

Prosperidad compartida: del «*Made in Mexico*» al «*Designed in North America*»

PUBLICADO POR:



Wilson
Center



México
Instituto



Canada
Institute



Publicado por: Instituto México, Centro Internacional Woodrow Wilson para Académicos | NTT Data México

Editora ejecutiva: Rossana Fuentes Berain Villenave

Supervisión y coordinación: Guillermo Ortega Rancé | Alfonso Pizá Suárez

Colaboradores: Fernanda Galindo Gutiérrez | Adolfo Pérez Borja Borgio | Leonardo Peralta

Agradecemos por su visión a:

Lila Abed (Instituto México, Centro Internacional Woodrow Wilson para Académicos)

Fernando Alba (Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico del Estado de Chihuahua)

Odracir Barquera (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz)

Lorenzo Dominique Berho (Foxconn)

Roger Liao (Taiwan Electrical and Electronic Manufacturers' Association)

Hoseph Lin (Taiwan Electrical and Electronic Manufacturers' Association)

Diego Marroquín (Instituto México – Centro Internacional Woodrow Wilson para Académicos)

Miguel Ángel Olea (SouthLight Capital)

Manuel Sandoval (Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información)

Fernando Sepúlveda (Iberoamerican Technology Foundation)

Anni Shih (Industrial Technology Research Institute)

Alan Tsao (Industrial Technology Research Institute)

Richardo Tsu Chin Lee (Taiwan Electrical and Electronic Manufacturers' Association)

Francisco Yeh (Taiwan Electrical and Electronic Manufacturers' Association)



El Centro Internacional para Académicos Woodrow Wilson fue creado por el Congreso de los Estados Unidos en 1968 como monumento vivo al vigésimo octavo presidente de la nación. Funciona como el principal foro de políticas no partidistas del país, y aborda los desafíos globales mediante la investigación independiente y el diálogo abierto. Al tender puentes entre el mundo académico y el de las políticas públicas, la diversa actividad programática del Centro informa sobre ideas prácticas para el Congreso, la administración y la comunidad política en general. Visítenos en línea en www.wilsoncenter.org.

Las opiniones expresadas en las publicaciones y eventos del Wilson Center son las de los autores y oradores y no representan las opiniones del Wilson Center.

Woodrow Wilson International Center for Scholars | One Woodrow Wilson Plaza, 1300 Pennsylvania Avenue NW. Washington, DC 20004-3027 | www.wilsoncenter.org

© 2025, Woodrow Wilson International Center for Scholars

Índice

Introducción: microprocesadores en el centro de un cambio de paradigma global	1
01 Tecnología como catalizador de la integración de cadenas de suministro	4
Una radiografía de la industria global de microprocesadores	4
Los riesgos de la disrupción de la cadena de suministro tecnológica	7
Multipolaridad en las cadenas de suministro, una visión desde primera fila	9
02 Hacia el «<i>Designed in North America</i>»	10
El CHIPS Act, detonante de nueva política industrial en el mundo	10
Norteamérica	10
Centro y Sudamérica	11
Europa	12
Asia Pacífico	12
México, pieza clave en cadena de suministro de alta tecnología norteamericana	13
04 Palancas de transformación regional	19
La urgencia de atender retos para el desarrollo industrial en México	19
Energía y sostenibilidad	19
Transición hacia la electromovilidad	21
Talento e innovación	23
Infraestructura	25
Política pública e incentivos fiscales	26
05 Consejos y recomendaciones finales	28
Adenda	30

Introducción: microprocesadores en el centro de un cambio de paradigma global

Vivimos en un mundo computarizado. No puedo hacer nada en ninguna parte. No puedo recibir información..., no puedo alimentarme..., no puedo buscar diversiones..., no puedo pagar nada, o comprobar nada, o simplemente hacer nada, sin utilizar computadoras.

Encajar perfectamente, Isaac Asimov. 1981

Un circuito integrado, microprocesador, chip o como nombremos esa milimétrica superficie de silicio o germanio que conducen señales eléctricas, es protagonista de una nueva batalla geopolítica y económica global. Estos dispositivos, presentes en virtualmente cualquier aparato electrónico definirán la rivalidad del siglo XXI entre Beijing y Washington. Esta rivalidad no se ganará con barriles de petróleo o acero sino con poder de cómputo e inevitablemente, microprocesadores.

Uno de los frentes más relevantes en esta confrontación está en Taipéi, capital de Taiwán, nación donde no sorprende que un huracán categoría 4 y un simulacro para responder potenciales ataques aéreos de su país vecino, ocurran en la misma semana.

Es en esta hermosa -y peligrosa- nación donde se produce una quinta parte de los microprocesadores en el mundo y casi el 90% de los procesadores más avanzados, con menos de 10 nanómetros entre conexiones.

Las cambiantes condiciones climáticas y los vaivenes geopolíticos de los últimos tiempos han hecho que los compradores de este nuevo oro en forma de obleas iridiscentes busquen ubicaciones alternativas para producir estos diminutos componentes.

“Si me hubieran preguntado hace tres años, no hubiera podido contestar sobre el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá, pero hoy estoy convencido que los países que lo conforman son un gran espacio de posibilidades para negocios de Taiwán” señaló Richard Tsu Chin Lee, presidente de la Taiwan Electrical and Electronic Manufacturers’ Association (TEEMA) creada en 1948 para promover la industria de los semiconductores en el país.

El búfalo de doble cabeza en el vestíbulo de las oficinas de TEEMA ubicadas en el centro de Taipéi parece simbolizar la capacidad de esa asociación para ver hacia el pasado y el futuro. Sus asociados son fabricantes de electrónicos y microprocesadores quienes después de la pandemia de COVID-19 y ante una creciente rivalidad entre Estados Unidos y China buscan nuevas regiones para expandir sus operaciones.

TEEMA trabaja en el sureste asiático, especialmente en Vietnam; en Europa colabora con la República Checa, pero la región que llama la atención de la asociación es Norteamérica con 500 millones de habitantes concentrados alrededor de un tratado comercial y una frontera entre Estados Unidos y México donde varios de sus miembros exploran el potencial de negocio como Taiwan Semiconductors Manufacturing Company (TSMC) quien construye una fábrica en Arizona. A su vez Foxconn y otras empresas taiwanesas tienen ya operaciones del lado mexicano, en Ciudad Juárez y ha anunciado que abrirá nuevas plantas en Jalisco.

El deseo de mantener en un espacio de aliados y lejos de enemigos potenciales la producción de microprocesadores se tradujo ya en política de Estado en México y en nuestro país vecino del norte.

En agosto de 2022 el gobierno de los Estados Unidos publicó la CHIPS and Science Act, que creó una bolsa de incentivos a la investigación, desarrollo y manufactura local de microprocesadores por 52.7 billones de dólares. Como parte de este programa, el gobierno estadounidense creó el Fondo Internacional de Innovación y Seguridad Tecnológica que con 500 millones de dólares busca impulsar el desarrollo de la industria de semiconductores en países amigos como Costa Rica, Panamá y México.

La Secretaría de Economía en México no se ha quedado impasible e inició en 2022 con un documento titulado “Rumbo a una política industrial”, donde mencionaba la necesidad de incrementar la participación de empresas nacionales en las cadenas globales de producción de microprocesadores, mientras que en su discurso inaugural en el Zócalo de la Ciudad de México tras su toma de posesión el 1 de diciembre, la presidenta Claudia Sheinbaum anunció la creación del Programa de Desarrollo Tecnológico para la Innovación para desarrollar “tecnología hecha en México por mexicanas y por mexicanos”.

Más recientemente, la industria electrónica agrupada en la Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (Canieti) anunció el 18 de octubre un Plan Maestro 2024-2030 que busca duplicar la actividad de la industria de los semiconductores en el país.

