



El fortalecimiento de las cadenas de producción de semiconductores entre EUA y México

Oportunidades y
retos en la agenda de
nearshoring

David Talbot, PhD



Acerca del Milken Institute

El Milken Institute es un think tank apartidista y sin fines de lucro que busca acelerar el progreso medible. Enfocados en la salud financiera, física, mental y ambiental, reunimos las mejores ideas con una gestión innovadora de recursos; el fin es desarrollar planes para enfrentar algunos de los problemas globales más críticos desde una visión centrada en lo que se necesita ahora y lo que vendrá después.

ÍNDICE

1	Introducción
3	Desglose de la cadena de producción de semiconductores
6	La demanda de lo 'Made in the Americas'
9	Identificar la ventaja mexicana
9	Capacidad existente
10	Brechas en el abastecimiento de EUA
11	Ventajas competitivas
12	Panorama del futuro
14	Los obstáculos de una integración más profunda
17	Recomendaciones
20	Conclusión
21	Notas finales
25	Reconocimientos
25	Acerca del autor



INTRODUCCIÓN

Los semiconductores son un sector vital de la economía global y un campo de batalla geopolítico ferozmente disputado. La escasez que devastó las cadenas de producción en el punto más álgido de la pandemia de COVID-19 reveló lo centrales que son los «chips» para la vida moderna, al afectar a más de 200 sectores tan diversos como el automovilístico, los productos electrónicos y los electrodomésticos. Esto contribuyó a la desestabilizante alza de la inflación a nivel mundial.¹ A pesar de la crisis cíclica actual, se espera que la industria incremente su capacidad total de producción a un nivel sin precedentes. También que, como consecuencia de *megatrends* como el auge del trabajo remoto y la demanda de vehículos electrónicos (VEs),² sus ventas alcancen el billón de dólares en 2030. Además, tanto los chips de vanguardia como los tradicionales son esenciales no solo para los principales sistemas de defensa, desde aviones de caza hasta satélites, sino también para la próxima generación de tecnologías que probablemente determinarán el futuro de la guerra, como la inteligencia artificial (IA) y la informática cuántica.

Dada su importancia, el surgimiento de la industria como punto nodal de la relación entre Estados Unidos y México es poco sorprendente. Para Estados Unidos, los semiconductores están en la primera línea de un esfuerzo por aumentar la resiliencia de las cadenas de suministro en sectores críticos, mantenido por diferentes presidencias de ambos partidos. El gobierno de Biden, motivado por los obstáculos que trajo la pandemia y el deterioro de la relación EUA-China, ha impulsado agresivamente el *reshoring* y el *friend-shoring* de los semiconductores; a la vez, trabaja para minar la capacidad de China para importar, manufacturar y exportar chips de vanguardia. La ley CHIPS and Science (CHIPS Act, 2022), que busca cambiar el paradigma mediante subsidios e incentivos por 52.7 mil millones de dólares, tiene el objetivo de revitalizar la fabricación doméstica estadounidense que cayó de un 37 por ciento de la producción mundial en 1990 a tan solo un 12 por ciento en 2022.³ Los funcionarios estadounidenses creen que México, a pesar de su limitada industria existente, puede jugar un rol esencial en su tentativa de reestructuración de la industria global, que busca ofrecer alternativas a China y complementar la producción de Taiwán y otros socios clave.

Para México, la Ley CHIPS constituye una enorme oportunidad. El país se está beneficiando de un incremento en la inversión extranjera directa (IED) en diversos sectores de manufactura, impulsado por la búsqueda de accesos confiables y sin tarifas a Estados Unidos. La posibilidad de integrarse a las cadenas de producción de semiconductores de EUA es particularmente

prometedora, pues le presenta a México un potencial punto de apoyo para entrar a una industria innovadora y de amplio crecimiento. Esto generaría mejores empleos, contribuiría a la prosperidad—tanto directamente como a través de una derrama positiva—y avanzaría las ambiciones tecnológicas nacionales, objetivos centrales del gobierno de Andrés Manuel López Obrador. Además, el desarrollo de cadenas de suministro de semiconductores norteamericanas aumentaría la competitividad y la resiliencia de los sectores líderes mexicanos que sufrieron por la escasez de chips vinculada a la pandemia, incluyendo las industrias de autos, autopartes, aeronáutica, comunicación y tecnologías de la información (CTI).

Sin embargo, hay obstáculos significativos que, si no se atienden, desviarán las ambiciones compartidas por EUA y México por establecer un ecosistema regional de semiconductores. La industria, atraída por un riesgo menor de conflictos geopolíticos y perturbaciones en la cadena de suministro, está explorando activamente las posibilidades que tiene México para convertirse en una fuente de mano de obra calificada, accesible y cercana a los inversionistas basados en Estados Unidos y usuarios norteamericanos. Sin embargo, la inversión sigue a la espera de más información y decisiones en torno a incentivos, costos, programas para satisfacer las necesidades de mano de obra especializada y compromisos para mejorar el panorama general de las inversiones. La ventana de oportunidad se está cerrando rápidamente, pues los semiconductores requieren capital y tiempo: las empresas están hoy planeando ciclos de infraestructura que pueden extenderse hasta una década. México y Estados Unidos corren el riesgo de perder esta oportunidad generacional y, con ella, una oportunidad crucial para mejorar las relaciones bilaterales.

Este artículo—uno de los primeros en abordar este tema crítico, pero poco estudiado—evalúa el panorama actual y delinea un camino a seguir en combinación con [la reciente publicación del Instituto](#) en la Conferencia sobre Semiconductores de América del Norte. La primera sección presenta una introducción a las cadenas de producción de semiconductores. La segunda rastrea los orígenes de la demanda de un *reshoring* norteamericano de semiconductores y analiza la cooperación bilateral hasta la fecha. Después se profundiza en los sectores de la cadena de producción cuya reubicación en México es comercialmente viable y señala los obstáculos que detienen la inversión. Por último, el artículo ofrece recomendaciones para los gobiernos, la industria y la academia en México y Estados Unidos tales como:

- poner en marcha una estrategia de reclutamiento enfocada en la manufactura *back-end-of-line* que aumente la transparencia de costos y aproveche la sinergia con los usuarios finales norteamericanos;
- tomar acción inmediata para reducir la curva de costos, incluyendo paquetes de incentivos coordinados por México a nivel federal y estatal, así como programas binacionales de formación de mano de obra;
- comprometerse a acciones a mediano plazo que aumentarán las posibilidades de inversión, incluyendo proyectos de infraestructura fronteriza, reformas para modernizar las aduanas, armonización regulatoria y cooperación en seguridad;
- explorar formas creativas para impulsar la colaboración, como eventos ambulantes de inversión, programas de apoyo técnico, financiamiento de exportaciones y proyectos y un laboratorio binacional de investigación y desarrollo.



DESGLOSE DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE SEMICONDUCTORES

Los semiconductores son circuitos electrónicos miniatura, estratificados en láminas delgadas de silicio. Un único chip puede contener miles de millones de nanotransistores en unos cuantos centímetros cuadrados de material.

Aunque se producen más de 30 tipos, los chips pueden clasificarse en tres categorías: lógicos; de memoria; y discretos, análogos y otros (DAO). Los chips lógicos, por ejemplo, los microprocesadores y los microcontroladores, procesan datos y sirven como el «cerebro» del cómputo. Los chips de memoria, cuyo ejemplo más común son las memorias DRAM y NAND, guardan la información necesaria para las operaciones. Los chips DAO transmiten, reciben y transforman información.

Los semiconductores manufacturados en «nodos» más pequeños son generalmente más poderosos: los chips de vanguardia actuales miden entre tres y cinco nanómetros (5 nanómetros equivalen, aproximadamente, a 10 átomos). Sin embargo, los nodos maduros siguen siendo cruciales en sectores clave, como la electrónica de autos y defensa. Además, los nodos más pequeños tienen menos beneficios para los chips DAO que se usan en funciones como el manejo de corriente, las lecturas de sensor y la comunicación.

