

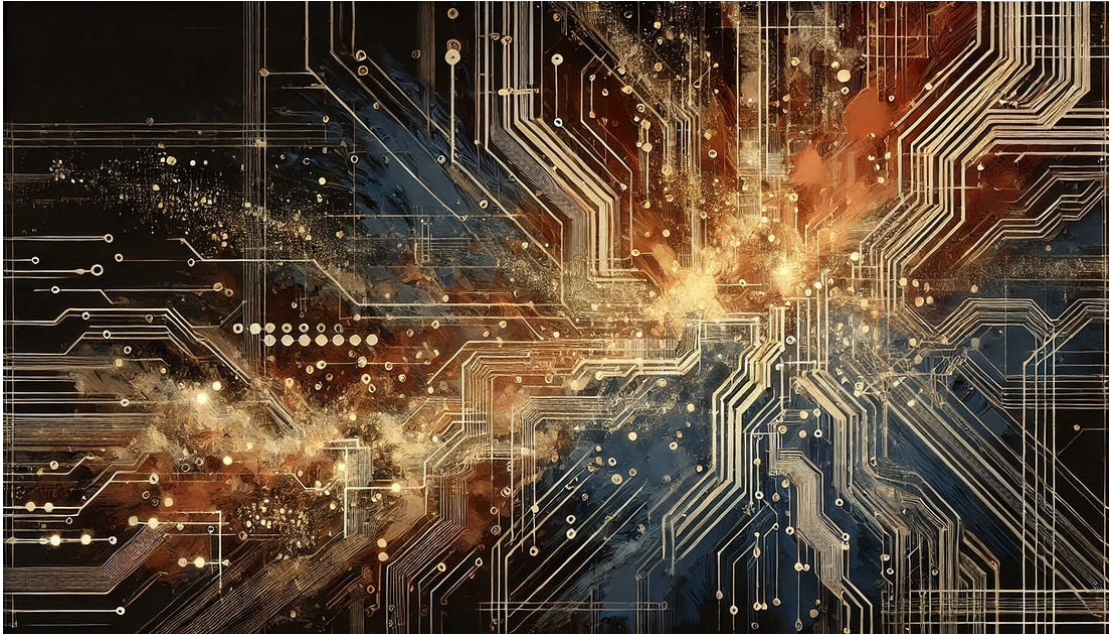
TSMC: El frágil monopolio de los chips

El dominio de Taiwán en semiconductores esconde profundas grietas: crisis energética, muertes en obras de construcción, presión entre EE. UU. y China. Detrás de la IA se esconde un sistema frágil.

Andrea Ferrario

3 de octubre

En septiembre de 2025, cuando Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) anunció la construcción de una nueva planta de 500 000 millones de dólares taiwaneses para producir chips de 1,4 nanómetros, la tecnología más avanzada del mundo, un detalle pasó prácticamente desapercibido en las noticias internacionales. Unas semanas antes, durante una junta de accionistas, una mujer le había mostrado al presidente Wei Zhejia una fotografía de su hermano, Huang Xinyi, fallecido en un accidente en una obra de TSMC. Fue el último de al menos diez trabajadores subcontratados fallecidos desde 2019. El contraste entre la tecnología de vanguardia que promete impulsar la era de la inteligencia artificial y los cuerpos destrozados en las obras, entre los márgenes de beneficio récord y la creciente presión energética que amenaza con paralizar toda la isla, revela una verdad incómoda. El llamado "escudo de silicio" de Taiwán —la idea de que su casi monopolio en la producción de chips avanzados la protege de una invasión china, volviéndola indispensable tanto para Pekín como para Washington— se asienta sobre cimientos cada vez más frágiles. Mientras las dos superpotencias compiten por el control de este recurso estratégico, TSMC se encuentra atrapada en una paradoja. Cuanto más se expande globalmente para mitigar las presiones geopolíticas, más expone las vulnerabilidades de un modelo de producción dependiente de condiciones sociales, energéticas y logísticas imposibles de replicar en otros lugares. Tras la retórica del progreso tecnológico se esconde una red de contradicciones sin resolver, desde trabajadores prescindibles hasta crisis energéticas, desde cadenas de suministro sobrecargadas hasta la dependencia de China para las energías renovables, que podrían transformar el mayor éxito industrial de Taiwán en su mayor fragilidad.



