación actual de la industria, en el siguiente capítulo veremos las perspectivas futuras del sector.

### 3.1 Perspectivas de Futuro

Se estima que, en 2024 el valor de producción en la industria de semiconductores de Taiwán representará el 18% de la capacidad mundial, con una expansión del 6%. En 2023, la capacidad de producción de las fábricas de las empresas taiwanesas se distribuyó de la siguiente manera: un 86% en Taiwán, un 8% en China continental, un 3% en Singapur, un 2% en Japón y un 1% en Estados Unidos (MIC, 2024). Para 2030, se anticipa que Taiwán seguirá siendo el centro principal de producción para las empresas taiwanesas, consolidando aún más su posición estratégica en la cadena global de suministro de semiconductores.

Imagen 5. Distribución por países de la Capacidad de Producción de las Empresas Taiwanesas de Semiconductores (2023)



Fuente: *Elaboración propia. Datos: MIC, 2024.*

Desde que el presidente de EEUU, Joe Biden, asumió el cargo en 2021, ha dejado claro que la industria de semiconductores es una de las más importantes para Estados Unidos, incluso exigiendo a los grandes fabricantes de semiconductores de Taiwán y Corea del Sur que proporcionen datos de producción y ventas, algo inusual en un sistema global que enfatiza el libre comercio.

Además, la situación entre Taiwán y China sigue siendo tensa. Taiwán, como un centro crucial para la industria de semiconductores de alta tecnología, enfrenta un desafío inmenso. Si estallara un conflicto, esto afectaría a la cadena de suministro mundial de semiconductores.

En respuesta, muchos países están buscando desarrollar sus propias cadenas de suministro de semiconductores para no depender exclusivamente de Taiwán. En 2019, Taiwán fabricaba aproximadamente el 90% de los chips más avanzados del mundo, pero se estima que en diez años esta cifra se reducirá a menos del 50%. Mientras tanto, Estados Unidos, que actualmente tiene poca capacidad de producción en semiconductores, podría aumentar su participación hasta el 30% (Huang Qinyong, Huang Yiping, 2022).

Esto representa un desafío significativo para Taiwán, ya que el 40% de los ingresos por exportación de Taiwán provienen de la industria de semiconductores. Si Taiwán no puede mantener su ventaja en esta industria, su posición estratégica internacional podría verse afectada y la atención de otros países hacia la seguridad nacional de Taiwán podría disminuir.

A pesar de estos desafíos, Taiwán tiene ventajas difíciles de replicar por otros países. La cultura de trabajo duro de los taiwaneses permite reducir costes de manera significativa, algo que no es tan común en Estados Unidos, donde la creatividad es su fortaleza principal. Además, la estructura de división del trabajo en Taiwán, donde cada empresa se especializa en su campo, permite una colaboración que expande su capacidad. Finalmente, la intensa competencia entre pequeñas empresas en Taiwán asegura que las empresas que quieran entrar en el mercado internacional son todas muy competitivas. Estos factores elevan la barrera de entrada para la industria de semiconductores, haciéndola difícil de replicar en otros países.

Sin embargo, Taiwán también enfrenta varios riesgos persistentes. Primero, la influencia de Estados Unidos en la industria de semiconductores sigue siendo considerable, y podría obligar a Taiwán a trasladar parte de su capacidad de producción a territorio estadounidense para asegurar un suministro suficiente dentro de su propio país. Segundo, la electricidad en Taiwán presenta un riesgo de insuficiencia; en 2023, el consumo total de electricidad de TSMC alcanzó el 8% de la total nacional, y la mayoría de esta energía proviene de fuentes térmicas (Huang Qinyong, Huang Yiping, 2022). En el contexto de la tendencia hacia las energías verdes, los actores de alta tecnología en Taiwán lucharán por asegurar un suministro adecuado de energía verde; si no lo logran, podrían enfrentar impuestos más altos en la UE, lo que aumentaría los costes. Tercero, aunque China no puede competir con Taiwán en semiconductores avanzados, ha incrementado su participación en el mercado de semiconductores de menor gama, reduciendo sus compras a Taiwán y amenazando la industria taiwanesa mediante subsidios gubernamentales. Por último, la escasez de talento en Taiwán, combinada con largas horas de trabajo y salarios insuficientes, dificulta la atracción de talento extranjero en alta tecnología, lo cual es un problema grave.

Visto lo anterior, podemos resumir los contenidos en un esquema DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.)

Imagen 6. Análisis DAFO de la Industria de Semiconductores en Taiwán.

### **Debilidades**

- Falta de recursos humanos
- Insuficiencia de electricidad de energía verde

### **Fortalezas**

- Proveedores completos de la industria de semiconductores
- TSMC como la mayor empresa en fabricación de microchips
- Efecto de aglomeración en el Parque Científico de Hsinchu
- Liderazgo destacado en la industria de semiconductores



### **Oportunidades**

- La cuarta revolución industrial
- Tendencia creciente de la IA
- Expansión del mercado de automóviles eléctricos
- Nuevas tecnologías emergentes

### **Amenazas**

- Incertidumbre de las políticas de China y EE.UU.
- Posible invasión por parte de China
- Desglobalización post-pandemia

Fuente: *Elaboración propia.*

Taiwán, Japón y Corea del Sur son conocidos como la cadena de islas tecnológicas. En el contexto de la guerra comercial entre Estados Unidos y China, ¿qué oportunidades existen y cómo puede Taiwán colaborar con estos países en una situación tan perturbada? Lo veremos en el siguiente capítulo.

## 4. La Geopolítica y la Industria de Semiconductores

En la mitad de la década de 1990, Taiwán, representado por empresas como Acer y Mitac Inc., producía más del 80% de los ordenadores personales a nivel mundial. Esta escala económica generó una rápida expansión en la demanda de componentes, proporcionando un entorno favorable para el desarrollo de la industria de IC (Huang Qinyong, Huang Yiping, 2022).

Los ingenieros altamente cualificados de la generación de “baby boomers”, los nacidos de la década de 1970, también proporcionó un gran apoyo. Para un país pequeño como Taiwán, con limitaciones en población, capital y capacidad tecnológica, alcanzar tal éxito no ha sido tarea fácil.

Pero Taiwán carece de condiciones básicas como talento y tierra en comparación con otros países, y necesita colaborar con el mundo en un sistema de producción descentralizada.

A partir de las interacciones entre Taiwán y la comunidad internacional, podemos vislumbrar posibles modelos de división global del trabajo en la industria de semiconductores: la relación competitiva entre Taiwán y Corea del Sur, la alianza entre Taiwán y Japón, el liderazgo de Estados Unidos en la industria de semiconductores en el mundo actual. Todos estos son temas importantes para la comunidad internacional que trataremos a continuación.

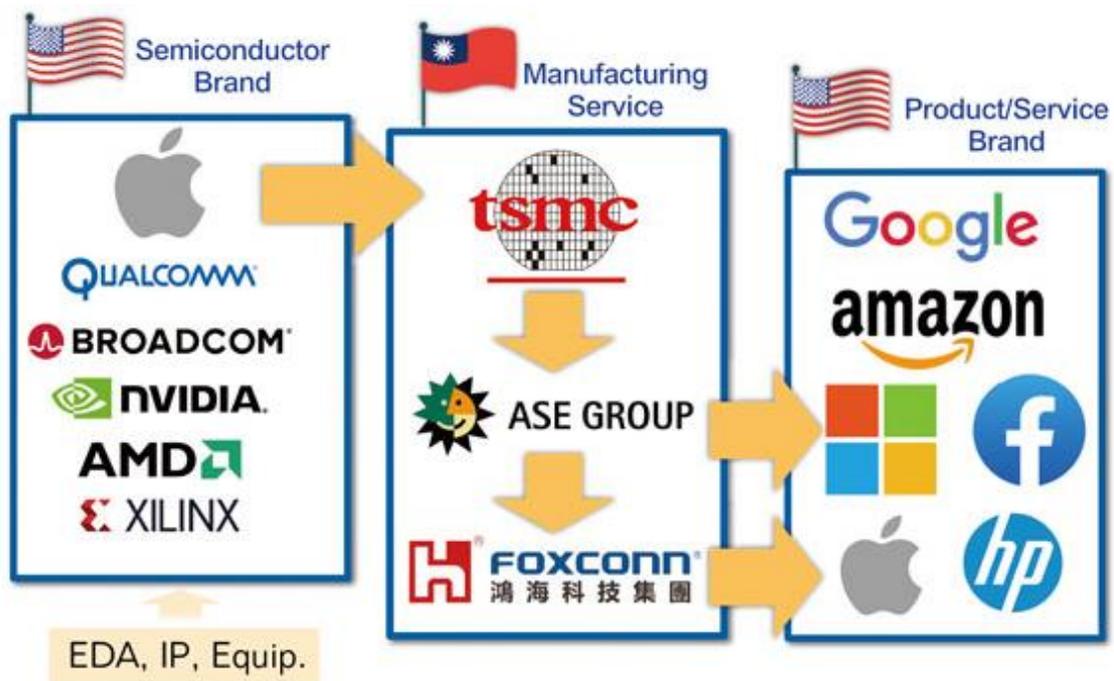
### 4.1 Cooperación entre Taiwán y Estados Unidos

La complejidad de la industria de semiconductores es inimaginable para la mayoría de las personas. La fabricación de obleas, el diseño de circuitos integrados (IC), el empaquetado, las pruebas, los materiales y equipos, las herramientas de diseño y los canales de distribución de semiconductores, aunque interconectados, son en realidad sistemas que operan de manera independiente. En la era de la globalización, ningún país puede dominar todos los aspectos clave. La cooperación y competencia entre países son complicadas, con relaciones políticas y de intereses muy complejas.