La instalación de operaciones de diseño y manufactura de microprocesadores en México para nutrir el mercado del hemisferio occidental representa oportunidades potenciales de negocio para México un mercado potencial entre 8 y 10 billones de dólares anuales. Para el país representa casi un punto de Producto Interno Bruto con trabajos de alta gama en entidades concatenadas con la cadena de manufactura automotriz que requiere un uso intensivo de microprocesadores en vehículos de combustión interna o eléctricos.

Las operaciones de manufactura de microprocesadores toman entre tres y cinco años en instalarse, de acuerdo con Miguel Ángel Olea, socio director en la firma de gestión de activos SouthLight Capital. Así, hacia final de la década empresas de Estados Unidos y Taiwán que tomen la decisión de instalarse en México podrían comenzar a ver salir de sus puertas los primeros procesadores hacia los mercados nacional, norteamericano y donde se consuman.

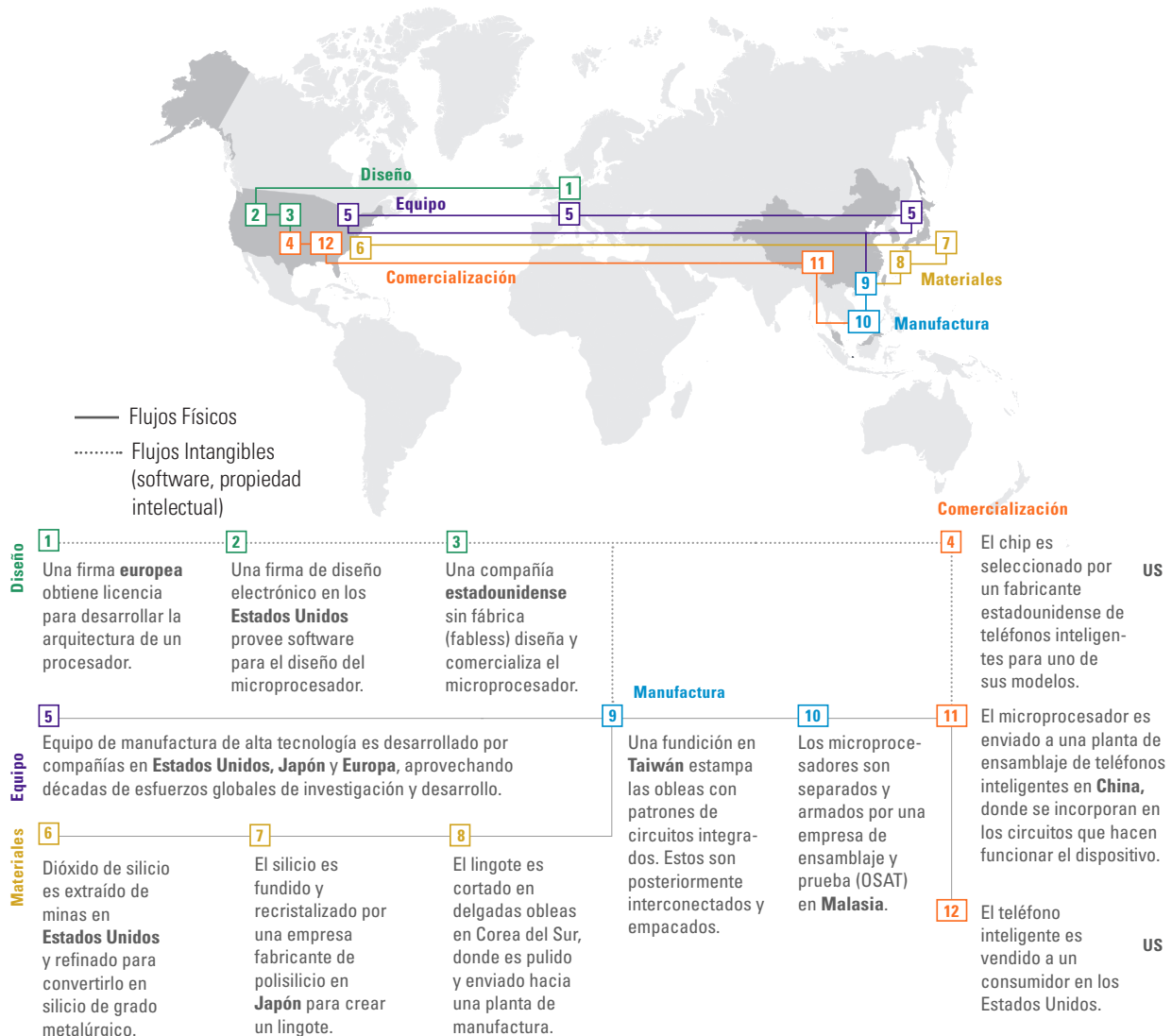
Sin embargo, queda una duda, ¿qué puede hacer México para tomar ventaja de esta oportunidad? Es un reto de primer orden pues naciones como Costa Rica y Colombia buscan alcanzar objetivos similares al de México. Estos países cuentan con políticas industriales, pero además con energía eléctrica, agua, talento, capacitación y voluntad.

01 | Tecnología como catalizador de la integración de cadenas de suministro

Una radiografía de la industria global de microprocesadores

La cadena de suministro multinacional de chips es quizá uno de los mejores ejemplos de la globalización económica pues depende del movimiento de componentes y productos en regiones alejadas por miles de kilómetros que participan en procesos de diseño, producción, ensamblaje y distribución.

El Camino Global de un Procesador para Teléfono Inteligente

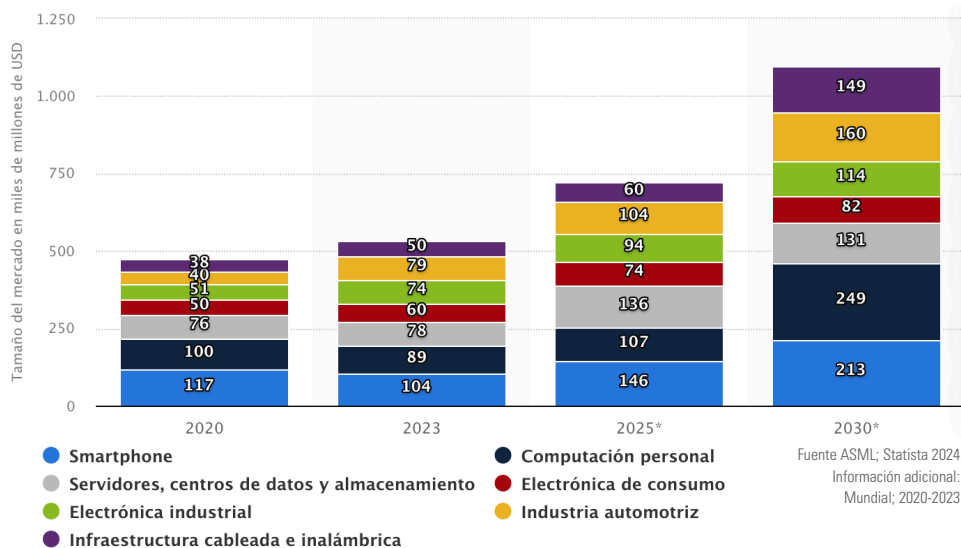


Fuente: Boston Consulting Group y Semiconductor Industry Association. *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*. (2021). Disponible en: https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf

La industria de los microprocesadores es uno de los principales motores de la innovación y la disrupción a nivel global debido a su papel clave en multitud de cadenas de valor para industrias como la manufactura de vehículos automotores, teléfonos inteligentes, tabletas de cómputo, servidores para centros de almacenamiento y procesamiento de datos, dispositivos electrónica para mercados de consumo e industrial, entre muchas otras.