Cuando el escudo se convierte en vulnerabilidad

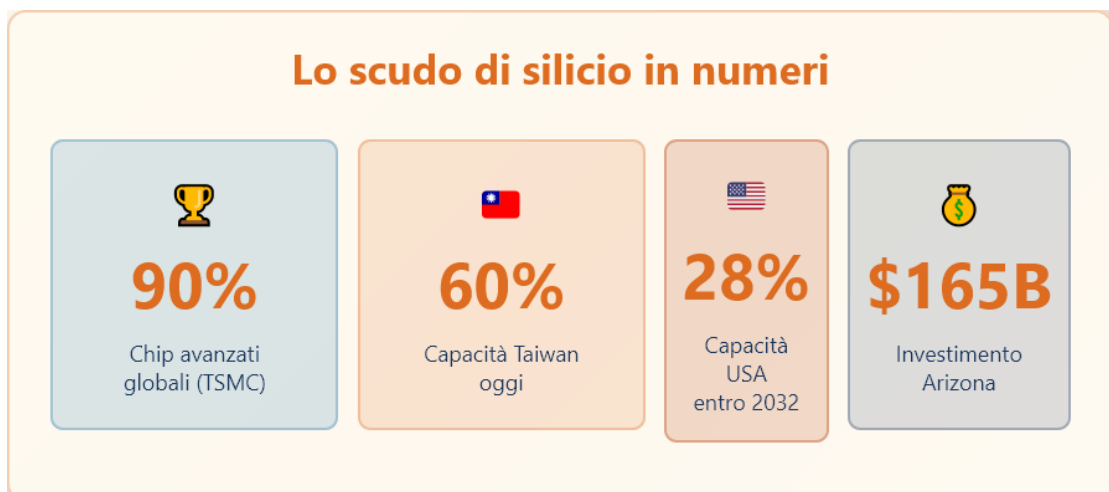
En 2020, la politóloga taiwanesa Tsai Ming-yen acuñó el término "escudo de silicio" para describir la posición estratégica de Taiwán. El control casi monopolístico de la isla sobre la producción de semiconductores avanzados la hacía demasiado valiosa para que China la atacara y demasiado importante para que Estados Unidos la abandonara. TSMC, que produce más del 90% de los chips más sofisticados del mundo, representaba la garantía material de esta protección. Sin embargo, el razonamiento contenía una ambigüedad fundamental: esta posición de fuerza dependía enteramente de la disposición de las grandes potencias a considerar a Taiwán indispensable. Y esta percepción puede cambiar rápidamente, convirtiendo el escudo en una trampa.

En los últimos cinco años, la evolución de la política industrial estadounidense ha puesto de manifiesto esta fragilidad. La Ley CHIPS y Ciencia de 2022 asignó miles de millones de dólares para que la fabricación de semiconductores volviera a suelo estadounidense. Esto preocupaba a Taiwán, ya que si Estados Unidos reconstruía su capacidad de producción nacional, la isla actuaría gradualmente como un escudo. Según las previsiones de la industria, Estados Unidos poseerá el 28 % de la capacidad mundial de fabricación de chips avanzados para 2032, partiendo de cero en 2022. La propia TSMC está contribuyendo enormemente a este crecimiento, con una inversión de 165 000 millones de dólares en Arizona para seis plantas de fabricación, dos instalaciones de envasado avanzado y un centro de investigación.

La expansión estadounidense de TSMC no fue una decisión estratégica independiente, sino el resultado de una presión política explícita. Cuando Trump anunció la ampliación de este compromiso en marzo de 2025, el presidente de la compañía taiwanesa, Wei Zhejia, enfatizó

diplomáticamente que la decisión respondía a una "fuerte demanda de los clientes estadounidenses". La redacción apenas ocultaba la realidad: TSMC estaba cediendo a las exigencias de Washington, aceptando costos de producción significativamente más altos y pérdidas proyectadas de 440 millones de dólares en 2024 en Arizona, para mantener el acceso al mercado estadounidense.

La paradoja del escudo de silicio se despliega así en toda su complejidad. Taiwán aún posee aproximadamente el 60% de la capacidad mundial de fabricación de chips avanzados, pero la trayectoria es clara. Cuanto más construye TSMC plantas en el extranjero para responder a la presión política, más erosiona la concentración manufacturera que constituía la base de la protección de Taiwán. Sin embargo, rechazar estas presiones significaría perder el acceso a los mercados occidentales y a la financiación pública, acelerando así el declive relativo de la empresa. No hay una salida evidente, ya que el escudo funciona mientras Taiwán siga siendo irremplazable, pero las demandas de los países que supuestamente lo respaldan lo están haciendo gradualmente reemplazable. Es un mecanismo de protección que conlleva las condiciones de su propia obsolescencia.