La colaboración entre Taiwán y Estados Unidos es una de las alianzas más exitosas en la industria global de semiconductores. Empresas estadounidenses de diseño de IC como NVIDIA, AMD, Apple y Qualcomm, junto con las capacidades de fabricación de TSMC, ASE Group y Foxconn en Taiwán, han creado una ventaja competitiva difícil de superar en el mercado. Los expertos coinciden en que esta relación de colaboración se mantendrá

hasta 2030, sin cambios significativos. Además, grandes empresas estadounidenses como Google, Amazon y Microsoft, en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial, pueden aprovechar este sistema para satisfacer la demanda de chips en áreas como la inteligencia artificial y la automoción.

Imagen 7. El Sistema de Cooperación entre las Empresas Estadounidenses y Taiwanesas.



Fuente: DIGITIMES. S.F.

Japón es otro país destacado en la industria de semiconductores y reconocido por su capacidad en la producción de equipos y materiales para semiconductores. En el próximo apartado, exploraremos un posible modelo de colaboración entre Japón y Taiwán.

## 4.2 Colaboración entre Taiwán y Japón

Después de la Segunda Guerra Mundial, la economía de Japón se recuperó rápidamente, destacándose en las industrias de electrónica, automóviles y semiconductores. En la década de 1960, la cultura especial de empleo por vida en Japón se convirtió en la clave del éxito para la industria de semiconductores, que enfatiza una alta integración de la

cadena de suministro.

A partir de 1976, con el apoyo estratégico del Ministerio de Comercio Internacional e Industria de Japón (MITI), Japón invirtió en el desarrollo de circuitos integrados a gran escala, convirtiéndose en un líder tecnológico en el mercado junto a Estados Unidos. Durante las décadas de 1980 y 1990, la industria de semiconductores de Japón lideró a nivel mundial, amenazando incluso la posición de INTEL. A finales de la década de 1980, Japón controlaba casi el 90% del mercado mundial de memoria (Las Amenazas y Oportunidades de la Isla de Silicio: Semiconductores y Geopolítica, 2022). Sin embargo, después de tres décadas de estancamiento económico, su influencia en la industria global de semiconductores ha disminuido.

### **Tendencias de la cooperación entre Taiwán y Japón:**

El poder económico de Taiwán y Corea del Sur ha crecido rápidamente en los últimos 20 años, y los economistas predicen que, después de 2028, el ingreso per cápita de estos países podría superar al de Japón. Debido a las razones históricas, Japón y Corea del Sur mantienen una relación de antagonismo y las negociaciones de Japón con China y Estados Unidos no son equitativas. Por lo tanto, el mejor socio de colaboración para Japón es Taiwán. Japón necesita cooperar con empresas taiwanesas tanto en la industria de semiconductores como en la de automóviles.

Japón, como una potencia industrial tradicional, sigue liderando en tecnología de materiales, equipos y procesamiento de imágenes. La inversión de TSMC en la ciudad japonesa, Kumamoto, destaca que los sensores de imagen y los chips relacionados con la automoción serán los principales enfoques de la cooperación entre Taiwán y Japón. En términos de cultura laboral, Japón es más adecuado para TSMC. El gobierno japonés es relativamente fácil de negociar por la cultura similar con la taiwanesa y ofrece subsidios generosos. La diferencia cultural en el entorno laboral que se encontró en empresas taiwanesas en las fábricas de Estados Unidos se observa mucho menos en Japón. El vínculo entre empresas taiwanesas y japonesas se ha vuelto más estrecho después de la pandemia de COVID-19. En el pasado, las empresas japonesas siempre priorizaban la demanda interna, pero ahora buscan activamente colaborar con empresas taiwanesas.

Imagen 8. La Fábrica de TSMC en Kumamoto, Japón.



Fuente: *CommonWealth Magazine*, 2024.

Samsung, la empresa surcoreana y competidora de TSMC, es otra empresa gigante en la industria de semiconductores, exploraremos en el siguiente capítulo la industria de semiconductores en Corea.

### 4.3 La Industria de Semiconductor en Corea del Sur

Corea del Sur es uno de los mayores competidores de Taiwán en la industria de semiconductores, aunque sus fortalezas son bastante diferentes a las que tienen Taiwán.

Desde 1983, los conglomerados de empresas surcoreanas Samsung y Hyundai Electronics han invertido en el desarrollo de la manufactura de semiconductores, además se enfocaban mucho en el desarrollo de microchips para memoria y desde mediados de la década de 1990 se han convertido en los mayores fabricantes de memorias a nivel mundial. Los ambiciosos planes de inversión de los conglomerados surcoreanos y el apoyo de las políticas gubernamentales han sido claves para el éxito de la industria de semiconductores en Corea del Sur.

A diferencia de la alianza entre Japón y Taiwán en la industria de semiconductores, Corea del Sur se parece más a un país solitario. Aunque Corea del Sur ve a Taiwán y Japón como competidores, en realidad China representa una amenaza aún mayor para los coreanos.

En el contexto de la confrontación entre Estados Unidos y China, las acciones y estrategias de Corea del Sur son observadas por todo el mundo.

En abril de 2019 Samsung presentó su informe, “Visión de Semiconductores 2030”, con la esperanza de convertirse en líder del mercado en semiconductores de sistema y en fabricación de obleas para 2030, planificando una inversión de aproximadamente 112,700 millones de dólares. En mayo del mismo año, el gobierno surcoreano anunció su estrategia y visión para los semiconductores de sistema, destinando un presupuesto de 890 millones de dólares, con el objetivo de alcanzar la primera posición global en fabricación de obleas y obtener una participación del 10% en el mercado de diseño de circuitos integrados en diez años.

En mayo de 2021 el presidente Jae-in, Moon anunció una inversión de 450,900 millones de dólares entre 2021 y 2030 para establecer una base de producción de semiconductores en Corea del Sur. Además, Corea del Sur planea formar 36,000 profesionales en la industria de semiconductores para 2031.

Aunque Corea del Sur ha demostrado una gran ambición y confianza en esta nueva época de la guerra de semiconductores, otros países también buscan obtener ventajas en esta nueva era de la industria. Aún es una incógnita si Corea del Sur podrá lograr sus objetivos.

Europa tradicionalmente ha sido avanzada en la industria y en ámbitos científicos, pero la industria de semiconductores no se desarrolló suficientemente debido a la falta de inversión. Durante la pandemia los sectores industriales se vieron afectados por la escasez de microchips. A continuación, estudiaremos cómo Europa y España están planeando para establecer su propia cadena de provisión.

#### **4.4 El Estado Actual de la Industria de Semiconductores en Europa**

Europa alberga más de 400 empresas de semiconductores, incluyendo reconocidos fabricantes IDM como Infineon, STMicroelectronics y NXP Semiconductors (Las Amenazas y Oportunidades de la Isla de Silicio: Semiconductores y Geopolítica, 2022).

Según estadísticas de la Comisión Europea, las empresas de semiconductores en Europa producen aproximadamente el 10% de los chips a nivel mundial. Comparado con el 19% de la capacidad global en los años 2000, esto representa una disminución de casi la mitad. La causa principal de este fenómeno es la insuficiente inversión en semiconductores en Europa.

Europa posee 49 fábricas de obleas de 8 pulgadas, mientras que Taiwán tiene solo 23. Sin embargo, Taiwán cuenta con 40 fábricas de obleas de 12 pulgadas, mientras que Europa tiene menos de 10. Las fábricas de obleas de 12 pulgadas son superiores a las de 8 pulgadas porque permiten producir una mayor cantidad de microchips en una sola oblea, debido a su mayor tamaño. Sin embargo, esto también incrementa la dificultad técnica y la inversión requerida.

Debido a la insuficiente capacidad de producción de semiconductores en Europa, cuando llegó la pandemia de COVID-19 en 2019, el desorden en la cadena de suministro y la falta de semiconductores resultaron en pérdidas significativas para muchas industrias manufactureras. La industria automotriz, en particular, se vio gravemente afectada por la interrupción de su cadena de suministro.

La pandemia de COVID-19 impactó severamente la industria de semiconductores a nivel mundial, afectando gravemente a la industria automotriz europea.

Desde 2021, la Unión Europea comenzó a desarrollar planes para la industria de semiconductores en respuesta a la amenaza de futuras interrupciones en la cadena de suministro. A través de la Ley Europea de Chips, la UE busca fortalecer la competitividad internacional de Europa y su liderazgo en la industria tecnológica, así como lograr una transición digital y verde. Con la aprobación del Parlamento y del Consejo, la Ley Europea de Chips entró en vigor el 21 de septiembre de 2023.

La Comisión Europea planea invertir 43 mil millones de euros antes de 2030, incluyendo tanto inversiones gubernamentales como privadas, para impulsar la investigación y la inversión en la industria de semiconductores. El objetivo es fortalecer la cooperación entre los países europeos en la industria de semiconductores y alcanzar una cuota de mercado del 20% para 2030.

## Imagen 9. Los Objetivos de la Ley Europea de Chips.



Fuente: *Elaboración propia. Datos: Comisión Europea, European Chips Act.*

Además, varios países europeos han desarrollado sus propios planes y medidas de incentivo para el desarrollo de la industria de semiconductores. Alemania planea introducir una política nacional de subsidios de 14 mil millones de euros para atraer inversiones de empresas de semiconductores. Italia, el segundo mayor fabricante de semiconductores en Europa después de Alemania, planea invertir 4 mil millones de euros antes de 2030 (Las Amenazas y Oportunidades de la Isla de Silicio: Semiconductores y Geopolítica, 2022). Incluso España, que anteriormente no tenía fábricas de semiconductores, ha aprobado un plan de desarrollo de semiconductores hasta 2027.