En 2023, las ventas globales de semiconductores superaron los 500 billones de dólares y se espera que este mercado crezca con proyecciones que podrían superar el trillón -con t- de dólares hacia 2030. Esto representaría una tasa de crecimiento compuesta anual de aproximadamente 10% en los próximos siete años y que refleja la creciente demanda por semiconductores en diversas aplicaciones tecnológicas.

Tamaño del mercado de semiconductores a nivel mundial en 2020 y 2025, por destino de uso (en miles de millones de dólares)



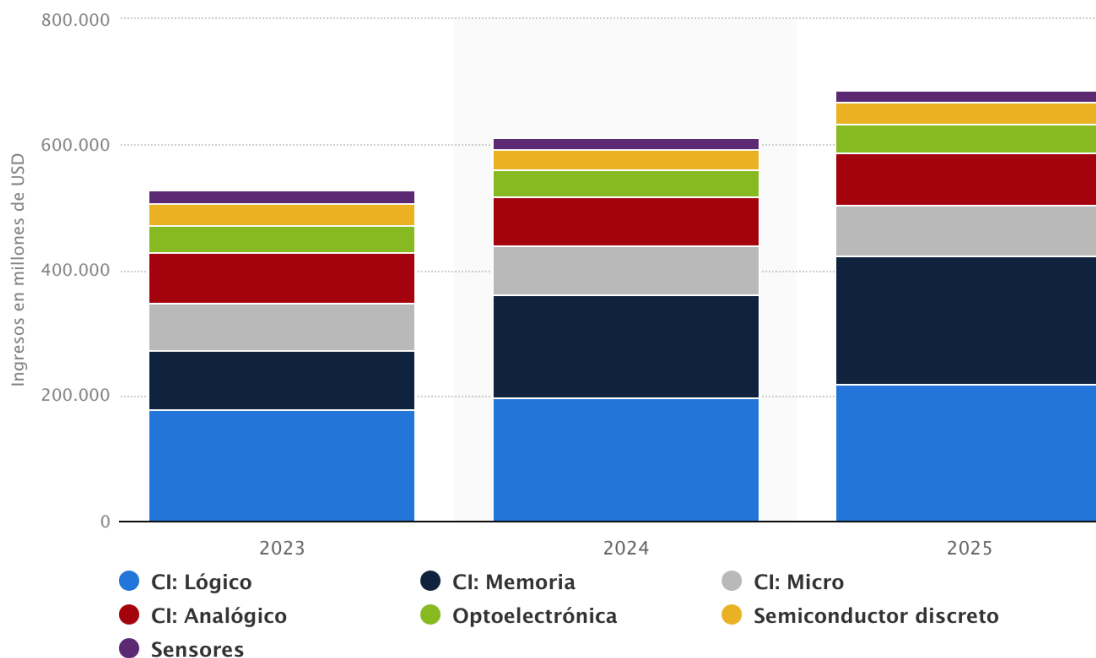
Fuente: Advanced Semiconductor Materials Lithography. *Tamaño del mercado de semiconductores a nivel mundial en 2020 y 2030, por destino de uso.* (2024). Disponible en: <https://es-statista-com.ieselib.idm.oclc.org/estadisticas/1270887/tamano-global-del-mercado-de-semiconductores-segun-destino/>

Además de dispositivos electrónicos, el sector productor de microprocesadores vivirá importantes oportunidades de negocio en sectores emergentes por medio de su integración en unidades de procesamiento empleados para habilitar redes de cómputo que hacen funcionar modelos extensos de lenguaje (*large language models*) que sirven lo mismo para detección de patrones en grandes volúmenes de datos como para su uso en transformadores generativos (*generative pre-trained transformers*) como el hoy famoso ChatGPT.

Otra vertiente de crecimiento para los semiconductores está en el sector automotriz, donde las armadoras integran una creciente cantidad de unidades de procesamiento en sus vehículos y donde las fábricas mismas se tornan cada vez más conectadas y demandantes de procesamiento de datos.

Los microprocesadores insertos en circuitos integrados utilizados para la fabricación de unidades central de procesamiento y almacenamiento de datos, electrodomésticos, dispositivos móviles y componentes para vehículos representan alrededor del 85% del mercado total con un valor superior a los 450 billones de dólares. Esta vertical lidera los ingresos mundiales con alrededor del 30% del mercado total.

Otra categoría de gran impacto es la de semiconductores optoelectrónicos como láseres y fotodetectores para convertir señales eléctricas en ópticas utilizados en productos de consumo, industriales, militares, así como redes de fibra óptica cada vez más frecuentes en las redes fijas de telecomunicaciones.



Fuente: Seeking Alpha. *Previsión de los ingresos mundiales de la industria de semiconductores en 2023 y 2025.* (2024).
Disponble en: <https://es-statista-com.ieselib.idm.oclc.org/estadisticas/1409573/semiconductores-fwn-mundial-por-tipo-de-producto/>

Algunos factores subyacentes responsables de este rápido crecimiento en el sector de microprocesadores incluyen:

- **Adopción de tecnologías emergentes** como el despliegue masivo de redes de telecomunicaciones de quinta generación (5G), la incorporación creciente de procesadores en dispositivos industriales (internet de las cosas, IoT), sistemas de inteligencia artificial (IA) y vehículos autónomos que incrementan la demanda global de semiconductores.
- **La transformación y digitalización de industrias** como la electrónica, la automotriz, la de telecomunicaciones, así como de sectores de servicios como de salud que impulsan la demanda por dispositivos para obtener y procesar datos.

- El incremento de **inversiones en investigación y desarrollo (I+D)** como motor de innovación en el diseño y fabricación de productos para un creciente número de aplicaciones e industrias.
- La **diversificación y el fortalecimiento de las cadenas de suministro** de semiconductores que contribuyen a mitigar riesgos inherentes a la concentración de producción en Asia.
- **Factores macroeconómicos** impulsados por la creciente digitalización de las economías globales, la urbanización de la población mundial, la ralentización del crecimiento poblacional y el incremento de la porción perteneciente a la tercera edad.

Es posible clasificar a los principales participantes en el mercado de semiconductores bajo cuatro segmentos.

El **primer segmento** pertenece a los **fabricantes de dispositivos integrados** (*Integrated Device Manufacturers, IDM*); empresas que diseñan, fabrican y comercializan productos de circuitos integrados. En esta categoría existen jugadores como Samsung, Intel, SK Hynix, Micron, Infineon, Texas Instruments, STMicroelectronics y NXP Semiconductor.

El **segundo segmento** pertenece a fabricantes de semiconductores que no cuentan con capacidad para fabricar obleas de silicio y se especializan en el diseño y comercialización de chips, **empresas llamadas *sin fábrica***. En este caso destacan empresas como Nvidia, Qualcomm, Broadcom, AMD, y MediaTek.

El **tercer segmento** pertenece a las **fundidoras de semiconductores** (*foundries*) que son fábricas especializadas en la fabricación de chips y circuitos integrados. En esta categoría se hallan jugadores como TSMC, Samsung, GlobalFoundries, UMC y SMIC.

Un **cuarto segmento** pertenece a las empresas especializadas en montaje, prueba y ensamblaje (ATP). En este último segmento lideran empresas como ASE Group, Amkor Technology, JCET y Powertech Technology¹.

Los riesgos de la disrupción de la cadena de suministro tecnológica

La manufactura de chips es quizá una de las actividades industriales más complejas. El Product Complexity Index (PCI) desarrollado por la Universidad de Harvard indica que esta es la quinta actividad económica más sofisticada que existe. Así, la industria de fabricación de semiconductores es un ecosistema interconectado con países especializados en diversos procesos en la cadena de suministro.