Energía, agua y el coste oculto de la inteligencia artificial

Mientras el debate geopolítico se centra en el control estratégico de TSMC, la compañía se enfrenta a una limitación más prosaica, pero igualmente crucial. La revolución de la inteligencia artificial ha transformado los semiconductores avanzados de un producto de nicho a un recurso crítico para la economía global, pero esta misma revolución ha generado una demanda energética que Taiwán tiene cada vez más dificultades para satisfacer. El entusiasmo en torno al lanzamiento de ChatGPT en noviembre de 2022 ha transformado radicalmente las perspectivas de la industria de los semiconductores. Apenas unos años antes, analistas del Centro de Seguridad y Tecnología Emergente de Washington habían predicho que el progreso tecnológico en la miniaturización de chips pronto alcanzaría un límite

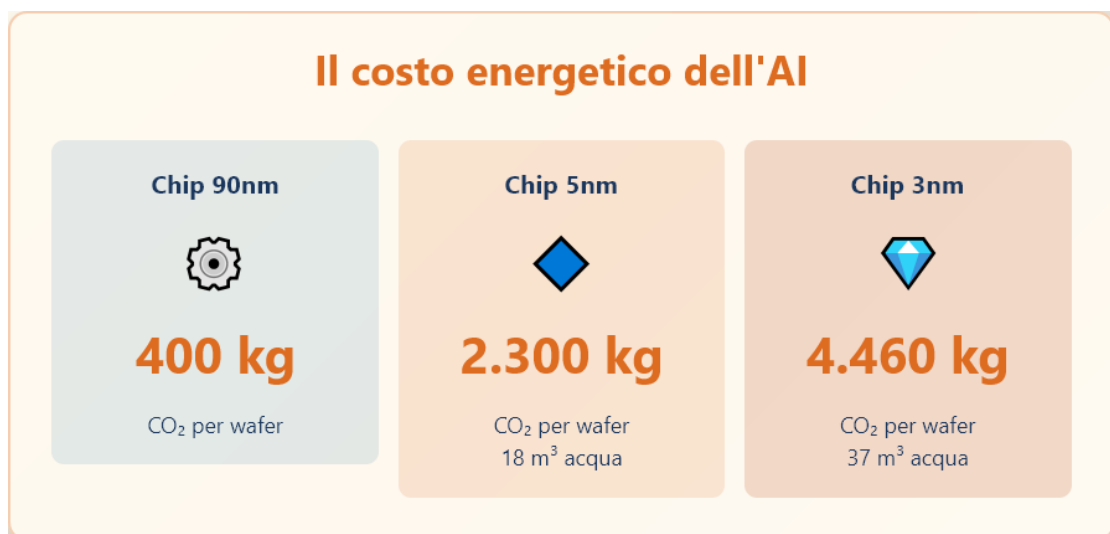
económico. Su informe de 2020 calculó que actualizar la producción de un proceso de 10 nanómetros a uno de 7 nanómetros tardaría 3,7 años en amortizarse, mientras que pasar de 7 a 5 nanómetros tardaría la friolera de 8,8 años. La Ley de Moore, que describía la duplicación de la densidad de transistores cada dos años, parecía destinada a desvanecerse debido a la falta de incentivos comerciales. La inteligencia artificial ha revolucionado por completo esta perspectiva. Los modelos de lenguaje de gran tamaño requieren una potencia de cálculo tan enorme que la demanda de chips avanzados se ha disparado. TSMC aceleró de inmediato el desarrollo de los nodos tecnológicos más avanzados. El proceso de 3 nanómetros se encuentra actualmente en producción en masa, el de 2 nanómetros entrará en producción en serie a finales de 2025 y el de 1,4 nanómetros está previsto que comience su producción en masa en 2028.