**PERTE CHIP** (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Gobierno de España, 2023):

El Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica de Microelectrónica y Semiconductores (PERTE Chip) tiene como objetivo reforzar la capacidad de diseño y producción de la industria de microelectrónica y semiconductores en España. Este esfuerzo se enmarca en la necesidad de satisfacer la creciente demanda de semiconductores en sectores críticos como la automoción y los electrodomésticos, y

busca mejorar la autonomía estratégica de España y la Unión Europea en este sector, alineándose con la reciente Ley Europea de Chips. El proyecto prevé movilizar una inversión pública de 12.250 millones de euros hasta 2027 y estimular una significativa inversión privada. (Gobierno de España, 2023)

Los cuatro ejes estratégicos son:

1. Refuerzo de la capacidad científica.

Fortalecer la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en microprocesadores avanzados, arquitecturas alternativas y fotónica integrada.

Desarrollo de chips cuánticos y lanzamiento de una línea de financiación para apoyar el Proyecto Importante de Interés Común Europeo (IPCEI) en Microelectrónica y Tecnologías de la Comunicación.

Inversión prevista: 1.165 millones de euros (2022-2027).

2. Estrategia de diseño.

Potenciar la capacidad de diseño de microprocesadores en España.

Creación de empresas “fabless” (que diseñan, pero no fabrican microprocesadores), implementación de pilotos de pruebas y establecimiento de una red de capacitación en semiconductores.

Inversión prevista: 1.330 millones de euros.

Construcción de plantas de fabricación.

3. Dotar a España de capacidad para la producción nacional de semiconductores tanto de tecnología de vanguardia (por debajo de 5 nm) como de gama media (más de 5 nm).

Inversión pública presupuestada: 9.350 millones de euros.

4. Dinamización de la industria de fabricación TIC.

Impulsar la industria nacional de fabricación de productos electrónicos TIC que actúe como generadora de demanda para los microchips producidos.

Creación de un fondo de capital para financiar startups, scaleups y pymes innovadoras en el sector de semiconductores, con una dotación pública inicial de 200 millones de euros, y fortalecimiento de la producción interna de productos electrónicos.

Presupuesto estimado: 400 millones de euros.

Mientras los países europeos están ahora activamente desarrollando sus propias industrias de semiconductores, Taiwán ya había comenzado a planificar en la década de 1970. La fundación de TSMC en 1987 marcó un gran avance para la industria de semiconductores de Taiwán. Explicaremos en el siguiente apartado cómo TSMC pasó de empezar desde cero a producir el 60% de los chips del mundo.

## 5. La Empresa Líder de Semiconductor en Taiwán-TSMC

Según el sitio web oficial de TSMC (siglas de Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) la compañía fue fundada en 1987. Actualmente, tiene una capacidad de producción de más de 15 millones de obleas de 12 pulgadas. En 2023, su facturación total fue de aproximadamente 2.161 billones de nuevos dólares taiwaneses, lo que representa el 30% del valor total de la industria de semiconductores a nivel mundial.

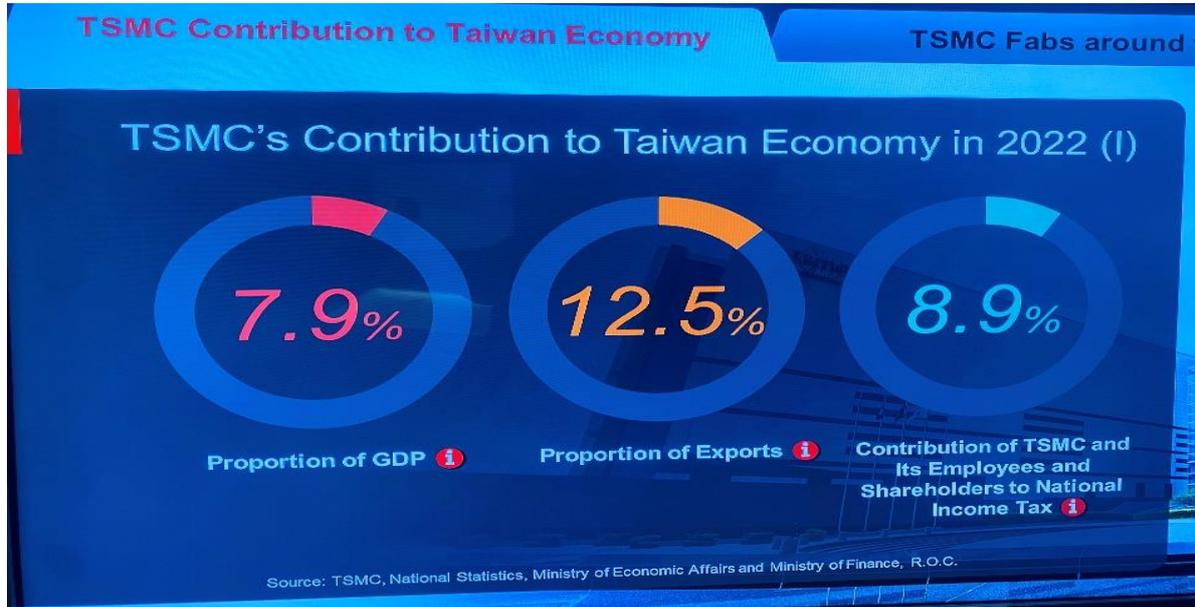
Tabla 2. Resultados Financieros de TSMC.

	2023	2022	2021
<b>Facturación total</b>	2,161,735,841	2,263,891,292	1,587,415,037
<b>Margen bruto</b>	1,175,110,628	1,348,354,806	819,537,266
<b>Resultado antes de impuestos</b>	979,171,324	1,144,190,718	663,126,314
<b>Ingreso neto</b>	837,767,517	1,016,900,515	597,073,134
(Miles de NTD)			

Fuente: *Elaboración propia. Datos: TSMC Annual Report 2023.*

El valor bursátil del gigante taiwanés de semiconductores, en junio de 2024 se ha disparado hasta los 931.970 millones de dólares (unos 913.700 millones de euros), consolidando su posición como la mayor empresa del mercado asiático y la octava del mundo. La contribución de TSMC a la economía de Taiwán es significativa, ya que en 2022 representó casi el 8% del PIB de Taiwán y aproximadamente el 12.5% de las exportaciones del país (TSMC, 2022).

Imagen 10. La Contribución de TSMC a la Economía de Taiwán en el año 2022.



Fuente: *Elaboración propia. Fotografía tomada en el Museo de Innovación de TSMC.*

¿Cómo logró TSMC alcanzar el liderazgo global en la industria de semiconductores? ¿Y qué contribuciones ha hecho su fundador, Morris Chang, a Taiwán?

## 5.1 El impacto de Morris Chang en la industria de semiconductores

El éxito inicial de la industria de semiconductores en Taiwán se centró principalmente en el ámbito de la fabricación de circuitos integrados (IC), a pesar de que el país tenía capacidad de diseño y desarrollo tecnológico, pero en comparación con Estados Unidos, Europa y Japón, la tecnología que poseía Taiwán en ese momento era bastante rezagada.

Para impulsar el desarrollo de la industria de semiconductores en Taiwán, el Instituto de Investigación Industrial de Taiwán (ITRI) invitó repetidamente al Sr. Morris Chang, quien ocupaba un alto cargo en la industria de semiconductores en Estados Unidos, a convertirse en su director. En ese momento, el Sr. Chang era vicepresidente del grupo global de Texas Instruments, también era director del departamento de semiconductores, que lideraba en el mundo de semiconductores. Además, fue pionero en una estrategia de fijación de precios basada en la curva de innovación, rebajaba los precios de sus productos viejos, para la entrada de sus nuevos productos en la industria.

El Sr. Chang había visitado Taiwán en varias ocasiones en la década de 1970,

proporcionando consejos para el desarrollo tecnológico de la industria de los IC y reconociendo la calidad y disciplina de los ingenieros taiwaneses. Después de múltiples invitaciones por parte del gobierno taiwanés, el Sr. Chang finalmente aceptó convertirse en director del ITRI en agosto de 1985.

En el siguiente apartado, exploraremos cómo se fundó TSMC y los hitos que ha alcanzado para llegar a su tamaño actual.

## **5.2 La creación de Taiwán Semiconductor Manufacturing Company: TSMC**

En la década de 1980, varios estudiantes taiwaneses que habían estudiado en Estados Unidos regresaron al país para establecer empresas de IC. Sin embargo, se enfrentaron a problemas de capacidad de producción y enfrentaron dificultades para obtener financiación para construir fábricas.

El Sr. Chang, al asumir el cargo de director del ITRI, asumió esta responsabilidad para resolver el problema para estas empresas de IC.

En lugar de establecer una sola gran fábrica de obleas para satisfacer las necesidades de estas empresas, el Sr. Chang propuso la creación de una empresa de subcontratación de fabricación de obleas especializadas, conocida como Taiwán Semiconductor Manufacturing Company (TSMC).

Esta empresa se enfocaría exclusivamente a la fabricación de obleas para clientes y no desarrollaría sus propios productos de IC. Antes de la fundación de TSMC, la mayoría de las empresas realizaban sus propias operaciones de fabricación, y luego secundariamente trabajos de subcontratación. Se creía comúnmente que dedicarse exclusivamente a la subcontratación no sería rentable. Sin embargo, la propuesta del Sr. Chang resultó ser exitosa.

Cuando el Sr. Morris Chang planificó la fundación de Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), estableció una inversión total de alrededor de 200 millones de dólares estadounidenses, con la esperanza de que el capital propio representara el setenta por ciento. En ese momento, esta cifra era considerablemente alta, pero el Sr. Chang consideraba que era el umbral mínimo para ingresar al nivel internacional de las empresas. Sin una cantidad adecuada de fondos, sería imposible competir con otras empresas internacionales de semiconductores.

Una vez completada la planificación de TSMC, el Sr. Chang realizó una presentación ante el Consejo Ejecutivo de Taiwán. Tras la presentación, el primer ministro Kuo-Hwa Yu envió una orden a cuatro altos funcionarios financieros y al Sr. Chang a formar un grupo de trabajo preparatorio, dirigido por el Consejo Ejecutivo, para empezar la recaudación de fondos. En ese momento, este proyecto de inversión empresarial fue considerado como el más grande en la historia gubernamental taiwanesa, pero dado que la industria de los IC no estaba aún desarrollada en Taiwán y el modelo operativo de la fundición de obleas aún no se había establecido, las empresas locales carecían de confianza en este proyecto de inversión.