A pesar de ser sorprendentemente complejas, las cadenas de producción de semiconductores modernas pueden dividirse en siete segmentos discretos:⁴

- 1. Investigación y desarrollo (I&D):** la investigación y el desarrollo impulsan el progreso de los otros seis segmentos, e incluyen la investigación precompetitiva, exploratoria y competitiva, así como la elaboración de prototipos.

2. **Diseño:** el diseño implica determinar cómo deben operar los chips (especificación), crear un modelo esquemático y una distribución física de los componentes de los chips (diseño lógico y físico) y asegurarse de que el diseño funcione como fue planeado (validación y verificación).
3. **Automatización Electrónica de Diseño (AED) y Núcleo de Propiedad Intelectual (IP):** AED y PI son componentes esenciales del diseño de chips. AED consiste en un programa especializado usado para diseñar semiconductores. El núcleo de PI se refiere a los bloques arquitectónicos reutilizables autorizados por compañías de diseño para formar las estructuras de sus chips.
4. **Fabricación:** la fabricación, que ocurre en instalaciones avanzadas de manufactura (conocidas como «*fabs*»), consiste en imprimir los circuitos integrados en láminas, cada una de las cuales puede contener desde cientos hasta cientos de miles de chips.
5. **Montaje, pruebas y embalaje (MPE):** MPE es el proceso de dividir una lámina terminada en chips separados, montando cada chip en un marco con cables que lo conectan con dispositivos externos, envolviéndolo en una caja protectora y probando que funcione correctamente. Después de la fase MPE, los chips son distribuidos para el montaje de dispositivos e integrados en productos que compran los consumidores.
6. **Equipo de manufactura de semiconductores (EMS):** EMS engloba más de 50 categorías de equipo especializado que usa para la fabricación y para la fase MPE. Las herramientas de litografía, uno de los componentes más complejos y costosos de la fabricación, se usan para trazar patrones en las láminas a través de luz ultravioleta que reacciona a los químicos fotorresistentes.
7. **Materiales:** tanto la fabricación como la fase MPE requieren cientos de materiales y químicos especializados, muchos de los cuales también requieren de tecnología avanzada para su producción.

La manufactura *front-end-of-line* (fabricación) es más sofisticada y costosa que la manufactura *back-end-of-line manufacturing* (MPE), que sin embargo requiere de inversiones significativas en instalaciones especializadas. Los fabricantes de dispositivos integrados (FDI), como Intel y Texas Instruments (TI), se ocupan del diseño, fabricación y la fase MPE internamente. Los FDIs compiten principalmente con compañías de semiconductores que no cuentan con instalaciones avanzadas de manufactura (*fabless*), siguiendo un modelo que inició en los años 80 y 90 del siglo pasado. Las empresas *fabless* diseñan y venden chips, pero delegan la fabricación a «fundidoras» como, por ejemplo, la Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC). Después, sus chips son enviados para la fase MPE a compañías externas de montaje y prueba de semiconductores (CEMPS) como Amkor.

El auge del modelo *fabless*/fundidora, sumado a la ligereza y pequeño tamaño de los chips, contribuyó a una notable dispersión geográfica de las cadenas de suministro de semiconductores en las últimas décadas (ver Figura 1 para una representación estilizada). Durante su proceso de manufactura, los productos pueden cruzar fronteras internacionales más de 70 veces en periodos de hasta 100 días.⁵

FIGURA 1: LA DISPERSIÓN GLOBAL DE LAS CADENAS DE PRODUCCIÓN DE SEMICONDUCTORES



Fuente: Milken Institute (2023), basado en Syed Alam et al., Accenture (2022), https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-172/Accenture-Semiconductor-Value-Chain-Report.pdf, p. 17

Empero, la dispersión está combinada con una especialización geográfica extrema, que provoca diversas vulnerabilidades y puntos críticos. Estados Unidos, donde los semiconductores se han desarrollado desde la década de 1950, es líder en actividades de investigación y desarrollo, incluyendo AED, PI y diseño de chips. No obstante, la fabricación y la fase MPE están dominadas por Taiwán, Corea del Sur y China. Toda la fabricación avanzada de chips lógicos se concentra en Taiwán y Corea del Sur, así como el 75 por ciento de la fabricación total de láminas.⁶ Adicionalmente, Taiwán y China suman más del 60 por ciento de la capacidad mundial de MPE.⁷ En contraste, EUA ya no cuenta con capacidad de fabricación de vanguardia y sólo tiene el 10 por ciento de la capacidad global de fabricación y 3 por ciento de la capacidad global de MPE.⁸



LA DEMANDA POR LO 'MADE IN THE AMERICAS'

Dos cambios mayores acabaron con décadas de aceptación de la creciente dependencia del extranjero por parte del gobierno y la industria estadounidenses: las ya mencionadas perturbaciones en las cadenas de suministro debidas a la pandemia de COVID-19 y la intensificación de las tensiones geopolíticas entre EUA y China. China, que en 2019 representaba el 60 por ciento de la demanda global de semiconductores, trazó metas ambiciosas para su industria local hace más de dos décadas y, más recientemente, estableció el objetivo de abastecer el 80 por ciento de la demanda doméstica a través de la producción doméstica, como parte de la estrategia «Made in China 2025».⁹ La industria no ha logrado alcanzar estas metas, quedando detrás de la vanguardia y altamente dependiente de la tecnología extranjera, pero alcanzando una porción significativa del mercado mundial, particularmente en MPE y fabricación de chips tradicionales. En 2022, la Semiconductor Industry Association (SIA) encontró que las compañías chinas habían registrado incrementos veloces de ganancias a través de todos los segmentos de la cadena de suministro, y predijo que su industria podría acaparar hasta el 17.4 por ciento del mercado global dentro de tres años.¹⁰ Los crecientes temores de una invasión de Taiwán por parte de China resultan igualmente preocupantes para Estados Unidos, pues la isla fabrica más del 90 por ciento de los chips más avanzados diseñados por empresas estadounidenses de semiconductores.¹¹

En respuesta, EUA está siguiendo una estrategia de «proteger y promover», con el objetivo de desacelerar el progreso chino y catapultar la producción local.¹² El gobierno de Biden, a partir de las restricciones a la sección 301 de tarifas y uso de listados de entidades y reglamento sobre productos extranjeros, implementadas por la administración de Trump, agregó controles de exportación extensivos adicionales en octubre de 2022, que restringieron severamente la capacidad de China de acceder a semiconductores avanzados y convencieron a Países Bajos y Japón (los líderes globales de EMS avanzados) de hacer lo mismo. Junto a estas acciones ejecutivas, el congreso estadounidense pasó la Ley CHIPS en diciembre de 2020 y asignó financiamiento para su ejecución a través de CHIPS and Science Act en agosto de 2022, con el fin de aumentar la fiabilidad de la cadena de suministro, mejorar la competitividad internacional y reducir la dependencia ante China. La legislación asignó 39 mil millones de dólares en incentivos para fabricación, incluyendo 2 mil millones para chips tradicionales usados en automóviles y sistemas de defensa; 13.2 mil millones

en I&D y formación de mano de obra y 500 millones para seguridad de CTI internacional y actividades de la cadena de producción de semiconductores (ver Tabla 1). Adicionalmente, el decreto estableció un crédito fiscal a la inversión de 25 por ciento para gastos de capital en semiconductores y fabricación de EMS basados en Estados Unidos, acompañado de la imposición de límites estrictos que prohíben la inversión en China por parte de las empresas beneficiadas durante los próximos 10 años, limitando también la transferencia de tecnología.