Este renacimiento tecnológico, sin embargo, tiene un coste material que rara vez figura en las narrativas triunfalistas sobre la inteligencia artificial. La producción de una sola oblea de silicio de 3 nanómetros genera emisiones equivalentes a 4.460 kilogramos de dióxido de carbono y consume 37,2 metros cúbicos de agua, casi el doble que el proceso de 5 nanómetros y más de diez veces más que los chips de 90 nanómetros utilizados para aplicaciones menos avanzadas. El consumo medio de energía para completar una capa de circuito en una oblea de 30 cm aumentó de 21,4 kilovatios-hora en 2017 a 40,5 kilovatios-hora en 2023. En total, TSMC consumió 25.300 millones de kilovatios-hora en 2024, equivalente al 8,9 % de la electricidad total de Taiwán. La industria de semiconductores en su conjunto representó el 14,2 % del consumo nacional. Se prevé que estas cifras aumenten drásticamente. Taiwan Power Company, la empresa eléctrica estatal, predice que la industria de semiconductores requerirá 28.400 millones de kilovatios-hora adicionales para 2030, un aumento del 75 por ciento respecto de 2023.

Taiwán se encuentra en una situación paradójica. El gobierno se ha fijado el objetivo de un 30 % de energía renovable para 2030, pero para 2025, la proporción se ha estancado en el 13 %. Tan solo TSMC se ha comprometido a utilizar un 60 % de energía renovable para 2030, una cifra que representa más de dos tercios de la generación renovable actual de Taiwán. La presión también proviene de los clientes. Apple ha exigido la neutralidad de carbono a sus principales proveedores para 2030, y para TSMC, esto significa que se espera que la tasa de crecimiento de su cuota de energía renovable se duplique en los próximos cinco años. El problema es que Taiwán no produce suficiente energía renovable, y la expansión de la energía solar y eólica avanza más lentamente de lo previsto.

El problema energético se ha convertido rápidamente en un conflicto político interno. En mayo de 2025, el Partido Popular de Taiwán presentó una propuesta de referéndum para

mantener operativa la central nuclear de Lungmen, argumentando que la política de desnuclearización del gobierno ha causado pérdidas masivas a la Compañía Eléctrica de Taiwán. Este conflicto ideológico impide cualquier debate pragmático sobre soluciones. Taiwán está sacrificando su sostenibilidad energética para mantener la posición de TSMC en la industria global de la IA, y el gobierno considera la expansión de la industria de semiconductores una premisa indiscutible. La trayectoria de crecimiento actual es materialmente incompatible con los objetivos climáticos declarados, y ninguna innovación en los procesos de producción puede compensar el aumento exponencial de la demanda generada por la IA.



Las cadenas de suministro como sistemas nerviosos vulnerables

La retórica en torno a TSMC tiende a centrarse en su sofisticación tecnológica, ocultando sistemáticamente que detrás de cada oblea de silicio se esconde una vasta red de proveedores, subcontratistas y trabajadores cuyas condiciones determinan concretamente la capacidad operativa de la empresa. Cuando Huang Xinyi murió aplastada por una tubería en la obra de una planta de TSMC en Tainan el 5 de septiembre de 2024, el incidente no tuvo cobertura mediática. Huang trabajaba para un pequeño subcontratista que reportaba a Yankee Engineering, la empresa que había recibido el contrato general de TSMC. Según el informe de inspección, TSMC había desarrollado formalmente un plan de gestión de la seguridad, pero no había implementado los controles de campo exigidos por el contrato.

El caso de Huang Xinyi no es aislado. La Asociación de Accidentes Laborales de Taiwán ha documentado al menos diez muertes de subcontratistas en obras de construcción de TSMC desde 2019. El 26 de mayo de 2025, otro trabajador falleció en una planta en construcción en Chiayi, también para un contrato gestionado por Yankee Engineering. Según el sistema de consulta del Ministerio de Trabajo, Yankee Engineering ha acumulado al menos dieciséis

infracciones a la Ley de Seguridad Laboral entre 2017 y mayo de 2025, incluyendo fallos en la prevención de caídas y colapsos, así como una gestión inadecuada de los contratos. La empresa, que cotiza en bolsa y tiene contratos para construir plantas de TSMC en todo Taiwán, sigue obteniendo contratos a pesar de este historial.

La hermana de Huang Xinyi describió el proceso de mediación ante la Asociación de Accidentes como "ser empujados a un ring para luchar contra un monstruo". Dado que Huang no estaba casado y sus padres habían fallecido, los hermanos solo podían reclamar una indemnización limitada bajo la Ley de Normas Laborales, sin derecho a indemnización por daños y perjuicios. El acuerdo inicial propuesto fue desproporcionadamente bajo. Solo la intervención de la Asociación permitió condiciones más dignas. Tras nuevos accidentes mortales ese mismo año, la hermana de Huang compareció en la junta de accionistas de TSMC el 3 de junio de 2025, declarando al presidente Wei Zhejia que "TSMC es una ballena gigante que el país ha cultivado para alcanzar esta grandeza", y cuestionando si la empresa aún conservaba algún sentido de responsabilidad social. Wei se disculpó, afirmando que la seguridad en el trabajo era una prioridad absoluta.