Estados Unidos y Europa lideran en la fase de diseño con empresas como Qualcomm y Nvidia, reconocidas por sus arquitecturas de chips de vanguardia y su propiedad intelectual. Sin embargo, en los procesos de **fabricación, montaje, prueba y ensamblaje**, el **protagonismo radica en Asia**, donde países como **Taiwán, Corea del Sur, China y Japón dominan el mercado**.

Estas naciones han realizado inversiones significativas en la construcción de instalaciones de fabricación de última generación y en el desarrollo de un ecosistema robusto de cadena de suministro, consolidándose como actores indispensables en la industria global de semiconductores. Aquí podemos resaltar a Taiwán, sede de TSMC que es la mayor fundidora de semiconductores, con una participación de mercado mayor al 50%; siendo el principal proveedor para empresas como Apple, AMD y Nvidia².

La industria de microprocesadores depende de una experiencia que no puede ser fácilmente replicada. Instalaciones de fabricación sofisticadas que requieren años y miles de millones de dólares en inversiones para construirse y una especialización única que abarca Asia, América del Norte y Europa. Sin embargo, en los últimos años esta extensa y delicada cadena de valor se ha visto sujeta a situaciones que revelan su fragilidad.

El incremento en la demanda de dispositivos electrónicos para millones de personas laborando desde sus hogares por causa de la pandemia de COVID-19 tensionaron las capacidades productivas de la industria de microprocesadores, combinado con los confinamientos decretados en países de Asia y Europa entre 2020 y 2021, causaron una escasez significativa de mano de obra que llevó a la subutilización o cierre de fábricas y un aumento en los precios de importación de materias primas para la fabricación de microprocesadores en todo el mundo.

Según datos del Buró de Estadísticas Laborales de Estados Unidos, durante el periodo diciembre 2020-2023, el índice de precios de importación de componentes para fabricación de microprocesadores en Estados Unidos incrementó 3.4% impulsado por la saturación de las cadenas de suministro y el aumento en los plazos de entrega (*lead times*) de los proveedores de materias primas a nivel global³.

La sequía que afectó Taiwán en 2021 y la invasión de Ucrania por parte de Rusia al año siguiente hicieron más difícil los procesos de abastecimiento para la industria de microprocesadores.

Las cadenas de suministro globales que abastecen a la industria de los microprocesadores permiten acceder a mano de obra barata que resulta en bajos costos de producción. Como reverso de la moneda existen desventajas como largos plazos de entrega, baja flexibilidad operativa, inestabilidad en las cadenas de suministro, bajos estándares de calidad, barreras comerciales y arancelarias que han impulsado la creciente tendencia de acercar los centros de producción y manufactura a los centros de demanda locales.

Para resolver este reto, las empresas del sector buscan medidas de remediación, sea con la apertura de nuevas plantas o la relocalización de instalaciones ya existentes en otros países. La empresa taiwanesa Foxconn han sido una de las que busca acercarse al mercado estadounidense por medio de estrategias como la anunciada en octubre 2024 a través de la construcción en México de una planta para ensamblar chips modelo GB200, especializados en aplicaciones de inteligencia artificial para la empresa californiana Nvidia Corporation.

Multipolaridad en las cadenas de suministro, una visión desde primera fila

Las cenas en Davos, el pequeño pueblito suizo donde se celebra anualmente el Foro Económico Mundial, son espacio para las conversaciones fuera de protocolo, usualmente más profundas que los discursos pronunciados horas atrás. Las reglas de confidencialidad no permiten identificar al funcionario del Banco Central Chino quien mencionó en una de ellas: “En la década de los setenta teníamos miedo del lobo; en los ochenta y noventa, cuando estábamos estudiando en Estados Unidos, empezamos a bailar con el lobo y ahora, en el Siglo 21, lo que tienes que entender es que China quiere ser el lobo.”

En las próximas décadas la rivalidad entre Estados Unidos de América y la República Popular China puede pasar de un conflicto latente a un enfrentamiento caliente. La globalización, que se llegó a pensar a finales del siglo pasado como ineludible, fue bruscamente interrumpida por la dislocación de las cadenas de suministro por la pandemia de COVID-19 desde 2020.

El COVID puso de manifiesto que la regionalización y no la globalización será el nuevo nombre del juego después del primer cuarto de siglo.

Todos los entrevistados para este trabajo sostuvieron que es imposible pretender manufacturas nacionales desde la A hasta la Z. La sustitución total de importaciones y la autarquía no funcionan más, pero también matizaron la idea de los noventa, propiciada por la caída del Muro de Berlín y el Consenso de Washington donde las cadenas de suministro pueden recorrer el globo terráqueo entero y no importa donde se produjeran las partes mientras se respetase el principio del ensamblaje “justo a tiempo”.

Shannon K. O’Neill asegura en su libro titulado *The Globalization Myth: Why Regions Matter*, que las cadenas de suministro regionales tienen menores de emisiones de gases de efecto invernadero respecto de aquellos flujos transregionales, disminuyendo costos y propiciando oportunidades en el mercado salarial.

Para O’Neill, el futuro de la región norteamericana está en la especialización dentro de las naciones que configuran el T-MEC; no solo por cuestiones de eficiencia comercial, sino, como lo dijeron otros autores y entrevistados tanto en Taiwán como en México, por un principio de seguridad nacional.

No es lo mismo usar un microprocesador en una secadora de pelo de uso comercial que en un navío como el USS Mustin patrullando el estrecho del Mar del Sur que describe Chris Miller en su indispensable libro “*Chip War*” donde documenta la pelea por la tecnología más importante del mundo: los microprocesadores.

Retóricas aparte, la regionalización es una realidad del siglo 21. Insertarse en esa lógica y alinear políticas industriales en América del Norte hace todo el sentido no sólo económico sino incluso político.

02 | Hacia el «*Designed in North America*»

El CHIPS Act, detonante de nueva política industrial en el mundo

El presidente de los Estados Unidos Joe Biden anunció en agosto de 2022 la CHIPS and Science Act; una herramienta de política pública e inversiones gubernamentales para revitalizar su capacidad de producción de microprocesadores. Esta legislación asigna **52.7 billones⁴** de dólares en incentivos a las actividades de investigación y producción de chips para reducir su dependencia de Asia, especialmente de Taiwán y China.

Este movimiento detonó reacciones de gobiernos en todas las geografías que se resumen a continuación.

Norteamérica

Canadá ya había iniciado su trayectoria para impulsar la producción y suministro de microprocesadores desde 2021, invirtiendo alrededor de 460 millones de dólares⁵ hasta la fecha. Su inversión más reciente fue de 43 millones de dólares en abril 2024 para proyectos de IBM Canadá y el fortalecimiento del Centro Colaborativo de Innovación MiQro dedicado expandir la producción de semiconductores.

El gobierno mexicano publicó el 5 de junio en el Diario Oficial el **Convenio de Colaboración para Impulsar el Desarrollo de la Industria de Semiconductores**, esfuerzo que se construye sobre políticas previas como el **Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024** que estableció como prioridad incentivar la inversión privada, tanto nacional como extranjera, para reactivar la economía, crear empleos bien remunerados y fortalecer la competitividad industrial en México.

El gobierno federal lanzó en julio del año pasado la **Ventanilla Única para Inversionistas (VUIMX)** para facilitar la interacción con inversores, agilizando trámites y promoviendo sectores con alto potencial de crecimiento económico como los semiconductores. El convenio fue formalizado con el objetivo de coordinar los esfuerzos interinstitucionales necesarios para desarrollar una industria de semiconductores robusta y competitiva en el país. La VUIMX brinda servicios diversos dentro de los que destacan servicios tributarios, servicios de migración, establecimiento de empresas, registro de marcas e invenciones, adquisición de inmuebles y programas de fomento al comercio exterior.