TABLA 1: EL FONDO CHIPS FOR AMERICA

Programa	Asignación
Incentivos de manufactura de departamento de comercio (DC)	\$39 mil millones
Investigación y desarrollo del DC	\$11 mil millones
Bienes comunes microelectrónicos del departamento de defensa	\$2 mil millones
Fondo para innovación y tecnología de seguridad internacional	\$500 millones
Fondo para Educación y Mano de Obra	\$200 millones

Fuente: Milken Institute (2023), usando datos de CHIPS Act of 2022, Pub. L. No. 117-167, Div. A (2022)

Al fomentar una avalancha de inversiones basadas en EUA y marcar la pauta de la nueva carrera global por la producción de chips, la Ley CHIPS está catalizando una reestructuración radical de la industria global de semiconductores. Para enero de 2023, más de 35 empresas en Estados Unidos comprometieron cerca de 200 mil millones de dólares para proyectos en 16 estados.¹³ Un reporte de la industria publicado en 2020 estimó que una inversión gubernamental comparable a la Ley CHIPS incrementaría la producción estadounidense a un 14 por ciento de la producción global para 2030.¹⁴ En respuesta, la Unión Europea y Japón se han movido rápidamente para desarrollar sus propios paquetes incentivos. Este éxito inicial, así como la respuesta que ha provocado, han cambiado la atención de EUA hacia la implementación local y las alianzas internacionales necesarias para aumentar la resiliencia.

En este macrocontexto, EUA y México han dado pasos importantes para fortalecer la cooperación en semiconductores en los últimos dos años. En septiembre de 2021, Biden y López Obrador anunciaron la creación de grupos de trabajo para cadenas de suministro de semiconductores como parte del relanzamiento del programa Diálogo Económico de Alto Nivel (DEAN).¹⁵ A partir de esta base, EUA y México también trabajan con Canadá para fomentar la cooperación trilateral en torno a la resiliencia de las cadenas de suministros de semiconductores.¹⁶ En enero de 2023, durante la Cumbre de Líderes de América del Norte (CLAN), se comprometieron a trabajar con los sectores privado y académico para identificar lugares de inversión, implementar un programa piloto que determine la viabilidad del nearshoring de la fabricación de semiconductores y mapear cadenas de suministro de semiconductores regionales. En seguimiento a un evento bilateral organizado por México en agosto de 2022, los funcionarios norteamericanos reafirmaron el compromiso compartido en mayo de 2023 durante la Conferencia Trilateral para Semiconductores de América del Norte en Washington DC. Al mismo tiempo, acordaron hacer de la industria de semiconductores una prioridad clave del nuevo Comité Ministerial sobre Competitividad Económica de América del Norte.

Estos objetivos vienen de la mano de esfuerzos extensivos de parte del sector privado, universidades y estados mexicanos, una iniciativa de nearshoring del Inter-American Development Bank (IDB) y discusiones sobre incentivos mexicanos entre Biden y López Obrador.¹⁷ Sin embargo, varios cambios en el liderazgo de la Secretaría de Economía han alargado el progreso, debido a la pérdida de conocimiento institucional.¹⁸ La implementación sigue siendo limitada y, hasta el momento en que se escriben estas líneas, no se han anunciado nuevas inversiones por parte de México.



IDENTIFICAR LA VENTAJA MEXICANA

A pesar de esta estructura cooperativa, la integración significativa de México a las cadenas de producción de semiconductores de EUA no será fácil. Cualquier entrada a un sector nuevo presenta grandes desafíos. La tarea se vuelve aún más complicada por las circunstancias que llevaron a la concentración geográfica de la industria de semiconductores: altos costos, especialización extrema, amplia complejidad técnica y la consecuente necesidad de trabajadores calificados, así como los beneficios de las co-locaciones y locaciones a escala. Establecer prioridades a partir de la viabilidad comercial es esencial para el éxito.

Hasta la fecha, los funcionarios mexicanos han expresado interés en atraer una gama de segmentos de la cadena de producción. Si tomamos en cuenta la capacidad existente de México, las brechas en las cadenas de suministro de EUA y las ventajas competitivas de México resaltan dos posibilidades: instalaciones MPE/CEMPS y materiales MPE como las tarjetas de circuitos impresos (TCI), substratos, marcos de plomo y cables de enlace. Al concentrarse en MPE, México puede posicionarse como una alternativa para las empresas que busquen diversificar más allá de las cadenas de producción centradas en Asia. De ser exitoso, un ecosistema back-end puede servir como plataforma de expansión hacia sectores *upstream* y segmentos de más valor, así como para crear una red de usuarios finales *downstream*, incluyendo ensambladores de dispositivos.

Capacidad existente

La capacidad de manufactura MPE de México, aunque pequeña y geográficamente dispersa, ofrece un punto de partida que se puede desarrollar. Actualmente hay cuatro instalaciones de MPE operadas por empresas extranjeras en estados de la frontera norte y en la región del Bajío. Texas Instruments, que fabrica chips DAO para los mercados industriales, automotrices y de electrónicos personales, tiene una planta de MPE en Aguascalientes desde 1984. Skyworks, un fabricante de DAO especializado en chips que posibilitan la comunicación inalámbrica tiene dos plantas en Mexicali, Baja California: una para servicios de montaje y otra para servicios de prueba y finalización. Infineon Technologies, una empresa alemana de DAO, empezó a operar en Tijuana en 2001 y anunció una inversión de 40 millones de dólares para expandir la capacidad de producción en 2018.¹⁹

Las exportaciones mexicanas de circuitos electrónicos integrados (HS 8542) y diodos, transistores y semiconductores similares (HS 8541) estuvieron apenas por debajo de los 3.5 mil millones de dólares y 615 millones de dólares en 2021. Se trata de fracciones pequeñas de la producción global y en marcado contraste con importaciones por 21.9 mil millones y 3.4 mil millones de dólares, respectivamente.²⁰

La red de abastecimiento de México tiene un potencial significativo, pero es más difícil de rastrear, especialmente en el segundo y tercer nivel. Texas Instruments, por ejemplo, depende ampliamente de fabricantes locales de componentes para satisfacer las necesidades de su planta en Aguascalientes. Casi la mitad de sus varios cientos de proveedores están en México, de los cuales aproximadamente la mitad está en Aguascalientes. Más generalmente, el éxito de México en la manufactura de componentes podría ocasionar que los contratistas y subcontratistas existentes expandan sus líneas de producción o giren hacia la producción de materiales para semiconductores. Esto constituye una oportunidad potencial de crecimiento para estados como Jalisco, hogar de una vibrante escena tecnológica. Una comprensión más avanzada de este ecosistema y la difusión de esta información entre inversionistas potenciales será esencial tanto para materializar las ambiciones de México de desarrollar nuevas instalaciones de MPE/CEMPS como para alcanzar los objetivos de competitividad y resiliencia de EUA.

Brechas en el abastecimiento de EUA

Los materiales MPE/CEMPS y MPE también presentan importantes oportunidades para que México se beneficie del boom de inversiones en semiconductores en Estados Unidos. Después de todo, la Ley CHIPS se enfoca en la relocalización de la fabricación de semiconductores para Estados Unidos. Este objetivo ha alimentado tensiones con otros aliados de EUA, incluyendo a la Unión Europea. El presidente francés Emmanuel Macron ha llegado a acusar a Biden de fomentar políticas que «van a fragmentar al Occidente».²¹ México, en contraste, puede capitalizar la derrama derivada de los subsidios e incentivos estadounidenses al enfocarse en las áreas que los funcionarios de EUA han señalado directamente como puntos vulnerables en la cadena de suministro cuya reubicación no tiene un costo competitivo.

Si se lee en tándem con la Ley CHIPS y el plan de implementación del Departamento de Comercio, el análisis *100-Day Review of Semiconductor Manufacturing and Advanced Packaging*, propuesto por el gobierno de Biden, ofrece un plan de nearshoring para México y otros países interesados.²² Este estudio identifica la escasa capacidad de EUA en la producción de materiales MPE/CEMPS y MPE como un riesgo importante para la resiliencia de las cadenas de suministro, debido a una extrema dependencia de fuentes extranjeras concentradas en Asia. De acuerdo con un estudio, EUA tiene únicamente el 3 por ciento de la capacidad global de MPE y ningún proveedor comercial y tecnológicamente competitivo de TCIs y substratos.²³ En contraste, 81 por ciento de la capacidad global de MPE y 95 por ciento de los proveedores de substratos se concentran en Asia, mientras que 80 por ciento de la capacidad global de producción de TCI se encuentra en China. Por lo tanto, la mayor parte de los chips fabricados en Estados Unidos deben todavía ser mandados a China para la fase MPE.