Debido a las dudas existentes en el mercado sobre el modelo de negocio de la fundición de obleas en ese momento, el primer ministro planteó una sugerencia al Sr. Chang: la mitad de las acciones de TSMC deberían ser adquiridas por una empresa internacional líder en semiconductores. De esta manera, el fondo de desarrollo podría recaudar fondos a nivel nacional y suscribir la otra mitad de las acciones. El Sr. Chang estuvo de acuerdo con esta sugerencia, ya que una fábrica de fundición de obleas especializada debería proporcionar tecnología de proceso líder a nivel internacional, y tener una empresa internacional líder en semiconductores como accionista principal garantizaría el suministro seguro de tecnología de vanguardia y protección de propiedad intelectual a nivel internacional. Además, el Sr. Yu sugirió aumentar la proporción de capital propio de la compañía del sesenta por ciento al setenta por ciento o más, para evitar problemas financieros graves en caso de que la empresa no obtuviera beneficios en los primeros tres a cinco años.

A continuación, veremos cómo TSMC logró establecer su relación con una empresa gigante internacional como Philips en la década de los ochenta.

### **5.3 La colaboración estratégica con Philips**

Para recaudar fondos, el Sr. Chang presentó personalmente la propuesta a posibles inversores. A pesar de la fama internacional del Sr. Chang, obtener financiación en los Estados Unidos resultó ser un desafío, ya que las grandes empresas de semiconductores no veían con actitud positiva el modelo de negocio de la fundición de obleas especializada.

Finalmente, se obtuvo una inversión del 27,5% de Philips, el 48,3% del Fondo de Desarrollo del Gobierno y el 24,2% de capital privado (Zhang Ruxin, 2022). La inversión nacional incluyó a empresas taiwanesas como MiTAC Synnex Group y Formosa Plastics Group.

En 1986, se estableció un equipo de proyecto para TSMC en el ITRI, que cooperó plenamente con la creación de la nueva empresa. En 1987, TSMC fue formalmente establecida.

Philips era una empresa de semiconductores de clase mundial en ese momento, y la inversión de TSMC se debió a la reputación internacional de Morris Chang, la gestión internacional de Philips y el excelente desempeño de la fábrica de Philips en Taiwán. Philips consideró a TSMC como una subsidiaria para proteger sus derechos de propiedad intelectual y transfirió tecnología avanzada de semiconductores a TSMC. Sin embargo, Morris Chang enfatizó en el contrato que TSMC era una empresa independiente. Más tarde, la tecnología de TSMC superó a la de Philips, y Philips necesitó aprender de TSMC.

La capacidad de adaptación de TSMC ha sido fundamental para su ascenso como líder mundial en la industria de semiconductores, lo veremos en el siguiente capítulo.

#### **5.4 Capacidad de adaptación de TSMC**

A finales de 1987, ocurrió un evento que tuvo un profundo impacto en TSMC, que fue la certificación de Intel. En ese momento, el CEO de Intel, Andrew Grove, visitó Taiwán por primera vez. Aprovechando esta oportunidad, TSMC invitó a Grove a visitar sus instalaciones. Durante la visita, el vicepresidente del departamento de operaciones, Chang Fan Cheng, realizó una presentación a Grove, quien expresó su aprobación por las capacidades de TSMC después de escuchar la presentación.

En 1988, un equipo de certificación de Intel llegó a TSMC y comenzó un proceso de certificación que duró más de un año, sometiendo a TSMC a una evaluación exhaustiva. Intel examinó meticulosamente cada uno de los más de 200 pasos del proceso de fabricación de semiconductores, requiriendo que cada etapa fuera aprobada antes de proceder a la siguiente. En total, Intel identificó más de 200 problemas que requerían mejoras por parte de TSMC.

La estrategia de una empresa es crucial para su éxito. Vamos a analizar la estrategia que TSMC empleó para ganar la confianza de uno de los clientes más importantes de la época: Intel.

#### **5.5 La estrategia de mercado de TSMC**

Para los proveedores de fundición de obleas, la estabilidad de la calidad es muy importante,

aunque en ese momento aún no existía la certificación ISO, las empresas internacionales de fabricación tenían procedimientos de calidad estándar establecidos. Cualquier cambio en el equipo o en las fórmulas de fabricación requería aprobación de múltiples niveles, desde gerentes hasta clientes.

La reputación de Intel por sus estrictos estándares era bien conocida, por lo que obtener la certificación de Intel equivalía a obtener un certificado de calidad.

Después de que TSMC pasara la certificación de Intel en 1989, Intel se convirtió en el primer cliente IDM (Integrated Device Manufacturer) de TSMC, lo que atrajo a otros clientes extranjeros. Para internacionalizar aún más a TSMC, Morris Chang contrató a varios gerentes, ejecutivos y supervisores internacionales y exigió que todos los empleados tuvieran habilidades básicas de comunicación en inglés.

Los objetivos principales de TSMC en sus primeros años fueron:

- Aumentar la producción y reducir el costo por oblea.
- Mejorar el “Yield” y eficacia de la fabricación.
- Mejorar la tasa de rendimiento de las pruebas de obleas de los clientes.
- Cumplir con los plazos de entrega de manera precisa.

Para lograr estos objetivos, TSMC entendió desde el principio las claves del éxito en la fundición de obleas.

En primer lugar, garantizar el funcionamiento normal de las máquinas, siendo los equipos de proceso lo más costoso en la fábrica, por lo que el mantenimiento preventivo era crucial.

Imagen 11. Los Equipos de Proceso Dentro de la Fábrica de TSMC.



Fuente: *Multimedia Gallery, Fabs: Inside, TSMC, S.F.*

En segundo lugar, se requiere un alto nivel de precisión en el control del proceso de fabricación. TSMC estableció estándares de precisión muy elevados desde el principio, con un margen de error de menos del 1%.

Finalmente, la disciplina de los empleados en la fábrica, la eficiencia y la cooperación entre los ingenieros de diferentes departamentos fueron importantes también.

Imagen 12. Los Ingenieros de TSMC.



Fuente: *Multimedia Gallery, Fabs: Inside, TSMC, S.F.*

Otra razón del éxito de la fundición de obleas de TSMC fue su estrategia de operaciones de producción. TSMC desarrolló tecnologías de proceso que podían ser compartidas por varias fábricas propias, lo que reducía los costes para cada una y aumentaba las economías de escala. Incluso cuando la capacidad de producción no era suficiente, TSMC aceleró la expansión de su capacidad adquiriendo y construyendo fábricas a través de fusiones e inversiones conjuntas.

Una vez aumentada la capacidad de producción, la diversificación de los procesos también fue crucial para el liderazgo de TSMC. Los productos de IC cambian rápidamente y en gran medida, pero independientemente de cómo cambien las demandas del mercado, TSMC puede desarrollar tecnologías de proceso adecuadas para satisfacerlas.

TSMC inicialmente planeó proporcionar servicios de fabricación de semiconductores para tres tipos de clientes. Un treinta por ciento de la capacidad de producción estaría reservado para clientes locales, mientras que el setenta por ciento restantes se destinaría a la fabricación de productos para empresas internacionales de IDM, con una pequeña parte reservada para empresas de diseño de semiconductores extranjeras. TSMC situándose como una empresa de clase mundial se enfocaba en las empresas IDM internacionales, que eran su público objetivo original.

Sin embargo, en la práctica, el grupo de clientes que generaba la mayor parte de los ingresos de TSMC resultó ser aquel al que se había destinado inicialmente la menor proporción de capacidad: las empresas de diseño de semiconductores extranjeras, en su mayoría concentradas en América del Norte.

La existencia de una empresa de fundición de obleas independiente y especializada como TSMC permitió que los talentos creativos en el diseño de semiconductores no tuvieran que invertir grandes sumas de dinero en la construcción de fábricas de obleas para llevar a cabo sus ideas, lo que redujo significativamente las barreras de entrada para el desarrollo de chips y fomentó el crecimiento del sector de diseño de semiconductores.

A finales de la década de 1990, las empresas IDM, que inicialmente eran los principales objetivos de TSMC, comenzaron a colaborar a gran escala con TSMC debido a la tendencia al alza de los costos de fabricación. Desde su inicio, TSMC ha sido una empresa neutral y puramente dedicada a la fundición de obleas. Dentro de la cartera de clientes de TSMC, existen competidores directos en el mercado, pero todos mantienen relaciones cercanas con TSMC.

Ahora TSMC tiene una base de clientes más sólida, pero ¿cuál es exactamente el problema que TSMC resolvió para sus clientes?

## 5.7 Soluciones para clientes de TSMC

Cuando TSMC fue fundada, la industria no estaba convencida de subcontratar la fabricación de sus IC a terceros. Cada empresa de IC tradicional valoraba tener su propia fábrica, especialmente considerando que TSMC estaba ubicada en un país tan lejos como Taiwán.

Hasta la década de 1990, la percepción internacional sobre TSMC seguía siendo la de ser una fuente estable y madura de tecnología de producción, era una opción confiable en términos de calidad, rendimiento y plazos de entrega, pero se reconocía que Taiwán aún no alcanzaba a otras grandes empresas internacionales de IDM en términos de desarrollo tecnológico avanzado.

A finales de la década de 1990 la competencia obligó a TSMC a ingresar al campo de los procesos avanzados. La empresa se dio cuenta de que necesitaba establecer programas técnicos especializados para ganarse la confianza de grandes clientes IDM.

Las empresas IDM, centradas en el desarrollo de procesos, tenían requisitos muy estrictos para la subcontratación de fabricación. Para mejorar su capacidad técnica, las fábricas de subcontratación debían competir por los pedidos de estas grandes empresas IDM y colaborar con ellos en la investigación y desarrollo de tecnologías de fabricación.