En los inicios de la administración de la presidenta Claudia Sheinbaum, el gobierno todavía no despliega un plan rector para hacer impulsar esta industria.

Además de políticas nacionales, los tres países de la región de Norteamérica han desarrollado iniciativas en conjunto. En 2023 las autoridades de Canadá, Estados Unidos y México emitieron una declaración conjunta donde se comprometieron a fortalecer cadenas de suministro

regionales en industrias clave del futuro como semiconductores y a promover inversiones estratégicas en estas áreas.⁶

Centro y Sudamérica

Algunas de las economías más relevantes de la región han reaccionado para desarrollar capacidades a infraestructura necesarias para la producción de chips. Brasil, Colombia y Costa Rica son algunas de estas naciones pioneras.

El presidente brasileño Luis Inácio Lula da Silva y el ministro Geraldo Alckmin presentaron en septiembre la Misión 4 de la Nueva industria Brasil (NIB) donde comprometieron BRL 186.6 billones con inversiones iniciales para fabricación de chips, robótica, telecomunicaciones y computación en la nube. El objetivo de la NIB es digitalizar la mitad de las empresas industriales brasileñas para 2033, con un objetivo intermedio de 25% de empresas digitalizadas hacia 2026. Además, el gobierno anunció en septiembre un programa para incentivar la producción nacional de semiconductores, con 214 millones de dólares anuales hasta 2026⁷.

Colombia, dio a conocer en julio el proyecto de Ley de Chips, que busca impulsar la industria electrónica y de semiconductores en el país para fortalecer la soberanía tecnológica y el crecimiento económico. El proyecto nombra como sus pilares fomentar el emprendimiento tecnológico, promoviendo la innovación y capacitar al talento humano en áreas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Como medida adicional, la propuesta busca facilitar procesos aduaneros, proveer beneficios fiscales y promocionar al país en el extranjero para asegurar inversiones⁸.

Costa Rica es país pionero en el desarrollo de semiconductores en Latinoamérica y quizá uno de los mejores ejemplos de los vaivenes de esta industria. La empresa de microprocesadores Intel instaló a fines de la década de 1990 una fábrica de microprocesadores que cesó sus operaciones en 2014 para trasladar las operaciones de la factoría hacia China, Vietnam y Malasia.

Una década más tarde Costa Rica se busca posicionar como semillero de chips para Estados Unidos. En marzo el presidente Rodrigo Chaves lanzó el plan para convertirse en un nodo regional para la industria de semiconductores. El plan revelado contempla cuatro pilares: desarrollo de talento, modernización de incentivos, atracción de inversión y un marco regulatorio para atraer inversión extranjera directa⁹.

Intel, con una inversión de 1.2 billones de dólares en el país, juega un papel clave y se espera que Costa Rica gradúe anualmente a miles de profesionales en áreas relacionadas con los procesos productivos relacionados con la industria de los microprocesadores¹⁰.

Europa

Del otro lado del Océano Atlántico, en septiembre del año pasado entró el vigor el Chips Act de la Unión Europea con objetivo concurrentes otros países parte de esta cadena de valor: contrarrestar vulnerabilidades en las cadenas de suministro y la dependencia de proveedores de semiconductores en el este de Asia.

La regulación regional consta de tres pilares: incrementar la infraestructura y capacidad tecnológica, atraer inversionistas para asegurar la producción y generar un mecanismo de respuesta ante emergencias. Para sostener esta política industrial la Unión Europea invertirá 43 billones de euros para que hacia el 2030 la Unión Europea tenga el 20% del mercado de producción de chips, beneficiando principalmente a Eslovaquia y Polonia¹¹.

Eslovaquia, uno de los principales países manufactureros de la EU - 30% de su PIB proviene de sectores industriales -, definió una hoja de ruta alineada con los objetivos generales de la Unión Europea en la transformación digital de cara a 2030¹² y anunció en septiembre, la firma de un memorando de entendimiento con Taiwán para desarrollar conjuntamente tecnología de semiconductores.

Polonia también tiene un papel protagónico en la Unión Europea para colaborar en alcanzar los objetivos de la Chips Act pues en 2023, Intel anunció una inversión de 4.6 billones de euros para construir una planta de ensamblaje y pruebas de semiconductores en Breslavia que espera cubrir la demanda de capacidad de ensamblaje y prueba anticipada hacia 2027¹³.

Asia Pacífico

Dos países de la región que han estado alejados del foco en las cadenas de suministro de procesadores han definido estrategias para posicionarse mediante políticas públicas y en colaboración con el gobierno de Estados Unidos.

Vietnam delineó en septiembre de 2023 una estrategia a largo plazo para el desarrollo de su industria de semiconductores, firmada por el primer ministro Pham Minh. Dicho documento se enfoca en convertir a Vietnam en líder global de microprocesadores para 2050. Alineado con la estrategia nacional, ese mismo mes el gobierno anunció la Asociación Estratégica Integral, entre Estados Unidos y Vietnam por el presidente Joe Biden y el secretario general del Partido Comunista de Vietnam, Nguyen Phu Trong.

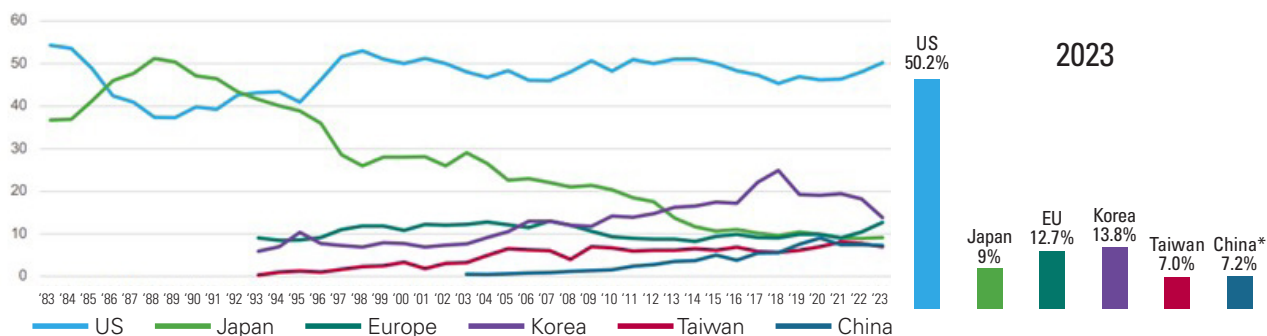
La cooperación bilateral entre ambos países se ha ampliado en varias aristas desde ese entonces como el aprovechamiento del Fondo Internacional de Seguridad e Innovación Tecnológica creado por la CHIPS and Science Act de Estados Unidos¹⁴.

Indonesia es otro actor regional que busca posicionarse en el sector de manufactura de microprocesadores a partir del anuncio hecho en julio por José W. Fernández, el subsecretario de Estado norteamericano para el Crecimiento Económico, Energía y Medio Ambiente, quien

indicó que Estados Unidos puede apoyar a la nación asiática con oportunidades educativas, inversiones de empresas estadounidenses de semiconductores y programas de intercambio, auspiciados por la CHIPS and Science Act¹⁵.

México, pieza clave en cadena de suministro de alta tecnología norteamericana

En 2023, los productores americanos generaron más del 50% de las ventas mundiales de microprocesadores. Adicionalmente, las empresas estadounidenses de microprocesadores mantienen una posición de liderazgo en investigación, desarrollo, diseño y tecnología de procesos.