La disculpa pública no ha cambiado la lógica del sistema de producción. TSMC opera mediante una estructura de subcontratación en cascada que reduce progresivamente los riesgos y los costos. La empresa conserva el control estratégico y tecnológico, define los plazos de entrega y los estándares de calidad, pero delega la ejecución física a contratistas, quienes a su vez subcontratan a empresas más pequeñas. Este modelo permite a TSMC mantener altos márgenes y flexibilidad operativa, pero crea una zona gris de responsabilidad donde los accidentes pueden atribuirse formalmente a los subcontratistas. Si bien la Ley de Seguridad Ocupacional exige la responsabilidad de TSMC de inspeccionar y capacitar a los contratistas, la aplicación de esta disposición sigue siendo deficiente, y la empresa puede seguir alegando que los problemas de seguridad afectan principalmente a los subcontratistas.

Esta estructura de red es precisamente lo que hace que TSMC sea tan eficaz en Taiwán y tan difícil de replicar en otros lugares. El ecosistema taiwanés se ha desarrollado a lo largo de décadas en torno a las necesidades específicas de la industria de semiconductores. Proveedores de materiales, equipos especializados, servicios de mantenimiento e incluso las lavanderías que limpian prendas estériles para salas blancas operan en sincronía con los ciclos de producción de TSMC. El gobierno taiwanés ha brindado apoyo sistemático mediante subsidios, exenciones fiscales e infraestructura especializada. Sin embargo, este ecosistema en sí mismo se basa en relaciones de poder asimétricas.

Además, a partir de 2026, es probable que los proveedores con vínculos comerciales significativos con China queden excluidos, y varias empresas ya han sufrido cancelaciones de pedidos. La presión estadounidense para desvincularse de China está provocando una reestructuración forzada de toda la cadena de suministro taiwanesa, con TSMC actuando como intermediario ante las demandas de Washington. A los proveedores de equipos les preocupa que una gestión más estricta de la cadena de suministro esté afectando a las empresas taiwanesas más allá de la simple naturaleza desvinculada de sus negocios en China, aunque este enfoque ayuda a TSMC a comprender la situación operativa de sus socios y a evitar riesgos regulatorios o sanciones estadounidenses.



La expansión global y el fracaso de la replicabilidad

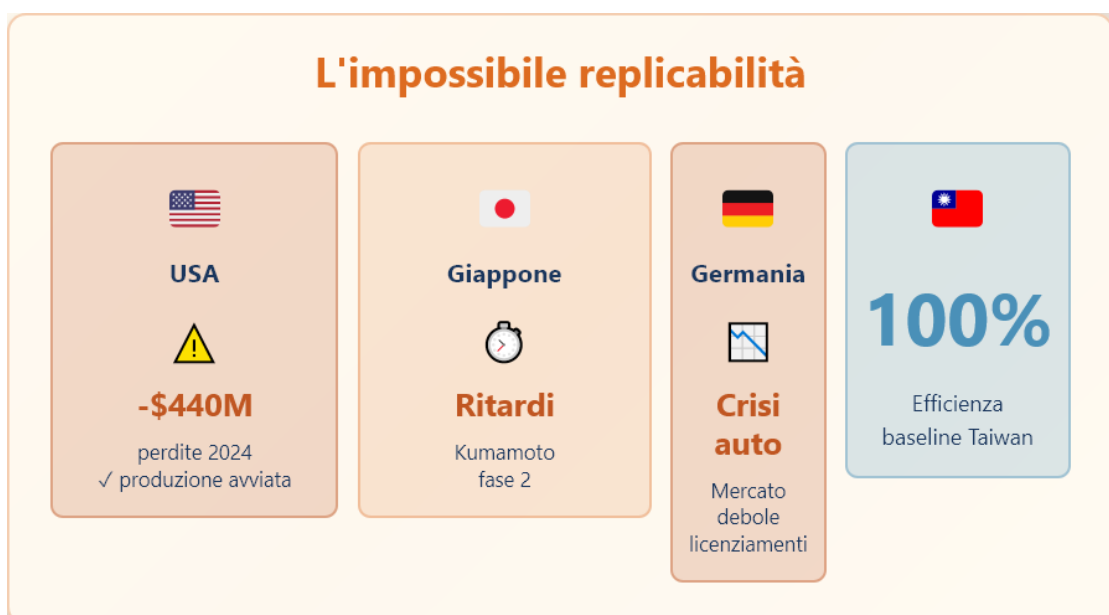
La dificultad de TSMC para replicar su modelo operativo fuera de Taiwán es particularmente evidente en la experiencia estadounidense. Cuando la compañía anunció la construcción de su primera planta en Arizona en 2020, la narrativa predominante presentó la iniciativa como un triunfo de la cooperación tecnológica transatlántica. La realidad sobre el terreno resultó mucho más compleja. Las plantas de Phoenix comenzaron la producción en masa en 2025, logrando rentabilidad operativa, pero el proceso estuvo marcado por retrasos, costos inesperados y profundas tensiones culturales. Un técnico taiwanés entrevistado por Initium Media en la obra de Phoenix resumió el problema sin rodeos: «Es una cuestión humana. La velocidad estadounidense es la que es, y los taiwaneses creen que basta con ser un poco más rápidos que ellos. Recibes el mismo salario, pero la eficiencia de los demás es solo el 50 % de