Sin embargo, es probable que los esfuerzos de EUA para reubicar la fabricación MPE se concentren de forma casi exclusiva en el embalaje avanzado, que se deriva del embalaje tradicional e incluye el uso de técnicas innovadoras para colocar chiplets y/o más de un circuito integrado en un paquete. En la Ley CHIPS se asignaron 2.5 mil millones de dólares para lanzar un Programa Nacional de Manufactura de Embalaje Avanzado. Este programa se concentra en I&D y permite, aunque no requiere, que los 3.9 mil millones de dólares en incentivos para manufactura se dirijan a MPE. La estrategia de implementación incluye varias referencias a manufactura back-end, pero establece claramente que las prioridades son la expansión de la fabricación y el refuerzo del liderazgo en I&D.²⁴ Es probable que Estados Unidos enfrente algunas dificultades para satisfacer las demandas de MPE de las 23 nuevas fabs y las 9 expansiones de fabs impulsadas por CHIPS Act. En cualquier caso, necesitará socios para llenar el vacío restante en MPE tradicional para chips maduros y de generaciones actuales.

Ventajas Competitivas

Priorizar el desarrollo de un ecosistema MPE colocaría a México en competencia directa con países del sudeste asiático, como Malasia y Tailandia, que también están buscando capitalizar la competencia tecnológica entre EUA y China.

Sin embargo, México tiene varias ventajas clave a pesar de sus limitaciones. La primera es la proximidad geográfica. Estados Unidos y México comparten una frontera de más de 3,000 kilómetros con 47 vías de entrada terrestres activas. La proximidad no ha jugado tradicionalmente un papel importante en la configuración de las cadenas de producción de semiconductores debido al bajo costo del transporte de chips. Las perturbaciones de la cadena de suministro y la creciente complejidad de la manufactura back-end, que aumenta los beneficios de ubicar las manufacturas back-end y front-end en el mismo lugar, están cambiando esta situación.

Casi 40 por ciento de las fabs de Estados Unidos se encuentran en zonas fronterizas, incluyendo el nuevo centro de producción de TSMC, valuado en 40 mil millones de dólares, así como proyectos importantes de Intel, TI y Samsung en Arizona, Nuevo México y Texas. (ver Tabla 2).²⁵

TABLA 2: INVERSIONES EN SEMICONDUCTORES EN ESTADOS FRONTERIZOS DE EUA, MAYO 2020-ENERO 2023

Estado	Ciudad/Condado	Compañía	Inversión (en mil millones)	Tipo de inversión	Empleos
Arizona	Chandler	Intel	\$20	Nuevo (2 fabs)	3,000
Arizona	Phoenix	TSMC	\$40	Nuevo (2 fabs)	4,500
California	Fremont / San Jose	Western Digital	\$350	Expansión	240
Nuevo México	Rio Rancho	Intel	\$3.5	Expansión	700
Texas	Taylor	Samsung	\$17	Nuevo	2,000
Texas	Sherman	Texas Instruments	\$30	Nuevo (4 fabs)	3,000
Texas	Richardson	Texas Instruments	\$6	Expansión	800
Texas	Austin	NXP	\$2.6	Expansión	800

Fuente: Semiconductor Industry Association (2022)

La segunda ventaja importante de México es el acuerdo entre EUA, México y Canadá (T-Mec), que convierte a México en el único socio comercial de EUA planeando invertir en manufactura back-end. Aunque no es perfecto, el T-Mec aseguró acceso preferencial al mercado, modernizó las reglas comerciales relevantes para la industria de semiconductores y, al fortalecer el cumplimiento de derechos laborales y ambientales, ayudó a mitigar las barreras políticas en EUA que durante mucho tiempo habían obstaculizado el apoyo a la coproducción con México. La SIA aplaudió una amplia gama de las disposiciones del acuerdo, incluyendo nuevas regulaciones para la criptografía comercial y las empresas estatales; protección y cumplimiento fortalecidos de los secretos comerciales; nuevas reglas para el comercio digital, incluyendo una prohibición de la localización forzada; y un compromiso de no imponer impuestos o tasas aduanales en productos digitales.²⁶ Además, algunas de las disposiciones más controversiales del acuerdo, como las normas de origen estrictas diseñadas para incentivar la producción norteamericana de autos y autopartes, podrían llevar a la industria automotriz a presionar a las compañías de semiconductores para que reubiquen su manufactura de acuerdo con un esquema de nearshoring.

La tercera ventaja de México, estrechamente relacionada con la segunda, es que su profunda integración económica con EUA está concentrada en sectores que dependen ampliamente de los chips, como los autos, autopartes, aeronáutica, CTI y electrónicos, lo que crea oportunidades únicas para beneficiarse de las sinergias entre distintos sectores industriales. La industria automotriz norteamericana, que representa la quinta parte de la producción mundial, es un ejemplo de primer orden. La escasez de chips en tiempos de pandemia afectó gravemente a compañías de autos y autopartes en EUA y México, lo que resultó en déficits de producción significativos que llevaron a pérdidas de decenas de miles de millones de dólares a ambos lados de la frontera, así como a devastadores recortes de personal y reducción de turnos en México.²⁷ Los fabricantes de autos están respondiendo con esfuerzos

para satisfacer su necesidad de chips, que está inflándose debido a la creciente producción de VEs y a la demanda de sistemas avanzados de asistencia de manejo. General Motors, por ejemplo, firmó un acuerdo sin precedentes con GlobalFoundries en febrero de 2023 para garantizar el acceso a chips manufacturados en EUA.²⁸ La búsqueda de resiliencia, combinada con los requisitos para subsidios de VE en Norteamérica establecidos por el decreto estadounidense para reducir la inflación, puede aumentar la presión para que las fabs estadounidenses recurran a México para sus procesos de manufactura back-end.

Panorama del futuro

Los funcionarios mexicanos han expresado un fuerte interés por atraer actividades de mayor valor agregado además de la manufactura MPE, señalando el centro de diseño de Intel en Guadalajara como prueba de competitividad. Es posible que en el futuro surjan oportunidades, pero probablemente sean escasas en el corto plazo, dada la ventaja competitiva de EUA y los gastos extensivos en segmentos de I&D a partir de la Ley CHIPS.

Sin embargo, México puede abrirse paso en otras áreas. Una opción que valdría la pena explorar, aunque como prioridad de segundo orden, es la de las materias primas, químicos y gases usados en la manufactura de semiconductores. México, por ejemplo, produce o tiene la capacidad de producir muchos minerales clave usados por la industria de semiconductores, incluyendo grafito, plomo, selenio y manganeso.²⁹ No obstante, la industria ha expresado serias preocupaciones sobre la nacionalización gubernamental de las reservas de litio, que podría obstaculizar la transición a un suministro regional. Además, el procesamiento y refinamiento de minerales esenciales sigue estando dominado por China, lo que reduce la resiliencia hasta que haya alternativas disponibles.

La industria de semiconductores también depende ampliamente de químicos y gases obtenidos como subproductos en otras industrias, que podrían ser suministrados por México, dado su poder de manufactura. Estos también deberían tener una prioridad más baja, debido a los efectos de derrama limitados y los esfuerzos por parte de la industria para reemplazar los insumos dañinos con el medio ambiente, como los hidrofluorocarburos.

El montaje de dispositivos, aunque no típicamente reconocido como parte de la cadena de producción de semiconductores, presenta un prospecto más interesante. Como ocurre con la fase MPE, el dominio chino en el montaje de dispositivos agrava los desafíos de resiliencia para EUA, al reproducir las dependencias en la fase final de la producción. Foxconn— el fabricante de productos electrónicos por contrato más grande del mundo— y otros proveedores taiwaneses como Pegatron, Quanta Computer, Compal Electronics e Inventec están ya aumentando su capacidad en México para satisfacer la creciente demanda y, en respuesta a peticiones de los clientes, reflejando el poder de los usuarios finales.³⁰ La integración de México a las cadenas de suministro de semiconductores no haría más que aumentar este flujo de inversiones.