Source: World Semiconductor Trade Statistics (WSTS), Omdia, and SIA Estimates.
Fuente: US Mexico Foundation. *Semiconductors The Next Near-shoring Frontier*. (2024).
Disponible en: <https://usmf.squarespace.com/s/Semiconductors-101.pdf>

Estados Unidos vende, pero no produce tantos chips; más del 80% de la producción se concentra en Taiwán (65%), Corea del Sur (15%) y China (7%). Esta dependencia fue uno de los factores que desató la escasez de microprocesadores en el contexto de la pandemia de COVID-19.

Para estimular el desarrollo de su industria nativa de microprocesadores, el gobierno de Estados Unidos ha creado distintos fondos presupuestales que se detallan a continuación:

- **39 billones de dólares** para incentivar la fabricación de semiconductores en Estados Unidos.
- **13.2 billones de dólares** para investigación, desarrollo y capacitación de fuerza laboral.
- **500 billones de dólares** a lo largo de 5 años, comenzando en 2023 (100 millones), para fortalecer las cadenas de suministro de semiconductores y mejorar la seguridad de la tecnología de la información y las comunicaciones, mediante el International Technology Security and Innovation (ITSI) Fund.

La primera fase de las alianzas consiste en una evaluación de la infraestructura, el ecosistema de producción de microprocesadores, así como el marco regulatorio de cada país candidato. A partir del análisis se definen hojas de ruta con iniciativas a desplegar en conjunto.

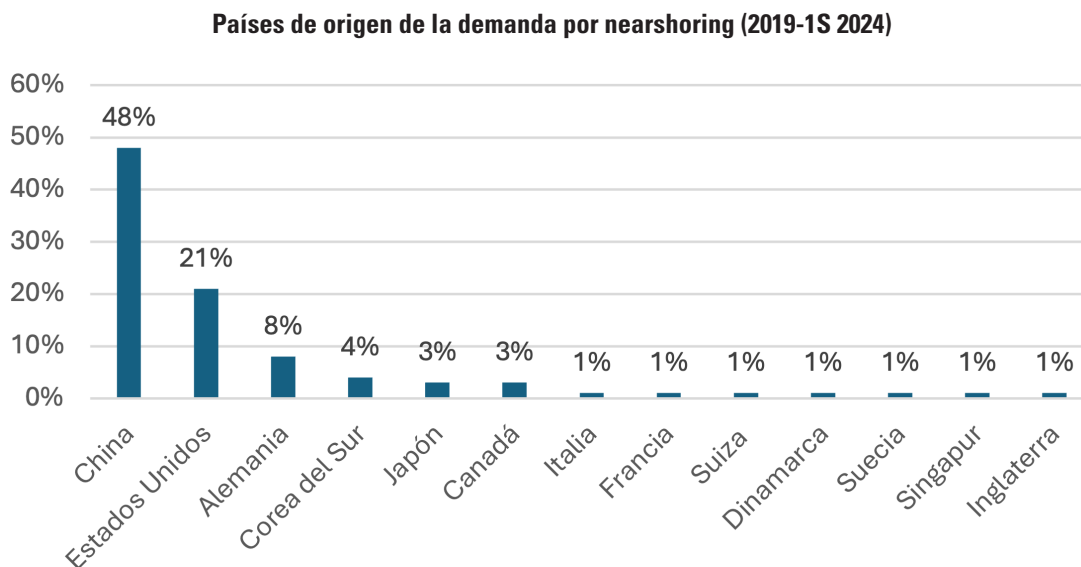
En México se enfatiza el potencial que tiene el país para expandir la industria de semiconductores, beneficiando a ambas naciones tomando como base la cooperación existente bajo el Diálogo Económico de Alto Nivel y el proceso de la Cumbre de Líderes de América del Norte.

Por su parte la Asociación para la Prosperidad Económica de las Américas apoyará el trabajo en marcha para fortalecer la competitividad regional en semiconductores, incluyendo el desarrollo de la fuerza laboral.

México tiene una posición geográfica estratégica para convertirse en el principal proveedor de semiconductores. El vecino del norte representa el 21% de las transacciones de *nearshoring* y a medida que crezca el mercado de *high tech* se espera un crecimiento en el share de Estados Unidos.

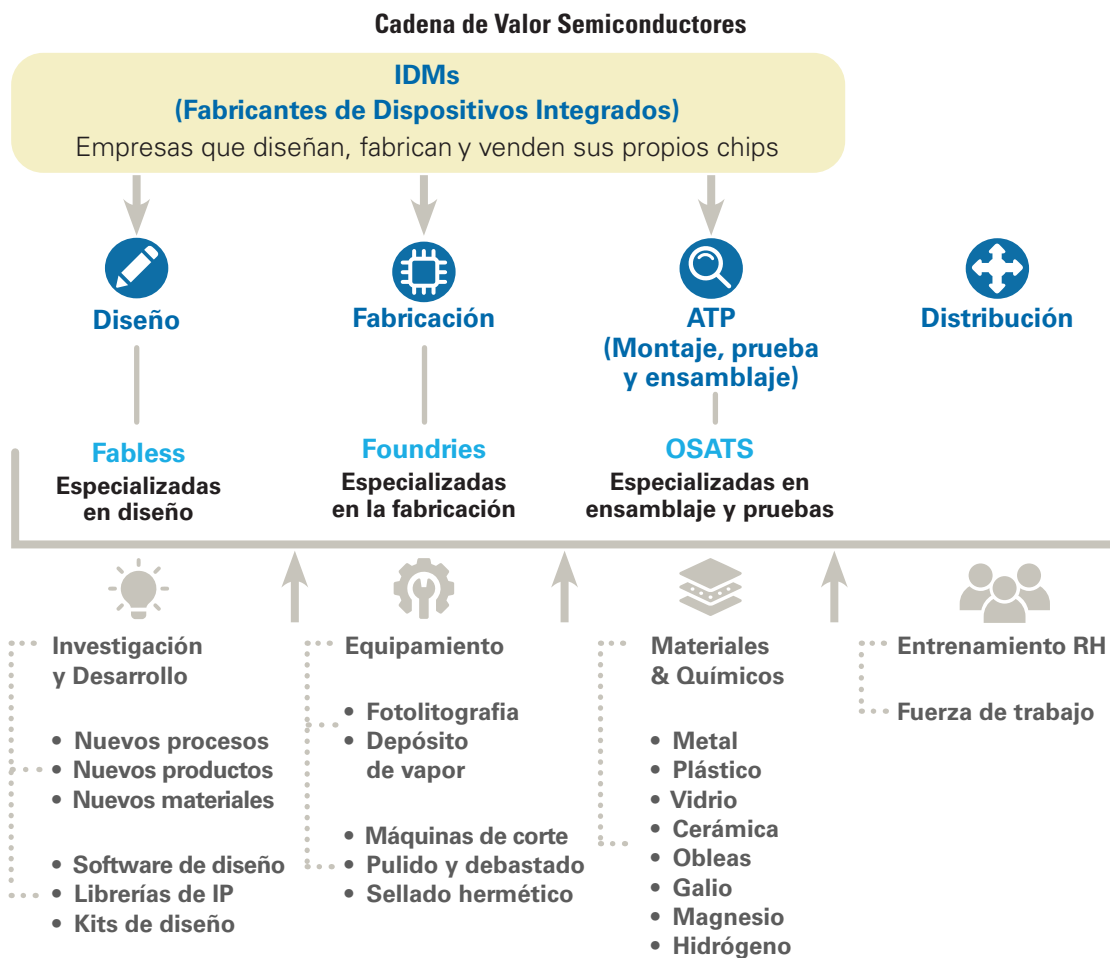
México es prioridad por la configuración del mercado automotriz y el potencial de los vehículos eléctricos; hoy existen 37 plantas automotrices en 12 entidades del país y todas necesitan un número creciente de microprocesadores. Según expertos de la industria, se estima que un vehículo de combustión interna requiere alrededor de 1,500 chips mientras que un vehículo eléctrico requiere más de 4,000 chips.