la tuya. ¿Seguirías dando el 100 %?». La frustración no se debe simplemente a diferencias superficiales en el ritmo de trabajo. Más bien, refleja un choque entre sistemas de producción contruidos sobre supuestos incompatibles respecto de la relación entre trabajo y vida personal, entre flexibilidad y regulación, entre improvisación y procedimentalización.

Los ejecutivos de TSMC han reconocido que el principal desafío de expandirse al extranjero es adaptarse a las regulaciones y culturas locales. Las cadenas de suministro deben aprender a cumplir plenamente con las leyes locales, donde las regulaciones son absolutamente vinculantes y no pueden eludirse mediante relaciones personales ni interpretaciones flexibles.

En Taiwán, los proveedores se han acostumbrado a colaborar estrechamente con TSMC, satisfaciendo las necesidades funcionales, pero desconociendo los procedimientos extranjeros. El enfoque taiwanés permite que la construcción comience incluso antes de que se finalicen los diseños, lo que facilita una adaptación flexible para avanzar rápidamente. Esto simplemente no es posible en Estados Unidos, donde todo requiere documentación explícita y no se puede comenzar ningún trabajo hasta que se complete el diseño.

La expansión en Japón y Alemania también enfrenta obstáculos significativos. El presidente Wei Zhejia reconoció retrasos en la segunda planta en Kumamoto. De igual manera, la planta alemana, diseñada para atender al mercado automotriz europeo, se enfrenta a condiciones macroeconómicas débiles y una industria en declive, con los principales fabricantes de chips anunciando despidos masivos. Estos acontecimientos dejan claro que el modelo de expansión de TSMC podría no ser compatible con inversiones a gran escala en Europa en este momento. En cambio, la compañía está acelerando sus inversiones en Estados Unidos, comprometiendo 100 000 millones de euros adicionales para un total de 165 000 millones, lo que genera una restricción de recursos para otros proyectos internacionales.



Un futuro precario entre vulnerabilidades interdependientes y estructurales

La expansión global de TSMC está generando una consecuencia paradójica. Mientras la compañía desarrolla capacidad de producción en Estados Unidos para responder a la presión de Washington, simultáneamente corre el riesgo de aumentar su dependencia de China en el sector de las energías renovables. En 2024, TSMC utilizó 3.610 millones de kilovatios-hora de energía renovable certificada, aproximadamente el 60 % de los cuales provino de certificados adquiridos en el extranjero. La compañía nunca ha revelado el origen preciso de estos certificados, pero el contexto sugiere una realidad incómoda: TSMC, como principal socio de fabricación de Apple, podría adquirir certificados verdes chinos para cumplir con los objetivos de sostenibilidad exigidos por su cliente estadounidense. China ha instalado cinco veces la capacidad solar y eólica total de Estados Unidos y domina la cadena de suministro de componentes solares. La Ley One Big Beautiful Bill de julio de 2025 busca limitar esta dependencia al prohibir los incentivos fiscales para las energías renovables vinculados a entidades extranjeras de interés, pero corre el riesgo de obstaculizar aún más el desarrollo de las energías renovables estadounidenses.