LOS OBSTÁCULOS HACIA UNA INTEGRACIÓN MÁS PROFUNDA

A pesar de estas ventajas, aún quedan obstáculos importantes. Los países del este y el sudeste asiáticos, que actualmente dominan la manufactura back-end, tienen décadas de experiencia trabajando en la industria de semiconductores y son la sede de ecosistemas de microelectrónicos bien establecidos. Varios países, incluyendo a China, se benefician de bienes intangibles derivados de la profunda integración de la industria en sus economías en la misma medida en la que se benefician del capital humano y los altos niveles de apoyo directo e indirecto.³¹ En Taiwán, por ejemplo, las ganancias de la industria de semiconductores constituyen el 15 por ciento del PIB y representan la tercera parte de la capitalización del mercado bursátil local.³² Desde un punto de vista industrial, estas cifras implican una influencia importante en la gobernanza.

También hay impedimentos serios y tangibles, muchos de los cuales ya están siendo atendidos industriosamente por el gobierno mexicano. El primero de estos se relaciona con los temas, estrechamente relacionados, de competitividad de costos y disponibilidad de datos. Los altos costos de la producción de semiconductores hacen que esta sea una de las industrias más subsidiadas del mundo. Por lo tanto, los incentivos diseñados para aplanar la curva de costos están siendo rápidamente reconocidos como prerrequisito para entrar en el juego, incluso en los sectores back-end relativamente menos costosos a los que debería apuntar México. Para México, paquetes de incentivos bien diseñados por el gobierno federal y los gobiernos estatales también significarán una ayuda para resolver un asunto de coordinación: en una industria que se beneficia de la co-locación, es más probable que las empresas se muevan en grupo que individualmente. Los informes indican que el gobierno federal estaba desarrollando un paquete de incentivos específicos para presentar a las empresas de semiconductores a finales de 2022. Sin embargo, parece que los funcionarios han cambiado de estrategia y actualmente están promoviendo oportunidades creadas por

el Plan Sonora y el Corredor Interoceánico, dos de las principales iniciativas de desarrollo económico impulsadas por López Obrador. De ser implementados, los incentivos federales determinados complementarían los paquetes estatales que algunos gobernadores han presentado individualmente a la industria desde el año pasado.

No obstante, la baja visibilidad del costo total de propiedad (CTP), un desafío derivado de la presencia limitada de la industria en México, es igualmente significativa. Tras examinar los costos de reubicación de MPE, un analista de la industria cita datos de Intel que estiman costos de entre 650 y 875 millones de dólares para reubicar instalaciones de MPE de China hacia otro país, así como datos de Amkor que estiman que gastos iniciales de entre 200 y 250 millones de dólares para su nueva planta en Vietnam.³³ Sin embargo, como señala el mismo reporte, las compañías que busquen entender el CTP necesitan información sobre costos de servicios, mano de obra y cumplimientos normativos, entre otros aspectos, además de construcción y bienes raíces.

La mano de obra presenta otro importante desafío para la industria. A pesar de tener una amplia reserva de trabajadores calificados, México aún está detrás de muchos de sus competidores en la carrera por la inversión en talentos clave para la manufactura back-end, incluyendo el porcentaje de la fuerza de trabajo con educación media y el alcance de la formación de personal.³⁴ Empresas globales de semiconductores—Intel, por ejemplo—suelen pedir dominio del inglés, lo que agrega otro requisito para los candidatos. Específicamente, la industria necesita mano de obra altamente especializada para muchas de sus categorías profesionales, un desafío a menudo resuelto a través de colaboraciones cercanas con organizaciones de desarrollo económico (ODEs), universidades y escuelas técnicas y otros jugadores clave para construir una cartera de talentos.

El gobierno mexicano está haciendo avances importantes hacia el establecimiento de un acuerdo de este tipo con la Arizona State University (ASU).³⁵ Michael Crow, presidente de la ASU, y Esteban Moctezuma Barragán, embajador de México en EUA, firmaron un memorándum en 2022 para crear una alianza de universidades mexicanas y estadounidenses con fabricantes de microelectrónicos enfocada en la formación de trabajadores. El programa, basado en la exitosa colaboración entre ASU y Vietnam, todavía necesita financiamiento externo para alcanzar a satisfacer las necesidades.

También surgen retos legales y de infraestructura. El agua limpia y la energía fiable son prerequisites para las instalaciones de semiconductores. El Plan Sonora incluye inversiones mayores para mejorar la infraestructura de logística y la producción y transmisión de energía limpia, cuyo acceso es una de las prioridades para las principales industrias que buscan reducir su huella de carbono. Sin embargo, la industria ha expresado preocupaciones serias por la controvertida política energética del gobierno mexicano que es un tema de disputa intensa entre los Gobiernos de EUA y Mexico.³⁶ El Corredor Interoceánico tiene como objetivo generar crecimiento y prosperidad en los estados más pobres y menos desarrollados del sur de México, mediante la creación de un corredor logístico y de manufactura entre los estados costeros del Pacífico y del Atlántico, Veracruz y Oaxaca. El plan, concebido como una alternativa terrestre al Canal de Panamá, es poco probable que atraiga a las empresas de semiconductores, a pesar de sus incentivos fiscales, debido a desventajas como un plan de desarrollo a largo plazo y su distancia de las regiones industriales más productivas en México y en los Estados Unidos.

La infraestructura de transporte presenta una situación igualmente complicada. En julio de 2022, EUA y México acordaron una inversión conjunta de 5 mil millones de dólares para modernizar entradas terrestres en ambos lados de la frontera. Se trata de inversiones cruciales que aumentarán el atractivo de México como destino de inversión al reducir largos periodos de espera. Sin embargo, la creciente crisis de seguridad en México está creando graves problemas que, además del trágico costo humanitario, se reflejan en un aumento de robos en carreteras y ferrocarriles, lo cual socava su posición como un socio estable en la cadena de suministro alternativa.³⁷ La reorganización de las aduanas mexicanas a manos de la autoridad militar, que busca combatir la corrupción generalizada, ha creado una serie de nuevos problemas, incluyendo retrasos en procesos administrativos y la reducción de la transparencia.³⁸

El Milken Institute Global Opportunity Index permite una comparación directa entre el atractivo que México y el de sus principales competidores presentan ante inversionistas internacionales, lo que ayuda a poner de relieve la escala de estos amplios desafíos para el clima de inversión.³⁹ El desempeño de México está firmemente posicionado en el bloque intermedio de los países de ingresos medio del G20, con un puntaje ligeramente superior al promedio en fundamentos económicos y estándares internacionales, pero debajo del promedio en otras categorías, incluyendo servicios financieros. No obstante, los actuales líderes en MPE (China, Corea del Sur, Taiwán) y los destinos emergentes (Malasia, Tailandia) superan a México en casi cualquier categoría (ver Tabla 3). Costa Rica, sede de una planta de MPE de Intel, también tiene un desempeño superior al de México, lo que anticipa la competencia que puede surgir en zonas más cercanas.

TABLA 3: EVALUACIÓN DEL CLIMA DE INVERSIÓN EN MÉXICO

País	GOI rango 2023	Percepción empresarial	Fundamentos económicos	Servicios financieros	Marco institucional	Estándares internacionales
Corea del Sur	22	21	44	2	21	31
Malasia	27	27	30	24	22	48
Tailandia	33	19	23	32	45	58
Costa Rica	45	73	15	59	40	55
China	40	31	52	28	38	69
México	56	51	48	69	57	53
Vietnam	68	72	42	63	92	72

Fuente: Milken Institute (2023)



RECOMENDACIONES

La industria de semiconductores es fundamental para la economía global contemporánea, pues produce la tecnología clave que impulsa al mundo digital. La Ley CHIPS abrió una oportunidad única para construir cadenas de suministro integradas regionalmente en Norteamérica, que pueden catapultar la competitividad de EUA, catalizar el crecimiento y la prosperidad de México y fortalecer la relación bilateral en un momento crucial. Las empresas están explorando activamente las posibilidades de ubicar su manufactura en México, así como establecer contratos con proveedores y compañías de montaje en el país.