Sin embargo, el proceso para evolucionar la cadena de suministro de microprocesadores en el país será gradual debido a los retos para desarrollar nuevas industrias e integrar nuevas geografías a las cadenas de suministro.



Fuente: Elaboración propia con información de CBRE Research

Como mencionamos anteriormente, la cadena de valor de la industria de semiconductores se puede segmentar en tres actividades específicas: diseño y propiedad intelectual, fabricación del semiconductor (*frontend*) así como actividades de montaje, prueba y ensamblaje del semiconductor (*backend*).



Fuente: Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia y Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. *Mapa de Ruta: Oportunidades para el Nearshoring de Semiconductores en México.* (2024). Disponible en: <https://fumec.org/semiconductors>.

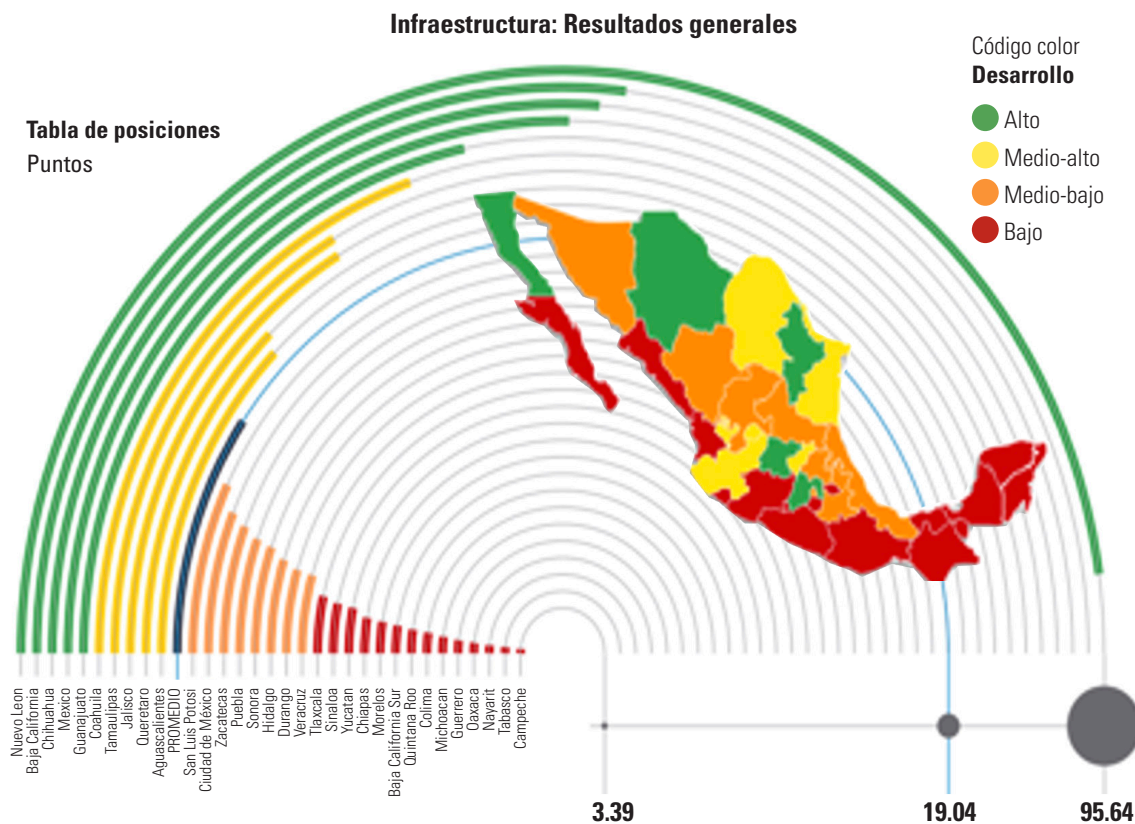
Para México se identifican empresas con presencia en el **backend** de la cadena de valor de los microprocesadores. Estas actividades requieren menos inversión de capital en comparación con el **frontend**, que involucra la fabricación y diseño de los chips mismos.

El país aún no tiene presencia destacada en el segmento frontend, comparado con los países asiáticos. Sin embargo, con el apoyo de Estados Unidos y recientes colaboraciones en investigación y desarrollo, México podría aumentar su participación en esta parte de la cadena de valor, pues hoy ya tiene capacidades desarrolladas para integrar la cadena productiva de semiconductores.

Algunas entidades del país ya tienen un piso de inversiones dedicadas al desarrollo industrial. **Nuevo León** lidera en inventario de naves industriales, con 14.5 millones de metros cuadrados y registra el mayor crecimiento en construcción industrial. Otras entidades con un rápido crecimiento en espacio industrial incluyen **Aguascalientes, Chihuahua, Baja California y Coahuila**.

Por su parte la **Ciudad de México, Nuevo León, Baja California** y **Jalisco** se destacan por tener las mejores velocidades de descarga en banda ancha fija mientras que los puertos con mayor capacidad de tráfico de carga en contenedores son **Manzanillo, Lázaro Cárdenas** y **Veracruz**, beneficiando a diferentes estados según su proximidad.

Entidades industriales como **Chihuahua, Coahuila** y **Nuevo León** compensan su falta de acceso marítimo mediante su conectividad terrestre con **Estados Unidos**, principal destino de sus exportaciones industriales.¹⁶



Fuente: FINSA. *Índice de Desarrollo Industrial*. (2024). Disponible en: <https://www.finsa.net/indicesdesarrolloindustrial/>

Monterrey se ha destacado como el mercado con mayor demanda de espacio para actividades de nearshoring, registrando 300 mil metros cuadrados en el primer semestre de 2024. Los mercados de la frontera norte representan el 77% de la demanda bruta nacional de espacio para manufactura.

México puede crear y aprovechar mecanismos que logren posicionar al país dentro de todos los eslabones de la cadena de valor, de acuerdo con **USAID y FUMEC**¹⁷, entre los que se encuentran:

1. **Centros universitarios de investigación** dedicados a la investigación avanzada, trabajando en colaboración con socios líderes de industria y ofreciendo programas educativos especializados.
2. **Asociaciones público-privadas** uniendo esfuerzos de colaboración entre gobierno, sector privado y la academia.
3. **Iniciativas de investigación y desarrollo financiadas por el gobierno** que impulsen iniciativas de investigación y desarrollo (I+D) en tecnología de microprocesadores y sus aplicaciones.
4. **Consortios industriales** que ayuden a establecer normas y estándares, impulsar la innovación y aprendizaje, y promover la participación en foros nacionales e internacionales. En México, la entidad que podría supervisar este proceso es la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información.
5. **Clústeres industriales** para reunir empresas similares en una zona geográfica y compartir mercados, tecnologías, insumos, mano de obra, que a menudo comparten la misma cadena de valor.

México está en proceso de lanzar el plan maestro nacional para potenciar la industria de los microprocesadores, pero algunas entidades ya se han adelantado en este proceso como Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Querétaro, Tamaulipas. Jalisco incluso creó una política pública titulada Jalisco Tech Hub Act en 2022 para consolidar la entidad como líder en innovación, tecnología y manufactura de alto valor agregado con una estrategia basada en tres pilares:

1. **Desarrollo de talento:** iniciativas educativas para formar y certificar a estudiantes y profesionales en competencias tecnológicas, como diseño de semiconductores y otras áreas STEM. Se espera capacitar a más de 60,000 estudiantes anualmente y certificar 3,000 profesionistas en competencias clave.
2. **Incentivos gubernamentales:** Otorgar incentivos fiscales y apoyar a pequeñas y medianas empresas en su adaptación a la industria 4.0
3. **Reserva territorial:** Se asignarán 139.7 hectáreas de terreno con valor comercial para atraer empresas tecnológicas estratégicas, favoreciendo el desarrollo de polos industriales y tecnológicos en la entidad.