La postura de TSMC respecto a China se complica aún más en los ámbitos comercial y tecnológico. La compañía anunció en noviembre de 2024 que dejaría de utilizar equipos chinos en sus líneas de producción de 2 nanómetros, en respuesta al aumento de las restricciones estadounidenses a las exportaciones de tecnología avanzada. Estas restricciones ya obligaron a TSMC a suspender los envíos a Huawei en septiembre de 2020, y las normas posteriores, emitidas en octubre de 2022 y 2023, restringieron aún más su capacidad para suministrar chips de IA y equipos de fabricación a clientes chinos. En octubre de 2024, analistas canadienses de TechInsights descubrieron que un chip producido por TSMC había acabado dentro del procesador de IA Ascend 910B de Huawei, a pesar de las sanciones. El incidente generó preocupación bipartidista en Washington, y el senador Mark Warner criticó la "débil aplicación" de los controles existentes por parte del gobierno estadounidense. TSMC podría enfrentarse a multas superiores a los mil millones de dólares, aunque hasta la fecha no se han impuesto sanciones. El episodio pone de relieve la creciente dificultad de controlar el destino final de los chips en las cadenas de suministro globales, donde las empresas de diseño pueden ocultar las relaciones posteriores.

Las presiones arancelarias estadounidenses añaden otra capa de incertidumbre. En abril de 2025, el presidente Trump propuso un régimen comercial que incluye un arancel base del 10% sobre todas las importaciones, un arancel recíproco del 32% sobre los productos taiwaneses y un posible impuesto del 25% sobre los semiconductores. El informe anual de TSMC advierte que dichos aranceles podrían incrementar los costos para los clientes y obstaculizar el

crecimiento estadounidense. Esto crea una paradoja: TSMC invierte para cumplir los objetivos internos estadounidenses mientras se enfrenta a políticas que podrían penalizarla. La empresa enfatiza que los semiconductores representan solo el 2,5% de las importaciones estadounidenses, por lo que su inversión no reducirá significativamente el déficit comercial general de Estados Unidos.

La alianza entre Nvidia e Intel, anunciada en septiembre de 2025, complica aún más el panorama competitivo. Nvidia invirtió 5000 millones de dólares en Intel, una decisión que la industria interpretó como una concesión a la administración Trump, más que como una inversión financiera con expectativas de rentabilidad. Intel ha recibido un total de 12 700 millones de dólares en capital fresco mediante inversiones de Nvidia, SoftBank y subvenciones de la Ley CHIPS. La alianza prevé que Intel fabrique procesadores personalizados basados en la arquitectura x86 para la infraestructura de inteligencia artificial de Nvidia. Para TSMC, la alianza genera incertidumbre sobre la futura asignación de pedidos: si Intel consigue que sus procesos sean competitivos con la tecnología sub-3 nm de TSMC, incluso socios estadounidenses como Nvidia podrían dudar en modificar los pedidos.

La supremacía tecnológica de TSMC permanece indiscutible por ahora. La compañía consolidó una participación de mercado global del 38% en el segundo trimestre de 2025, con ingresos que aumentaron un 44% interanual, impulsados por la demanda de su proceso de 3 nanómetros y empaquetado avanzado. Samsung vio caer su participación al 4%, ampliando la brecha con TSMC a 33 puntos porcentuales. Sin embargo, la posición dominante de TSMC no elimina las vulnerabilidades estructurales. La compañía depende de las condiciones específicas de Taiwán que no puede replicar en otros lugares, enfrenta presiones energéticas internas incompatibles con su crecimiento, enfrenta demandas contradictorias de Washington y Pekín que simultáneamente la obligan a desvincularse de China y depender de ella para la energía renovable, y mantiene una cadena de suministro local bajo una presión creciente. El modelo que ha hecho a TSMC indispensable contiene en sí mismo las condiciones de su propia fragilidad. La tecnología avanzada no flota en un espacio abstracto, sino que está anclada a recursos materiales limitados, relaciones de poder asimétricas y opciones políticas que determinan quién paga los costos del progreso y quién cosecha sus beneficios.

Fuentes: Initium Media, Digitimes, Taipei Times, Asia Society, Radio Free Asia, Tai Sounds, Taiwan Insight, Nikkei Asia, Oficina de Análisis Económico, TechInsights