En 1996, TSMC propuso por primera vez el concepto de "fábrica virtual de semiconductores", en el que los clientes considerarían las instalaciones de TSMC como sus propias fábricas.

Durante el proceso de fabricación de dos meses, los clientes podían monitorear constantemente el progreso de su producción a través de la plataforma de información on-line de TSMC. Esta transparencia en el progreso de fabricación permitía a los clientes realizar pedidos más grandes con mayor confianza.

Para atraer aún más a los clientes, TSMC estableció gerentes de servicio al cliente en todas sus instalaciones globales para cada cliente, quienes supervisaban diariamente la situación de los productos de TSMC en todo el mundo a través de correos electrónicos y llamadas telefónicas.

A medida que el mundo evolucionaba a la era de las fábricas de obleas de 12 pulgadas en el año 2000, la construcción de una sola fábrica requería entre 2 mil y 3 mil millones de dólares.

Para las empresas IDM de menor escala era difícil construir sus propias fábricas, lo que llevó a la subcontratación a convertirse en la estrategia principal. La colaboración entre TSMC y empresas IDM como Texas Instruments, Motorola y STMicroelectronics contribuyó significativamente a los ingresos de TSMC.

Con mano de obra cualificada para el desarrollo industrial, economías de escala, estandarización y diversificación de procesos y un servicio continuo, TSMC lidera la industria de la subcontratación de semiconductores. A pesar de la constante competencia de empresas de varios países, hasta la fecha, ninguna ha logrado superar a TSMC.

TSMC demostró que el modelo de subcontratación de fabricación de obleas no solo era viable, sino también altamente rentable. Desde 1990 TSMC no ha registrado pérdidas y ha experimentado un crecimiento rápido, alcanzando cifras de ingresos anuales de miles de millones de dólares taiwaneses.

Al convertirse en socio de todas las empresas de IC, TSMC evitó conflictos directos con las empresas gigantes mundiales de IC y las empresas de IC locales. La creación de TSMC también desencadenó una ola de creación de empresas de diseño de IC en todo el mundo que no requerían capacidades de fabricación propias.

El Sr. Morris Chang y la fundación de TSMC fueron fundamentales para el éxito de la industria de semiconductores en Taiwán. Su visión y su enfoque innovador crearon un nuevo modelo de negocio que no solo transformó la industria de los IC en Taiwán, sino que también tuvo un impacto significativo a nivel global.

Aparte de TSMC, la creación del parque científico de Hsinchu fue también fundamental para el éxito de la industria de semiconductores en Taiwán. A continuación, exploraremos cómo este parque científico transformó el ecosistema de la industria en Taiwán.

## 6. El Parque Científico e Industrial de Hsinchu

En la década de 1970, la industria de exportación en Taiwán ya había demostrado ser un motor económico efectivo. Sin embargo, con el aumento de los costes laborales, había preocupaciones de que regiones como el sudeste asiático pudieran reemplazar a Taiwán en industrias basadas principalmente en la mano de obra. En ese momento, la industria textil era la más grande del país, pero muchos graduados universitarios en ciencias y tecnología no podían encontrar empleo en Taiwán y se veían obligados a estudiar en el extranjero para encontrar oportunidades laborales.

Ante estas observaciones sobre la economía y la sociedad, muchos expertos reconocieron la necesidad urgente de Taiwán de desarrollar capacidades industriales modernas. Por estas razones, se reconoció la necesidad de establecer un parque científico en Taiwán.

A continuación, veremos cómo se estableció este entorno excelente para el desarrollo de la industria de semiconductores.

### 6.1 El establecimiento del parque científico de Hsinchu

Con el objetivo de cultivar sistemáticamente estas capacidades industriales modernas, atraer talento extranjero para hacer negocio en Taiwán y proporcionar un entorno favorable para el empleo y el emprendimiento para los graduados universitarios taiwaneses, el gobierno decidió establecer un parque científico.

En ese momento, había dos ubicaciones candidatas para establecer el parque científico: Hsinchu y Taoyuan. Inspirado en el modelo estadounidense del Silicon Valley en California, donde las principales instituciones académicas como Stanford y Berkeley están cerca de importantes empresas de tecnología, finalmente se decidió que se estableciera en Hsinchu, debido a la presencia de la Universidad Nacional Tsing-Hua y la Universidad Nacional Chiao-Tung.

Al principio del establecimiento del parque científico, el nivel de vida en Taiwán estaba considerablemente por debajo del de Estados Unidos. Para aumentar la voluntad de los estudiantes extranjeros de regresar a Taiwán para desarrollarse profesionalmente, el parque científico construyó la comunidad de “Lakeside” (una comunidad construida alrededor de un lago), siguiendo un diseño y entorno residencial similares a los de Estados Unidos, para que los estudiantes extranjeros que regresaban no sintieran una gran diferencia en su entorno de vida.

Además, se establecieron escuelas bilingües para que los hijos de estos estudiantes extranjeros pudieran estudiar en Taiwán, ya que la educación de los hijos suele ser una de las principales preocupaciones para los estudiantes que consideran regresar al país.

Los datos estadísticos sobre el número de personas que regresan del extranjero y los beneficios positivos de las escuelas bilingües y las residencias del parque científico son evidentes. Hasta 2005, más de 4.000 personas que regresaron del extranjero habían comenzado a trabajar directamente en el parque científico, y las empresas fundadas por ellos superaban las 110.

A continuación, vamos a explicar cómo la industria de semiconductores se estableció en el parque científico de Hsinchu.

## **6.2 Desarrollo de la industria de semiconductores en el parque científico**

En el plan original, el parque científico de Hsinchu seguía el modelo de exportación, destinado a atraer a empresas multinacionales de alta tecnología para que establecieran filiales en Taiwán y así mejorar las capacidades tecnológicas del país. La razón por la cual se dependía de empresas extranjeras para mejorar el nivel tecnológico era porque en ese momento Taiwán carecía de capacidad de investigación y desarrollo.

Sin embargo, debido al éxito del proyecto de circuitos integrados, Taiwán pasó a ser una región capaz de diseñar y producir IC. El día de la apertura del parque científico el 15 de diciembre de 1980, United Microelectronics Corporation (UMC), surgida del proyecto de IC del Instituto de Investigación Industrial (ITRI), se convirtió en la primera empresa en instalarse en el parque. Durante más de 20 años, el parque científico de Hsinchu se ha convertido en un imán de empresas derivadas del ITRI, empleados retirados y empresarios que regresan del extranjero.

Al final, en el parque científico, solo unas pocas empresas son subsidiarias de empresas multinacionales, y la gran mayoría son empresas nacionales taiwanesas.

La industria de circuitos integrados siempre ha sido el núcleo del parque científico de Hsinchu. En 2004, el valor de producción de los fabricantes de IC en el parque representaba el 70% del valor de producción total del parque científico de Hsinchu. Empresas como TSMC, UMC, MediaTek y Realtek Semiconductor, todas conocidas a nivel mundial en la industria de los circuitos integrados, tienen sus sedes en este lugar. Además,

el 50% de la capacidad mundial de producción de circuitos integrados se concentra en el parque científico de Hsinchu (Zhang Ruxin, 2022).

En el evento conmemorativo del vigésimo quinto aniversario del establecimiento del Parque Científico de Hsinchu en 2005, se invitó al presidente de TSMC, Morris Chang, a dar una charla especial. En ella, señaló que el éxito del parque se debe al efecto de aglomeración industrial.

Después de 25 años de desarrollo, el Parque Científico de Hsinchu ha proporcionado más de cien mil empleos y representa el 11% del valor total de la producción de Taiwán (Zhang Ruxin, 2022).

Con el objetivo de estar cerca de los clientes y fortalecer su capacidad de negociación, todos los actores de la cadena de suministro de semiconductores, incluidos proveedores de obleas, fabricantes de equipos de proceso, empresas de diseño de IC y proveedores de ensamblaje y prueba, desean establecerse en el Parque Científico y sus alrededores.

En el parque científico existe una cultura especial de comunicación. En el siguiente apartado, la desarrollaremos.

### **6.3 La cultura de comunicación especial**

La comunicación informal entre empleados es una cultura única en Taiwán. Aunque la competencia entre los directores de alto cargo aún es intensa en términos de estrategias industriales, los mandos intermedios suelen intercambiar información entre sí. Por ejemplo, si una pieza de equipo de la Compañía A se avería y no hay inventario disponible, los empleados pueden acudir a la Compañía B para pedir prestada la pieza hasta que llegue el nuevo suministro. Este tipo de ayuda mutua entre supervisores de niveles medios y bajos de diferentes empresas es poco común en otras partes del mundo.

Aprovechando esta característica cultural, y sin afectar los intereses comerciales, empresas líderes a nivel mundial han establecido la "Asociación de Gerentes de Fabricación de Plantas de Obleas de 8 Pulgadas", proporcionando un canal oficial de comunicación entre los gerentes de las plantas de obleas. Aquí, pueden discutir temas como los salarios de los empleados, los beneficios y las actividades de calidad promovidas en la empresa.

Como resultado, las plantas de obleas en el parque científico están llenas de diversas actividades innovadoras y emocionantes durante todo el año, desde campañas de calidad

hasta eventos amistosos entre empresas.

"Este círculo es muy pequeño. Desde cierto punto de vista, facilita la rápida difusión de la tecnología taiwanesa", dijo el presidente de Shin-Etsu Technology. El efecto de agrupamiento permite que todo el conglomerado avance de manera uniforme. Cuando una fábrica desarrolla un proceso de fabricación ligeramente mejorado, algunos meses más tarde, las demás fábricas también lo harán.

La comunidad de la industria IC de Taiwán ha formado una corriente de progreso inmensa. En esta comunidad, los empresarios pueden avanzar tanto por su propia mejora como por el aprendizaje de las experiencias de los demás, lo que eleva la competitividad de toda la industria.