Sin embargo, hay una serie de desafíos que deben ser superados para optimizar las posibilidades. El abordaje irregular de México, a menudo insuficiente en ámbitos como la transparencia y la colaboración entre entidades federales y estatales, amenaza sus posibilidades de reclutamiento al no poder ofrecer la estabilidad y la certeza que buscan las empresas antes de hacer inversiones de miles de millones de dólares. La ventana de oportunidades se está cerrando rápidamente y puede cerrarse antes del próximo DEAN y CLAN, el próximo otoño, que tendrá lugar el próximo otoño. La industria ahora está haciendo inversiones de capital contracíclicas que determinarán la trayectoria del sector para la siguiente década. México, EUA, las empresas y la academia deben concentrarse en cuatro áreas clave para realizar este potencial.

En primer lugar, México debe desarrollar y difundir una estrategia altamente dirigida para atraer manufactura back-end-of-line y formar grupos regionales que faciliten la sinergia con sus principales industrias. Subsumir la estrategia de semiconductores en los proyectos del Plan Sonora y el Corredor Interoceánico implica el riesgo de debilitarla. De forma similar, al concentrarse en demasiados segmentos de la cadena de suministro, en particular aquellos de alto valor agregado que probablemente se ubiquen EUA, México corre el riesgo de menoscabar su propuesta de inversión y desviar recursos valiosos de proyectos con más probabilidades de tener éxito. Una estrategia actualizada podía enfocarse en trabajar en conjunto con fabs estadounidenses recientemente expandidas, así como con usuarios finales de México y EUA, para atraer empresas de CEMPS que deberán conectarse con proveedores locales que puedan satisfacer sus necesidades de TCIs, substratos y otros materiales de back-end.

El ejercicio de mapeo de la cadena de producción anunciado en la CLAN debe de ser completado y expandido para incorporar talento laboral como [fue recomendado durante la Conferencia sobre Semiconductores de América del Norte](#). Si bien es una pieza necesaria, es también una parte insuficiente de este plan. Otro paso esencial será asegurar el fondeo público o privado de estudios de CTP, que ayudarían a calmar las preocupaciones de la industria al proveer información adicional acerca de los costos de todo el ciclo vital. Las empresas y la academia también tienen roles claros que jugar en este ámbito.

Asociaciones como la SIA son las mejor posicionadas para liderar un estudio de CTP y, en colaboración con la academia, podrían ayudar a aclarar qué requisitos hacen falta para desbloquear la inversión. La Conferencia sobre Semiconductores de América del Norte representó un paso fundamental que debería repetirse periódicamente junto con las reuniones del nuevo Comité Ministerial sobre Competitividad Económica de América del Norte. Las fabs estadounidenses y los usuarios finales a ambos lados de la frontera también podrían aumentar la presión sobre sus proveedores para que exploren más seriamente México en su búsqueda de caminos para reducir los altos costos de la manufactura doméstica.⁴⁰

En segundo lugar, los gobiernos federales y estatales mexicanos deben tomar acciones inmediatas para reducir la curva de costos. Muchos estados, incluyendo Jalisco y Nuevo León, ya están ofreciendo incentivos para atraer inversión en semiconductores. Desde el nivel federal, debería diseñarse un paquete de incentivos para atraer a los segmentos back-end-of-line específicamente destacados en el nuevo plan. Esta táctica de priorización, combinada con los menores costos de MPE/CEMPS, reduciría el costo global. Los incentivos, además de mejorar la competitividad de costos, también sirven como indicador de compromiso y como mecanismo de coordinación fundamental para ayudar a las empresas de múltiples segmentos e industrias a actuar en conjunto.

Más allá de los incentivos, las autoridades mexicanas deben actuar con rapidez para patrocinar y, si es necesario, subvencionar los esfuerzos de desarrollo de la mano de obra. El programa dirigido por la ASU constituye un buen punto de partida y constituiría un excelente candidato para recibir financiación del Fondo de Innovación en Tecnología y Seguridad Internacional CHIPS, dirigido por el Departamento de Estado. Las aportaciones de la industria, en particular los datos sobre mano de obra y educación que apoyen la capacitación, serán fundamentales para el éxito. Por último, el gobierno federal mexicano debería establecer un espacio único para los inversionistas en semiconductores, en el que se compartan datos y ofrezcan servicios de ombudsman para ayudarles a navegar el ecosistema de inversiones.

En tercer lugar, México y Estados Unidos deben anunciar una serie de compromisos a mediano plazo para mejorar el ecosistema de inversiones en Norteamérica, orientado hacia las cadenas de suministro de semiconductores. El relanzamiento de DEAN marca otro paso crucial en este camino, y proporciona una plataforma probada para lograr un progreso bilateral a partir de prioridades económicas compartidas. La creación del nuevo Comité Ministerial sobre Competitividad Económica de América del Norte también puede desempeñar un papel fundamental en la implementación de reformas claves. El Plan Sonora y el Corredor Interoceánico deberían enfocarse en inversiones para infraestructura que estimulen el dinamismo de sus regiones más competitivas para maximizar los posibles

beneficios de la oportunidad generacional del nearshoring. Estados Unidos también debe hacer su parte para alcanzar sus objetivos de nearshoring y resiliencia de las cadenas de producción. El compromiso conjunto para invertir 5 mil millones de dólares en infraestructura en la frontera y proyectos de modernización es un gran ejemplo de progreso, pero se queda corto de los niveles de gasto requeridos para cumplir la demanda que será generada por el crecimiento del comercio bilateral. Sin embargo, demasiados aspectos de DEAN y CLAN hasta la fecha implican el establecimiento de grupos de trabajo o la organización de encuentros. La industria veía con buenos ojos el progreso en la disputa del sector energético, la implementación de los compromisos de modernización de aduanas del T-Mec, la protección de la propiedad intelectual, la cooperación reglamentaria y la colaboración en materia de seguridad y ciberseguridad. Asimismo, una cooperación más intensa para atender las causas estructurales de la crisis de seguridad en México es esencial para la estabilidad regional y los prospectos económicos del país a largo plazo.

Por último, Estados Unidos y México deben encontrar formas creativas para impulsar la cooperación binacional a niveles federal y estatal. El Departamento de Estado debe dedicar a proyectos en México por lo menos 25 por ciento del Fondo Internacional para Seguridad Tecnológica e Innovación de CHIPS, concentrándose en el desarrollo de la mano de obra y un reporte de CTP durante el primer año. Inspirándose de la planeación de la Copa Mundial de la FIFA 2026™, SelectUSA y US EDOs podrían trabajar con los gobiernos federal y estatal mexicanos para organizar eventos que atraigan inversionistas de diferentes segmentos de la cadena de suministro. Una vez establecido, el programa nacional de manufactura avanzada de empaques podría explorar oportunidades de asistencia técnica para ayudar a México a desarrollar su capacidad de embalaje. El Banco de exportación e importación de EE.UU., la Corporación financiera de desarrollo y la Agencia de comercio y desarrollo podrían igualmente explorar oportunidades relevantes de financiación de exportaciones y proyectos, así como de preparación de proyectos de infraestructuras. La diplomacia subnacional e iniciativas de múltiples actores como la Conferencia sobre Semiconductores de América del Norte cumplen un rol esencial para complementar e informar iniciativas federales.

En un futuro, EUA y México podrían indagar en la posibilidad de formar un laboratorio internacional para I&D de semiconductores, ayudando a México a lograr su meta de posicionarse más alto en la cadena de valor. Una de las recomendaciones más convincentes de la Conferencia sobre Semiconductores de América del Norte fue la de explorar oportunidades de investigación trilateral a través del Centro Nacional de Tecnología de Semiconductores en EUA. Un programa exitoso de nearshoring, después de todo, requerirá de una visión a largo plazo y de una demostración clara de voluntad política por parte del gobierno estadounidense y, especialmente, del gobierno mexicano.