Cuando Taiwán empezó a desarrollar la industria de semiconductores, muchas personas contribuyeron de manera inmensa a su crecimiento. Numerosos individuos brindaron su apoyo, incluso de forma voluntaria. En el siguiente capítulo, analizaremos a los líderes más representativos de la industria de semiconductores en Taiwán.

## 7. Líderes Representativos de la Industria

Imagen 13. Yu-Xuan, Sun.



Fuente: *Executive Yuan*. (s.f.).

El señor Sun, quien anteriormente ocupó los cargos de ministro de Economía y ministro de Gabinete de Taiwán, desempeñó un papel crucial en el impulso de la industria de circuitos integrados (IC) en Taiwán.

En los primeros años, el Dr. Pan Wen-yuan enfrentó la oposición de numerosos expertos cuando sugirió que Taiwán debería seguir el camino de los circuitos integrados. En esa época, era ampliamente aceptado que solo Estados Unidos tenía la capacidad de desarrollar la industria de semiconductores, y también existía el precedente del fracaso de la transferencia de tecnología de procesos de Intel a Canadá.

Como resultado, había muchas opiniones en contra en la sociedad. En ese momento, el señor Sun, en su cargo como ministro de Economía, asumió personalmente la presión y la responsabilidad de la sociedad, brindando un firme apoyo a los jóvenes miembros de TAC en el desarrollo del proyecto de circuitos integrados (IC), ganándose finalmente el respeto de todos. Sun, Yun-Xuan es sin duda una de las figuras más importantes en el éxito de la industria de semiconductores en Taiwán.

Imagen 14. Wen-Yuan, Pan.



Fuente: *Pan Wen Yuan Foundation. (s.f.).*

El Dr. Pan es conocido como el padre de la industria de semiconductor en Taiwán. Fue el autor del primer plan de desarrollo de circuitos integrados en Taiwán. Para llevar a cabo este plan, se retiró anticipadamente de su cargo como director del laboratorio de RCA en Princeton. El Dr. Pan, en aras del desarrollo de la industria de semiconductor en Taiwán, dedicaba mucho tiempo a viajar entre Taiwán y Estados Unidos.

El grupo de consultores técnicos de América (TAC) liderado por el Dr. Pan Wen-Yuan, proporcionaba continuamente la orientación de investigación precisa para el Instituto de Investigación Industrial y el Instituto de Electrónica de Taiwán, e introducía constantemente en Taiwán las últimas tendencias y desarrollos tecnológicos modernos de Estados Unidos.

Imagen 15. Hua-Nien, Yu.



Fuente: *Industrial Technology Research Institute. (s.f.).*

El Sr. Yu Hua-Nien previamente desempeñó funciones en el Centro de Investigación Watson de IBM, liderando durante una década el departamento de investigación encargado del desarrollo de tecnologías de procesamiento de semiconductores de vanguardia.

En la década de 1980, bajo su dirección, el equipo de investigación de IBM logró superar las barreras tecnológicas del proceso de fabricación de un micrómetro, situándose a la vanguardia mundial frente a otras empresas. Muchos de los estudiantes que el Sr. Yu supervisó en ese período son ahora figuras prominentes en la industria. Además, el Sr. Yu también ejerce como asesor principal del Comité Asesor Técnico (TAC) del Instituto de Investigación Industrial de Taiwán, desempeñando funciones de guía técnica y supervisión, instando al personal de investigación del instituto a avanzar en sus desarrollos.

Imagen 16. Morris Chang.



Fuente: *Taipei Times*, 2013.

El Sr. Morris Chang, presidente de Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), reconocido como el "Padre del Subcontrato de Obleas" y llamado como el "Padre de la Industria de Semiconductores en Taiwán", se erige como una figura legendaria en la industria. Después de decidir desarrollar la industria de semiconductores en Taiwán, el Sr. Chang optó por dejar temporalmente de lado el diseño de circuitos integrados (IC) y se comprometió a perseguir en su lugar una capacidad de fabricación de clase mundial, dando así origen a TSMC.

Bajo su liderazgo, TSMC pasó de ser una empresa emergente a convertirse en una compañía de semiconductores de clase mundial, capaz de competir en valor de mercado y tecnología de procesos con Intel. Gracias a este innovador modelo de negocio, Taiwán desarrolló una cadena de suministro de fabricación por contrato única, convirtiéndose en un importante centro global de semiconductores.

Debido a su impacto significativo y contribuciones a la industria, el Sr. Chang ha sido reconocido como uno de los individuos más influyentes en la industria de semiconductores en los últimos cincuenta años. Por su destacada trayectoria, la Sociedad de Ingenieros de Electrónica y Electricidad (IIEE, por sus siglas en inglés) le otorgó la primera medalla Robert N. Noyce, en reconocimiento a su destacado liderazgo y contribuciones al avance de la tecnología de semiconductores.

Imagen 17. Min, Shi.



Fuente: *Academia Sinica*, 2023.

En la comunidad internacional de semiconductores, Shi Min es un profesor muy conocido. Su trabajo "FLOATING GATE Memory," publicado en 1967, sienta las bases para la tecnología de fabricación de memorias flash. Su obra "Semiconductor Devices: Physics and Technology," publicada en 1969, es considerada como la biblia en la industria de semiconductores. Este libro ha sido traducido a seis idiomas y distribuido en más de cuarenta países. Además de su labor como autor, Shi Min también se dedica a la enseñanza. Ha solicitado cinco veces permisos sin sueldo al Laboratorio Bell para regresar a Taiwán y enseñar en diversas universidades.

Gracias a la visión, el coraje y las habilidades en diversos ámbitos de estos líderes, Taiwán ha logrado su posición destacada en la industria de semiconductores hoy en día.

En el siguiente capítulo, analizaremos el futuro de la industria en Taiwán y cómo puede mantener su liderazgo en el mercado mundial.

## 8. La Importancia de la Inteligencia Artificial para el Futuro de la Industria de Semiconductores

La inteligencia artificial (IA) y su desarrollo han cobrado una gran relevancia en la transformación digital y la innovación tecnológica, siendo el foco del crecimiento económico futuro en muchos países, según señala el Instituto de Desarrollo Estratégico Internacional de la Ciencia y Tecnología Industrial de Taiwán (ITRI).

El término "Inteligencia Artificial" fue acuñado por John McCarthy en 1956 durante una Conferencia en Dartmouth. Sin embargo, el concepto de inteligencia artificial ya estaba siendo investigado por los matemáticos Norbert Wiener y John von Neumann en la década de 1940, cuando desarrollaban la teoría de sistemas y la computación, que sentaron las bases para la IA.

A pesar de su uso extendido, la inteligencia artificial no tiene una definición universalmente aceptada. La Comisión Europea la define como sistemas de software diseñados por humanos que, ante un objetivo claro, actúan en el ámbito digital: adquieren datos estructurados o no estructurados, los interpretan, procesan la información derivada de esos datos y deciden qué acciones tomar para lograr los objetivos predeterminados (Consejo Europeo, Consejo de la Unión Europea).

Desde la victoria de AlphaGo en 2016 contra el campeón mundial del ajedrez Go, la capacidad de la inteligencia artificial ha sido ampliamente discutida. Recientemente, en 2022, la aparición de IA generativa como ChatGPT ha demostrado el inmenso potencial de la IA, impulsando la percepción global sobre su futuro.

Las aplicaciones de la IA son diversas, abarcando desde la atención médica inteligente, dispositivos para el hogar inteligente, vehículos eléctricos o autónomos, hasta la industria inteligente, entre otros campos que anteriormente eran inalcanzables sin la IA.

Imagen 18. Ejemplos de Uso de la Inteligencia Artificial.



Fuente: *Gobierno de España, 2023.*

Para soportar eficazmente el desarrollo de la IA, se requiere una tecnología de hardware robusta, y es aquí donde la industria de los semiconductores desempeña un papel fundamental. La IA necesita de semiconductores avanzados para funcionar y evolucionar, haciendo de esta industria un componente esencial en el avance de las nuevas tecnologías.

En los últimos años, la industria de los semiconductores ha experimentado un cambio notable del ciclo tradicional. Esta transformación se debe a una serie de factores, pero el mercado de los semiconductores muestra una resiliencia extraordinaria impulsada por tendencias a largo plazo como la inteligencia artificial, Internet y la computación en la nube.

El CEO de OpenAI, Simon Altman, ha señalado que la IA será la nueva "Ley de Moore," avanzando a un ritmo de crecimiento que se duplicará cada 18 meses. Independientemente de la tecnología de IA que se aplica, todas ellas requieren el soporte de la tecnología de semiconductores.

Hoy en día, los semiconductores y la inteligencia artificial se encuentran a la vanguardia del desarrollo de la industria tecnológica. Juntas, estas áreas impulsan su mutuo crecimiento y están llevando a la humanidad hacia una era de revolución tecnológica sin precedentes. A medida que la relación entre estos dos campos se profundiza, la IA puede acelerar el diseño de semiconductores y apoyar la creación de nuevos chips optimizados

específicamente para la IA. Se espera que esta dinámica impulse significativamente los ingresos de la industria de semiconductores en los próximos cinco años.

En junio de 2024, la empresa de diseño de chips NVIDIA se convirtió en la empresa de mayor valor del mundo. Los GPUs diseñados por esta compañía son esenciales para el desarrollo de la IA, actualmente ocupa noventa por ciento del mercado de los chips de IA. La importancia de los GPUs en la evolución de la IA radica en su capacidad para realizar una enorme cantidad de cálculos simultáneamente, siendo más rápidos y eficientes en el consumo de energía que las CPUs tradicionales. A medida que las aplicaciones de la IA se vuelven más complejas y demandan grandes volúmenes de datos, la dependencia de los GPUs aumenta significativamente.

El CEO de NVIDIA, Jensen Huang, ha comparado la aparición de ChatGPT con el impacto que tuvo la llegada del iPhone, afirmando que cambiará el mundo. Huang prevé que la capacidad de procesamiento de la IA se multiplicará por un millón en los próximos diez años. El mes pasado, Huang, nacido en Taiwán, visitó el país desde Estados Unidos con motivo de la feria Computex en Taipéi, la capital de Taiwán. Durante su discurso en Computex, subrayó que Taiwán es el centro del desarrollo de la IA y agradeció el apoyo de los proveedores taiwaneses, especialmente TSMC, que fabrica la mayoría de chips para NVIDIA y también se encarga de casi todos los procesos avanzados de fabricación y empaquetado de chips para NVIDIA. Otro motivo importante de la visita del CEO es asegurar que las empresas taiwanesas tienen la capacidad de producción suficiente y disponible para NVIDIA. Esto es crucial para garantizar que puedan entregar los chips a tiempo a sus clientes finales, como Microsoft, Apple, y otros grandes actores tecnológicos.

Además de Jensen Huang, otros destacados CEOs, también nacidos en Taiwán, como Lisa Su de AMD, Pat Gelsinger de Intel, junto con ejecutivos de otras compañías tecnológicas, también participaron en Computex y ofrecieron discursos.

Estrategia del Gobierno Taiwanés:

Según el analista de la industria del Instituto de Industria y Tecnología de Taiwán, Xuanzhi Wang, los centros de datos, la electrónica de consumo, los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) y la vigilancia de seguridad son los cuatro mercados clave de alto crecimiento para los chips de IA en el futuro. Entre ellos, los centros de datos y la electrónica de consumo son las principales fuerzas motrices del crecimiento. Se estima que

para 2027, más del 50% de los dispositivos de electrónica de consumo incorporarán chips de IA (Xuan-zhi Wang 2023, ITRI).

El gobierno taiwanés tiene la esperanza de aprovechar la sólida capacidad de fabricación y pruebas de semiconductores en Taiwán, combinada con la innovación impulsada por la inteligencia artificial generativa. Con este fin, se planea invertir 300 mil millones de dólares taiwaneses entre los años 2024 y 2033 para sentar las bases de la futura industria taiwanesa. (Consejo Ejecutivo de Taiwán, 2023)

El gobierno taiwanés ha marcado cuatro estrategias claves para fortalecer la integración de IA con la industria de semiconductores en el país:

1. Innovación impulsada por IA y chips:

Integrar la inteligencia artificial generativa con la producción de chips para fomentar la innovación en diversos sectores. Se alienta a empresas y organizaciones creativas, tanto locales como internacionales, a utilizar la tecnología de chips y IA generativa para desarrollar soluciones innovadoras en diferentes industrias.

2. Atracción y formación de talento global:

Mejorar la infraestructura educativa y de investigación en Taiwán y atraer talento internacional. Se fomentará la colaboración entre la academia, la industria y la investigación.

3. Adopción de tecnologías avanzadas:

Desarrollar capacidades en diseño de chips de vanguardia para avanzar hacia procesos de fabricación y tecnologías líderes en el mundo.

4. Atracción de startups e inversión extranjera:

Utilizar la fortaleza de Taiwán en el sector de semiconductores para atraer nuevas empresas y capital internacional, y facilitar la implementación rápida de ideas creativas mediante el ecosistema completo de la industria de semiconductores y el apoyo a la innovación.

Taiwán necesita continuar profundizando la cooperación internacional y expandiendo sus mercados. El desarrollo de la IA requiere la colaboración con empresas de diferentes sectores a nivel global. Las empresas taiwanesas tienen una amplia experiencia en cooperación internacional y expansión de mercados, lo que las convierte en socios confiables en la industria a nivel mundial.

El desarrollo de la IA se acelerará y se profundizará cada vez más, integrándose en todos los aspectos de la vida cotidiana. La industria taiwanesa posee la capacidad técnica para comercializar y popularizar tecnologías avanzadas. En adelante, Taiwán puede ampliar sus ventajas existentes, profundizar su capacidad de innovación y reclutar activamente el talento. Así, podrá mantener su ventaja de liderazgo en esta nueva revolución industrial sin precedentes.

En mi opinión personal, el liderazgo que tiene la industria de semiconductores de Taiwán puede mantenerse durante muchos más años. Los factores del éxito en Taiwán no los poseen muchos otros países. Además, en un mundo tecnológico tan competitivo y cambiante, el contexto actual es muy diferente al de los años ochenta.

La tecnología de semiconductores avanza rápidamente cada año, y las inversiones requeridas también aumentan significativamente. Para las empresas o países que se han quedado rezagados en esta industria, no es fácil alcanzar la posición y la capacidad de los líderes. La alta complejidad técnica, la necesidad de una infraestructura avanzada y las grandes inversiones en investigación y desarrollo crean barreras de entrada muy altas.

Taiwán ha desarrollado una cadena de suministro robusta y eficiente, un ecosistema de innovación y colaboración, y una cultura empresarial enfocada en la excelencia y la eficiencia. Estos elementos han sido clave para su éxito y son difíciles de replicar en otras partes del mundo.

Además, Taiwán cuenta con instituciones educativas y centros de investigación de primer nivel que continuamente nutren la industria con talento altamente cualificado. Las políticas gubernamentales también han jugado un papel crucial al fomentar un entorno favorable para la inversión y la innovación.

Por estas razones, creo que Taiwán mantendrá su posición dominante en el mundo de los semiconductores.

## 9. Conclusiones

En todos los productos electrónicos que nos rodean, hay microchips dentro de ellos. En una era de transformación digital, cada día se requiere una mayor cantidad de microchips más potentes para soportar sus aplicaciones en los productos finales. La industria de semiconductores es muy compleja y ningún país es capaz de dominar todas las fases de producción. Cada país se especializa en un área, y la división del trabajo es esencial. Por lo tanto, la colaboración entre países es la única manera de triunfar en la industria de semiconductores.

En tiempos anteriores, las empresas dedicadas a la producción de productos electrónicos se enfocaban únicamente en aumentar la eficiencia de producción, mejorar las capacidades técnicas y considerar cómo reducir los costes. No obstante, hoy en día, la eficiencia energética y la reducción de carbono han emergido como un consenso global esencial para el desarrollo sostenible.

En el contexto de Taiwán, su posición de liderazgo en la industria de semiconductores no es fortuita. Este éxito se debe en gran medida a la presencia de los ingenieros con talentos excepcionales en ciencias e ingeniería, así como a la implementación de políticas de desarrollo de semiconductores adecuadas e innovadoras y la creación del parque científico ha contribuido en la concentración de recursos. Estos factores combinados han permitido que Taiwán se convierta en un referente global en la industria, situándose a la vanguardia de la tecnología de semiconductores.

Sin embargo, mantener esta posición privilegiada requiere una adaptación constante y una visión de futuro. La emergencia de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, los automóviles eléctricos y otras tecnologías avanzadas, presenta tanto oportunidades como desafíos. Taiwán debe no solo mantenerse a la vanguardia de estas innovaciones, sino también colaborar estrechamente con otros países en la industria de semiconductores para fortalecer su posición en un entorno global altamente competitivo.

En mi opinión, la posición de Taiwán en la industria de semiconductores puede mantenerse a largo plazo, por la dificultad de copiar el modelo del éxito de Taiwán, pero en un mundo lleno de desafíos que abarcan desde las dinámicas cambiantes del mercado hasta las tensiones geopolíticas entre países, Taiwán debe seguir desarrollando y ajustando estrategias correctas para mantener su competitividad. La capacidad de adaptación y la innovación continua serán claves para enfrentar estos retos y aprovechar las oportunidades

futuras.

## 10. Referencias Bibliográficas

- Academia Sinica. 16 de noviembre de 2023. "Fallece el académico Shi Min". Academia Sinica. Recuperado el 5 de abril de 2024 de: [https://www.sinica.edu.tw/News\\_Content/551/2127](https://www.sinica.edu.tw/News_Content/551/2127)
- Atkinson. 8 de febrero de 2024. "A Estados Unidos le resulta difícil revitalizar la industria de semiconductores, la razón principal radica en este problema". Informe Financiero y Tecnológico. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de: <https://finance.technews.tw/>
- Cao Shilun. 3 de enero de 2023. "Colaboración global para el bienestar común, manteniendo una posición clave irremplazable: la industria de semiconductores de Taiwán sigue siendo un miembro confiable del equipo mundial". SEMI TW. Recuperado el 26 de febrero de 2024 de: [https://www.semi.org/zh/semi\\_terry\\_tsao\\_taiwansemiconductor\\_market](https://www.semi.org/zh/semi_terry_tsao_taiwansemiconductor_market)
- Chen Yihua. 13 de diciembre de 2023. "Situación actual y despliegue del mercado de equipos de semiconductores en Japón". Departamento de Tecnología Industrial, MOEA. Recuperado el 3 de febrero de 2024 de: <https://www.moea.gov.tw/>
- Chen Yiru. 6 de septiembre de 2023. "Oportunidades en semiconductores traídas por la IA y HPC". ITRI. Recuperado el 9 de febrero de 2024 de: <https://college.itri.org.tw/Home/InfoData/f6e19f2d-f81c-421c-bc36-ea6409ba0a5d/f803bba1-8f66-47bc-9a9f-12de5ccf7a85>
- Chia-Chen, Lee. 17 de noviembre de 2021. K-Semiconductor Belt Strategy and Business Dynamics of the Key Semiconductor Companies. IEK. Recuperado el 7 de febrero de 2024 de: <https://ieknet.iek.org.tw/>
- Coluccio Leskow E. 15 de julio de 2021. "Semiconductores". Concepto.de. Recuperado el 14 de diciembre de 2023 de: <https://concepto.de/semiconductores/>.
- Common Wealth Magazine. 24 de febrero de 2024. "Inauguración de la planta de TSMC en Kumamoto: ¡Cinco aspectos destacados! ¿Quién asistió? Reporte en vivo." Common Wealth Magazine. Recuperado de 28 de mayo de 2024. Recuperado el 26 de abril de 2024 de: <https://www.cw.com.tw/article/5129391>
- Consejo Europea. S.f. Inteligencia Artificial. Consejo Europea. Recuperado el 8 de marzo de 2024 de: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/artificial-intelligence/>