CONCLUSIÓN

En una relación bilateral a menudo definida por sus tensiones, fortalecer la cadena de producción de semiconductores entre EUA y México ofrece una oportunidad crucial para cultivar intereses compartidos al incrementar las oportunidades comerciales y la calidad de vida a ambos lados de la frontera. De tener éxito, el desarrollo de un ecosistema regional de semiconductores creará trabajos, aumentará la resiliencia y mejorará la competitividad de industrias con operaciones en Norteamérica. Sin embargo, lograr este objetivo no será tan fácil como atraer inversión en otros sectores. Los funcionarios mexicanos deben actuar rápidamente para priorizar los segmentos de manufactura back-end, capitalizar las sinergias entre distintos sectores y abordar los principales obstáculos para la inversión. A la vez, el gobierno de EUA debe aumentar los esfuerzos para apoyar a sus contrapartes federales y estatales mexicanas—incluyendo el financiamiento directo y la asistencia técnica—para maximizar los beneficios de la coproducción, tanto para fabs nuevas como existentes.

Es mucho lo que está en juego. Los avances reforzarían la cooperación regional y mejorarían la seguridad de Norteamérica en un mundo cambiante, mientras que el fracaso amenazaría con socavar la ley CHIPS estadounidense y los objetivos de desarrollo económico de México.

NOTAS FINALES

1. Syed Alam et al., *Harnessing the Power of the Semiconductor Value Chain* (Accenture, 2022), https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-172/Accenture-Semiconductor-Value-Chain-Report.pdf.
2. Ondrej Burkacky, Julia Dragon, and Nikolaus Lehmann, "The Semiconductor Decade: A Trillion-Dollar Industry," McKinsey & Company, April 1, 2022, <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/the-semiconductor-decade-a-trillion-dollar-industry>.
3. *Revitalizing the US Semiconductor Ecosystem* (President's Council of Advisors on Science and Technology, September 2022), https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/09/PCAST_Semiconductors-Report_Sep2022.pdf.
4. Saif M. Khan, Alexander Mann, and Dahlia Peterson, *The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness* (Georgetown Center for Security and Emerging Technology, January 2021), <https://cset.georgetown.edu/publication/the-semiconductor-supply-chain/>.
5. *Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, and Fostering Broad-Based Growth: 100-Day Reviews under Executive Order 14017* (The White House, June 2021), <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/100-day-supply-chain-review-report.pdf>.
6. Khan, Mann, and Peterson, *The Semiconductor Supply Chain*.
7. Khan, Mann, and Peterson, *The Semiconductor Supply Chain*.
8. Khan, Mann, and Peterson, *The Semiconductor Supply Chain*.
9. Michaela D. Platzer, John F. Sargent Jr., and Karen M. Sutter, *Semiconductors: US Industry, Global Competition, and Federal Policy* (Congressional Research Service, October 26, 2020), <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46581>.
10. Semiconductor Industry Association, "China's Share of Global Chip Sales Now Surpasses Taiwan's, Closing in on Europe's and Japan's," *Semiconductor Industry Association* (blog), January 10, 2022, <https://www.semiconductors.org/chinas-share-of-global-chip-sales-now-surpasses-taiwan-closing-in-on-europe-and-japan/>.
11. Richard Cronin, *Semiconductors and Taiwan's "Silicon Shield": A Wild Card in US-China Technological and Geopolitical Competition* (Stimson, August 16, 2022), <https://www.stimson.org/2022/semiconductors-and-taiwans-silicon-shield/>.
12. Chris Miller, *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology* (New York: Scribner, 2022).

13. Robert Casanova, "The CHIPS Act Has Already Sparked \$200 Billion in Private Investments for US Semiconductor Production," *Semiconductor Industry Association* (blog), December 14, 2022, <https://www.semiconductors.org/the-chips-act-has-already-sparked-200-billion-in-private-investments-for-u-s-semiconductor-production/>.
14. Antonio Varas et al., *Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing* (Boston Consulting Group and the Semiconductor Industry Association, September 2020), <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/09/Government-Incentives-and-US-Competitiveness-in-Semiconductor-Manufacturing-Sep-2020.pdf>.
15. The White House, "Fact Sheet: US–Mexico High-Level Economic Dialogue," September 9, 2021, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/09/09/fact-sheet-u-s-mexico-high-level-economic-dialogue/>.
16. The White House, "Joint Statement Following the 2022 US-Mexico High-Level Economic Dialogue," September 12, 2022, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/09/12/joint-statement-following-the-2022-u-s-mexico-high-level-economic-dialogue/>; The White House, "FACT SHEET: Key Deliverables for the 2023 North American Leaders' Summit," January 20, 2023, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/01/10/fact-sheet-key-deliverables-for-the-2023-north-american-leaders-summit/>.
17. Josh Wingrove and Akayla Gardner, "Biden Quietly Urges Mexico to Pounce on US Shift from Asia Chips," *Bloomberg*, January 10, 2023, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-01-10/-three-amigos-agree-to-meeting-on-semiconductor-investment#xj4y7vzkg>.
18. Kylie Madry, "Mexican Economy Minister Resigns, Dealing Blow to Trade Team amid US Talks," *Reuters*, October 6, 2022, <https://www.reuters.com/world/americas/mexican-economy-minister-resigns-dealing-blow-trade-team-amid-us-talks-2022-10-06/>.
19. "Semiconductor Manufacturer Infineon Readies US\$40 Million Expansion in Tijuana," *Mexico Now*, July 24, 2018, <https://mexico-now.com/semiconductor-manufacturer-infineon-readies-us-40-million-expansion-in-tijuana/>.
20. "International Merchandise Trade Statistics" (United Nations Statistics Division, UN COMTRADE, n.d.), <https://comtradeplus.un.org/>.
21. Alan Rappeport, Ana Swanson, and Jim Tankersley, "Biden Seeks to Resolve Trans-Atlantic Tensions during Macron Visit," *The New York Times*, December 1, 2022, <https://www.nytimes.com/2022/12/01/business/biden-macron-trade-eu-russia.html>.
22. *Building Resilient Supply Chains*.
23. John VerWey, *Re-Shoring Advanced Semiconductor Packaging* (Georgetown Center for Security and Emerging Technology, June 2022), <https://cset.georgetown.edu/publication/re-shoring-advanced-semiconductor-packaging/>.

24. *A Strategy for the CHIPS for America Fund* (The US Department of Commerce, September 6, 2022), <https://www.nist.gov/system/files/documents/2022/09/13/CHIPS-for-America-Strategy%20%28Sept%206%2C%202022%29.pdf>.
25. Casanova, “The CHIPS Act Has Already Sparked \$200 Billion in Private Investments for US Semiconductor Production.”
26. Devi Keller, “Re: Submission of the Semiconductor Industry Association on ‘United States-Mexico-Canada Agreement (USMCA): Likely Impact on the US Economy and on Specific Industry Sectors’ Investigation No. TPA-105-003,” December 14, 2018, <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2019/03/SIA-Comments-on-USMCA-ITC-Study-Final1.pdf>.
27. *Report to Congress on the Operation of the United States-Mexico-Canada Agreement with Respect to Trade in Automotive Goods* (Office of the United States Trade Representative, July 1, 2022), <https://ustr.gov/sites/default/files/2022%20USMCA%20Autos%20Report%20to%20Congress.pdf>; Anthony Esposito and Sharay Angulo, “In Mexico’s Auto Heartland, Workers Struggle as Chip Shortage Bites,” *Reuters*, November 24, 2021, <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/mexicos-auto-heartland-workers-struggle-chip-shortage-bites-2021-11-24/>.
28. General Motors, “GlobalFoundries and GM Announce Long-Term Direct Supply Agreement for US Production of Semiconductor Chips,” *PRNewswire*, February 9, 2023, <https://www.prnewswire.com/news-releases/globalfoundries-and-gm-announce-long-term-direct-supply-agreement-for-us-production-of-semiconductor-chips-301743257.html>.
29. Emily Crowley, Jose Sevilla-Macip, and Rafael Amiel, “Mexico Nearshoring Potential for Critical Minerals,” *S&P Global Market Intelligence*, July 26, 2022, <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/mi/research-analysis/mexico-nearshoring-potential-for-critical-minerals.html>.
30. Laily Li, “Taiwan’s Foxconn and Others Accelerate Investment in Mexico,” *Nikkei Asia*, January 24, 2023, <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Supply-Chain/Taiwan-s-Foxconn-and-others-accelerate-investment-in-Mexico>.
31. D/D Advisors, “Shenzhen Wasn’t Built in a Day,” *Digits to Dollars* (blog), January 25, 2023, <https://digitstodollars.com/2023/01/25/shenzhen-wasnt-built-in-a-day/>.
32. Cheng Ting-Fang and Laily Li, “Taiwan’s Economy Feels Heat as TSMC Feeds Global Chip Boom,” *Nikkei Asia*, February 9, 2021, <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Asia-Insight/Taiwan-s-economy-feels-heat-as-TSMC-feeds-global-chip-boom>.
33. Maya Averbuch, “Mexico Considers Incentives to Attract Semiconductor Investment,” *Bloomberg*, August 19, 22, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-08-19/mexico-considers-incentives-to-attract-semiconductor-investment#xj4y7vzkg>.
34. VerWey, “Re-Shoring Advanced Semiconductor Packaging.
35. “Global Opportunity Index–GOI,” Milken Institute Research Department on Github (data visualization), February 2023, <https://miresearch.github.io/Global-Opportunity-Index/>, adapted from Claude Lopez et al., *Global Opportunity Index 2023: Focus on Emerging*