- Consejo Europea. S.f. Inteligencia Artificial. Consejo Europea. Recuperado el 12 de marzo de 2024 de: <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/artificial-intelligence/>
- D. Olmo G. 18 de mayo de 2021. Cómo TSMC se convirtió en el principal fabricante mundial de chips, un bien que escasea en medio de la pandemia de coronavirus. BBC News. Recuperado el 8 de junio de 2024 de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57081566>
- El Patrimonio Industrial en Taiwán. 2009. "Historia del desarrollo de la industria de semiconductores". El Patrimonio Industrial en Taiwán. Recuperado el 16 de abril de 2024 de: <https://iht.nstm.gov.tw/>
- Equipo editorial, Etecé. 5 de agosto de 2021. "Transistor". Concepto.de. Recuperado el 1 de abril de 2024 de: <https://concepto.de/transistor/>.
- Executive Yuan. 15 de agosto de 2018. "Se estima que este año el valor de producción de la industria de semiconductores de Taiwán crecerá un 5.9%, superando los 2.6 billones de nuevos dólares taiwaneses." Executive Yuan Smart Taiwan 2030. Recuperado el 25 de noviembre de 2023 de: <https://digi.nstc.gov.tw/Page/1538F8CF7474AB4E/75cc567b-a6ad-4aef-b29d-0b19ba41dfbc>
- Executive Yuan. 13 de Noviembre de 2023. "Plan de Innovación de Semiconductores de Taiwán: Construyendo la Potencia Tecnológica de Taiwán para los Próximos 10 Años". Executive Yuan. Recuperado el 22 de junio de 2024 de: <https://www.ey.gov.tw/>
- Executive Yuan. 2024. "Ex Primeros Ministros." Executive Yuan. Recuperado el 25 de mayo de 2024 de: <https://www.ey.gov.tw/Page/4ED2F231892187F9/e787da2a-32cb-42a1-97a7-493ffb3507eb>
- European Commission. S.F. European Chips Act. European Commission. Recuperado el 1 de junio de 2024 de: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en)
- Gobierno de España. S.F. PERTE de microelectrónica y semiconductores. Gobierno de España. Recuperado el 3 de mayo de 2024 de: <https://planderecuperacion.gob.es/como-acceder-a-los-fondos/pertes/perte-de-microelectronica-y-semiconductores>

Gobierno de España. 19 de abril de 2023. Qué es la Inteligencia Artificial. Gobierno de España. Recuperado el 3 de mayo de 2024 de: <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/que-es-inteligencia-artificial-ia-prtr>

Huang Qinyong. 7 de abril de 2023. "Los tres pilares de la industria de semiconductores de Taiwán." DIGITIMES. Recuperado el 31 de mayo de 2024 de: <https://www.digitimes.com.tw/col/article.asp?id=10255>

Huang Qinyong, Huang Yiping. Septiembre de 2022. "Las Amenazas y Oportunidades de la Isla de Silicio: Semiconductores y Geopolítica" (Xi Dao de Wei yu Ji: Bandaoti yu Diyuan Zhengzhi). Taiwán: National Yang Ming Chiao Tung University Press.

Isaac. 13 de mayo de 2023. Wafer: todo lo que debes saber sobre las obleas semiconductoras. Profesionalreview. Recuperado el 29 de enero de 2024 de: <https://www.profesionalreview.com/2023/05/13/wafer/>

J. Orgaz. C. 14 de julio de 2021. "El importante papel del "escudo de silicio" que protege a Taiwán de China". BBC News Mundo. Recuperado el 18 de marzo de 2024 de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57779013>

Liu Peizhen. 1 de marzo de 2023. "En el núcleo de la geopolítica, la industria de semiconductores de Taiwán puede mantener su estabilidad". Instituto de Investigación Económica de Taiwán. Recuperado el 21 de mayo de 2024 de: <https://www.tier.org.tw/>

Liu Peizhen. 28 de abril de 2024. "Profundizar en la ventaja competitiva de los semiconductores es el primer desafío industrial del nuevo presidente". Global Views Monthly. Recuperado el 2 de mayo de 2024 de: <https://www.gvm.com.tw/article/112217>

Lisa Wang. 13 de noviembre de 2013. "TSMC dice que Morris Chang se retira nuevamente como CEO." Taipei Times. Recuperado el 17 de junio de 2024 de: <https://www.taipetimes.com/News/front/archives/2013/11/13/2003576751>

Money DJ. 19 de febrero de 2024. TSIA : "Se estima que este año el valor de la producción de la industria de circuitos integrados (IC) de Taiwán superará los 5 billones de nuevos dólares taiwaneses, con un crecimiento anual de más del 15%." Money DJ. Recuperado el 19 de marzo de 2024 de: <https://www.moneydj.com/kmdj/news/newsviewer.aspx?a=7bc499f3-65bc-4dd4-aa9a-80a07a2e51d4>

MIC. 1 de noviembre de 2023. "En 2024, el valor de la producción de la industria de semiconductores de Taiwán alcanzará los 4.29 billones de nuevos dólares taiwaneses, con un crecimiento del 13.7%. La transformación hacia bajas emisiones de carbono, las redes privadas 5G y los semiconductores automotrices se convierten en nuevas oportunidades para las empresas taiwanesas." MIC. Recuperado el 8 de enero de 2024 de: <https://mic.iii.org.tw/news.aspx?id=655>

Plataforma de Información sobre la Cadena de Valor Industrial. S.F. "Introducción a la cadena de valor de la industria de semiconductores". Plataforma de Información sobre la Cadena de Valor Industrial. Recuperado el 13 de abril de 2024 de: <https://ic.tpex.org.tw/>

Paul Mozur, John Liu. 4 de agosto de 2023. "El titán del chip cuya obra de vida está en el centro de una guerra fría tecnológica." The New York Times. Recuperado el 22 de enero de 2024 de: <https://www.nytimes.com/2023/08/04/technology/the-chip-titan-whose-lifes-work-is-at-the-center-of-a-tech-cold-war.html>

Pan Wen Yuan Foundation. 2017. "Sobre Wen-Yuan, Pan." Pan Wen Yuan Foundation. Recuperado el 20 de junio de 2024 de: [https://pan.itri.org.tw/about\\_PanWenYuan/about\\_content.aspx?nid=DE2023E3BA489716](https://pan.itri.org.tw/about_PanWenYuan/about_content.aspx?nid=DE2023E3BA489716)

Rick Merrit. 4 de diciembre de 2023. Why GPUs Are Great for AI. NVIDIA. Recuperado el 17 de abril de 2024 de: <https://blogs.nvidia.com/blog/why-gpus-are-great-for-ai/>

Rubert Wingfield-Hayes. 22 de diciembre de 2023. Cómo un grupo de jóvenes ingenieros consiguió convertir a Taiwán en una potencia de microchips. BBC News. Recuperado el 10 de mayo de 2024 de: <https://www.bbc.com/mundo/articles/c872jpyz5d1o>

Sánchez Vergara M. E. S.F. ¿QUÉ SON LOS SEMICONDUCTORES Y POR QUÉ SE CONSIDERAN UNA INDUSTRIA ESTRATÉGICA? Anáhuac México. Recuperado el 23 de febrero de 2024 de: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Que-son-los-semiconductores>

SEMI TAIWAN. 24 de mayo de 2022. "¿Qué es un semiconductor? Una guía rápida sobre la industria de los chips." SEMI. Recuperado el 24 de octubre de 2023 de: <https://www.semi.org/zh/technology-trends/what-is-a-semiconductor>

- Smart Electronics Industry Project Promotion Office, IDA, MOEA. 18 de julio de 2023. Situación Actual de la Industria de Semiconductores. SIPO, IDA, MOEA. Recuperado el 5 de junio de 2024 de: <https://www.sipo.org.tw/industry-overview/industry-state-quo/semiconductor-industry-state-quo.html>
- Sparktek. S.f. Diode/Transistor. Sparktek. Recuperado el 9 de mayo de 2024 de: [https://www.sparktekemc.com/en/products/diode\\_transistor](https://www.sparktekemc.com/en/products/diode_transistor)
- TSMC. 2024. "Informe Anual." TSMC. Recuperado el 24 de mayo de 2024 de: <https://investor.tsmc.com/static/annualReports/2023/english/index.html>
- Wang Renjie. Enero de 2018. "Las manos ocultas y perspectivas de la tecnología de semiconductores en Taiwán". Informe Especial sobre el Desarrollo Científico. Recuperado el 19 de diciembre de 2023 de: <https://ejournal.stpi.narl.org.tw/>
- Wu Jinrong. 19 de mayo de 2023. "¡Siete gráficos que escanean la situación actual de la industria de semiconductores en EE.UU.! Con esta razón, controla el núcleo de alta tecnología mundial". Digital Times. Recuperado el 20 de diciembre de 2023 de: <https://www.bnext.com.tw/article/>
- Wu Jinrong. 3 de noviembre de 2022. "¿Por qué Estados Unidos sigue dominando la industria de semiconductores y monopolizando el mundo?" Digital Times. Recuperado el 17 de enero de 2024 de: <https://www.bnext.com.tw/>
- Xie Jiaxing. 3 de junio de 2024. "COMPUTEX 2024 se inaugura pronto: se estima la participación de 50,000 compradores, con grandes nombres de la tecnología presentes. Yahoo News. Recuperado el 22 de junio de 2024 de: <https://tw.news.yahoo.com/2024computex>
- Zhang Ruxin. 23 de diciembre de 2022. "Silicon Taiwan: La Leyenda de la Industria de Semiconductores de Taiwán" (Xi Shuo Taiwan - Taiwan Bandaoti Chanye Chuangi). Taiwán: Yuanjian Tianxia Culture Publishing.