Middle-Income G20 (Milken Institute, February 2023), <https://milkeninstitute.org/report/global-opportunity-index-2023-middle-income-G20>.

36. Mary Beth Faller, "ASU, Mexico Partner to Boost Production of Semiconductors in North America," *Arizona State University News* (blog), November 22, 2022, <https://news.asu.edu/20221122-global-engagement-asu-mexico-partner-boost-production-semiconductors-north-america>.
37. Dave Graham, "Energy Politics Cloud Mexican Bid to Join US Semiconductor Rush," *Reuters*, December 14, 2022, <https://www.reuters.com/business/energy/energy-politics-cloud-mexican-bid-join-us-semiconductor-rush-2022-12-14/>.
38. Ryan C. Berg, "Will Mexico's Insecurity Scuttle Its Nearshoring Moment?" in *Bringing Supply Chains Back to Mexico: Opportunities and Obstacles*, ed. Jeffrey Schott and Matthew Goodman (Peterson Institute of International Economics and the Center for Strategic and International Studies, October 2021), <https://www.piie.com/sites/default/files/documents/piieb21-4.pdf>.
39. "Implementation Issues Arise Following Mexico's Customs Agency Reorganization under Military Authority," Akin Gump Strauss Hauer & Feld LLP, September 9, 2022, <https://www.akingump.com/en/news-insights/implementation-issues-arise-following-mexicos-customs-agency-reorganization.html>.
40. "Global Opportunity Index–GOI."
41. John Liu and Paul Mozur, "Inside Taiwanese Chip Giant, a US Expansion Stokes Tensions," *The New York Times*, February 22, 2023, <https://www.nytimes.com/2023/02/22/technology/tsmc-arizona-factory-tensions.html>.

RECONOCIMIENTOS

El autor expresa su gratitud a los representantes de la industria y a los funcionarios gubernamentales entrevistados para este proyecto. Por sus útiles comentarios y sugerencias, agradece a John VerWey, Kevin McGinnis, Jay Goldberg, Christopher Miller, Ryan Berg, Kevin Klowden, Simon Radford y Ana Céspedes. También le gustaría agradecer a los equipos editoriales y de diseño del Milken Institute por su apoyo.

ACERCA DEL AUTOR

David Talbot, PhD, es director asociado de política económica en el Milken Institute. En esta instancia, Talbot dirige la investigación del área financiera del Instituto, incluyendo mercados globales, comercio e inversiones internacionales, competitividad económica regional y transición energética.

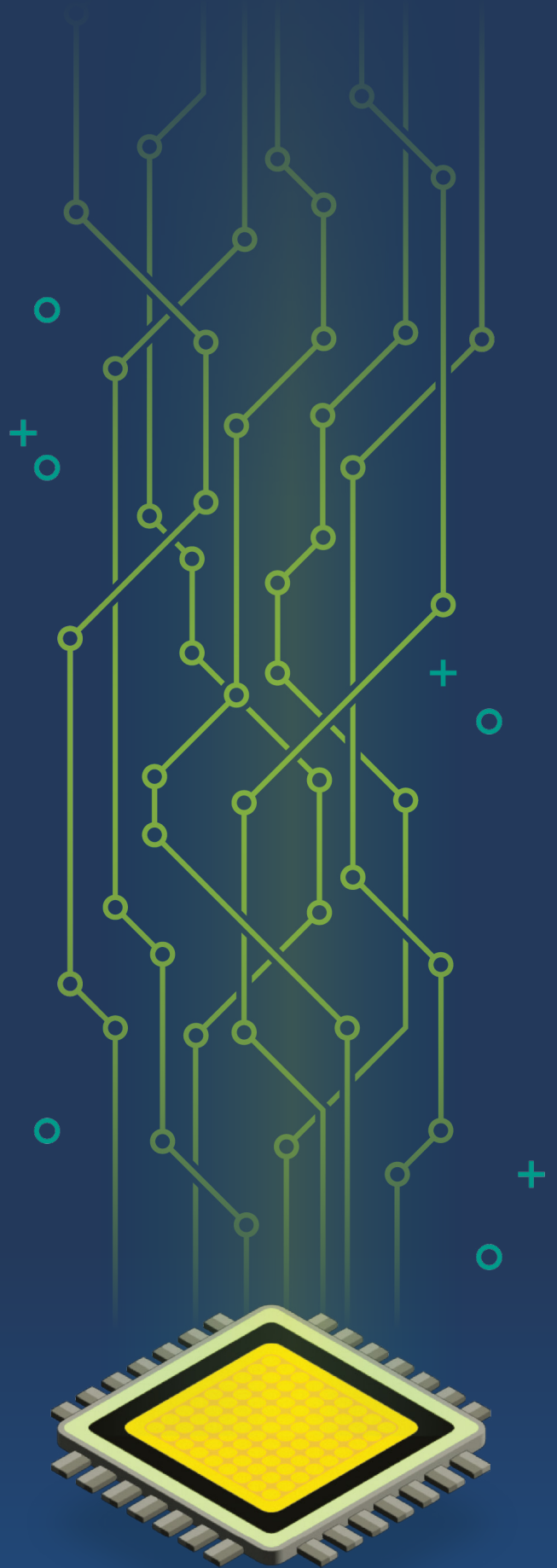
Anteriormente, Talbot trabajó en el gobierno de Obama como asesor de política económica internacional de la Secretaría de comercio estadounidense, Penny Pritzker. Desempeñó un papel fundamental en el diseño de la estrategia de diplomacia comercial de Pritzker, así como en el desarrollo de iniciativas emblemáticas para reforzar las relaciones económicas de EEUU con la India, la ASEAN, Canadá y México, el aumento de exportaciones y la inversión extranjera directa entrante y la promoción una conducta empresarial responsable. Además, Talbot ha trabajado en tres campañas presidenciales estadounidenses, ha sido miembro voluntario del comité asesor de política económica de Joe Biden for President y ha asesorado a clientes en cuestiones complejas relacionadas con temas geopolíticos, económicos y normativos.

Talbot tiene un doctorado en economía política internacional de la Universidad de Cambridge, una maestría de la Universidad de Oxford y una licenciatura de la Universidad de Yale.

Forma parte del consejo asesor de CIV:LAB, una organización sin fines de lucro que otorga subvenciones para acelerar la mitigación y adaptación al cambio climático. También es miembro del Pacific Council on International Policy, del comité de Los Ángeles de Human Rights Watch y de la Asia Society of Southern California. Sus artículos han aparecido en numerosos medios, como *Foreign Policy*, *World Politics Review*, *Lawfare* y *Los Angeles Review of Books*.



MILKEN
INSTITUTE



LOS ANGELES | WASHINGTON | NEW YORK | MIAMI | LONDON | ABU DHABI | SINGAPORE