Iniciativas como las de Jalisco representan el primer paso para colocar a México en el sendero de potencias mundiales en la cadena de valor de los semiconductores, y el tiempo no sobra. De acuerdo con **expertos**, existe una ventana de 5 a 10 años para capitalizar estas oportunidades y se prevé una expansión hacia entidades que ya tienen infraestructura o clústeres industriales.

Adicionalmente se espera que se aparezcan empresas que realicen actividades en nuevas **áreas de especialización** más allá de los procesos de montaje, prueba y ensamblaje como el diseño de chips, creación de software y materiales especializados.

Mientras que la IA automatiza empleos en numerosos sectores, la **industria de semiconductores** está creando empleos altamente especializados y bien remunerados. Esto es crucial para México, ya que ofrece una alternativa a sectores laborales que podrían verse desplazados por la automatización.

Organizaciones gremiales como la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información también desarrollan estrategias propias como el **Plan Maestro para el Desarrollo de Semiconductores 2024-2030** que propone una inversión de al menos 10 billones de dólares para impulsar la manufactura, diseño, investigación y desarrollo, así como la prueba y ensamblaje de microprocesadores.

04 | Palancas de transformación regional

La urgencia de atender retos para el desarrollo industrial en México

La Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) que representa al principal sector de manufactura y exportación del país, publicó en noviembre de 2024 un decálogo de propuestas para impulsar la electromovilidad que resume bien los retos que tiene México en general para el desarrollo industrial en sectores de alta sofisticación: “se requiere detonar diálogos entre el nuevo gobierno y la industria para desarrollar una política pública integral para la Electromovilidad, así como trabajar juntos en construir condiciones mínimas como energía suficiente, accesible y limpia; infraestructura física y digital en operación aduanera; fuerza laboral automotriz con nuevas capacidades; marco normativo actualizado; y condiciones de seguridad garantizadas. Lo anterior, con el objetivo de facilitar las operaciones adecuadas de las automotrices ya instaladas en el país y así también impulsar la atracción de nuevas inversiones que permitan su expansión”¹⁸.

A continuación, se analizan algunas de las principales palancas que pueden contribuir a realizar esta transformación necesaria.

Energía y sostenibilidad

México cuenta hoy en día con una capacidad instalada de 89 Gigavatios de los cuales el 32% tiene como origen fuentes renovables y el resto proveniente de otras tecnologías mientras que la demanda del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en 2023 fue de 345,439 GWh en seis sectores tarifarios donde las empresas medianas y la gran industria, concentran el 37.4% y 23.7% del consumo del SEN, respectivamente.

El crecimiento de la industria actual requiere añadir 25 Gigavatios de capacidad de generación de electricidad y una inversión cercana a 40 mil millones de dólares. Adicionalmente, se requerirá inversión adicional en infraestructura de transmisión y distribución de energía eléctrica para mejorar la accesibilidad y reducir costos a usuarios finales.

Otro energético relevante en México es el gas natural cuyo consumo ha crecido en los últimos años, impulsado por actividades industriales y la generación eléctrica. El país registró un consumo cercano a los 8.2 billones de pies cúbicos diarios el año pasado, siendo el sector eléctrico el principal consumidor, seguido de las industrias de manufactura y petroquímica. De acuerdo con las proyecciones del centro del ente gestor de la red de gasoductos nacionales Cenagas, se prevé un incremento adicional de 1.7 billones de pies cúbicos diarios entre 2024 y 2038 debido a la expansión en industrias clave y nuevos proyectos de infraestructura energética.

La manufactura de microprocesadores es una actividad intensiva en consumo eléctrico que inicia con procesos de extracción y refinado de materias primas como cuarzo para la producción de silicio. Este material se somete posteriormente a una purificación que requiere gran cantidad de energía.

Con los materiales listos comienza la fase de fabricación que incluye pasos como la aplicación de capas delgadas de materiales, la creación de patrones para los circuitos mediante un proceso de impresión llamado litografía, el grabado químico y la inserción de iones para ajustar las propiedades del material. Todas estas fases emplean maquinaria con altos consumos de electricidad.

Gobierno y sector privado deberán trabajar en conjunto para que las inversiones requeridas ocurran en tiempo para afrontar la potencial instalación de nuevos parques industriales y los aumentos en las producciones actuales.

Hay que considerar además que las empresas que buscan expandir sus operaciones en México están cada vez más obligadas a considerar no solo la regulación ambiental y de impacto social vigente, sino también las futuras modificaciones que se implementarán en cuanto a productos de menor impacto ambiental, transición hacia energías limpias para reducir la huella de carbono, y gestión responsable del agua, no solo en términos de consumo, sino también en su tratamiento y reutilización.

México, a pesar de su riqueza natural y capacidad de absorción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), contando con alrededor del 70% de la biodiversidad mundial, ocupa el noveno lugar en emisiones brutas de GEI¹⁹, lo que refleja una mayor intensidad de emisiones de la esperada para una economía de su tamaño.

Adicionalmente, como miembro del T-MEC, México cuenta con múltiples obligaciones enfocadas en la protección ambiental y la mitigación del cambio climático y se ha comprometido a cumplir con acuerdos internacionales, como el Acuerdo de París, y a implementar políticas nacionales para reducir emisiones de GEI.

México cuenta con un marco regulatorio que busca proteger la biodiversidad, conservar los recursos hídricos, reducir la vulnerabilidad social, disminuir la emisión de GEI, identificar los efectos del cambio climático e implementar acciones de adaptación. Entre las principales regulaciones ambientales podemos mencionar las siguientes:

- Ley General de Cambio Climático, que entre las muchas obligaciones, estructuras y mecanismos que define establece por ejemplo la responsabilidad de reporte de emisiones directas e indirectas a través del Registro Nacional de Emisiones, para sectores que superen las 25,000 toneladas de CO₂ equivalente.
- Ley de Aguas Nacionales, que regula el uso, distribución y conservación del agua desde 2023, buscando un desarrollo integral y sustentable.
- La Taxonomía Sostenible de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), que orienta la inversión hacia actividades económicas alineadas con los objetivos climáticos y de desarrollo sostenible del país.

- La Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios presentada por la Secretaría de Energía (SENER), que establece el compromiso de coordinar la transición energética en el país de forma gradual y sistemática para llegar al 35% de generación con Energías Limpias en el año 2024 y con una meta de 50% para 2050²⁰.

Además de las regulaciones federales, varios estados han implementado leyes adicionales que fomentan la sostenibilidad, como la Ley General de Economía Circular en la Ciudad de México, la cual promueve la optimización de recursos, la reducción de residuos y la reutilización a lo largo de toda la cadena productiva. En este rubro destacan los impuestos al carbono establecidos en estados como Guanajuato, Querétaro, Tamaulipas y Yucatán²¹, que, entre sus objetivos, buscan crear mercados de carbono para compensar las emisiones y permitir que estas compensaciones se utilicen para el pago de dicho impuesto.

En paralelo, organizaciones como el Consejo Mexicano de Normas de Información Financiera y entidades certificadoras internacionales (como ISO, Sistema B y CEMEFI) están impulsando la transparencia en sostenibilidad. Por ejemplo, en 2024, el Consejo Mexicano de Normas de Información Financiera publicó sus primeras Normas de Información de Sostenibilidad (NIS)²², que buscan mejorar la resiliencia de las empresas ante los desafíos de sostenibilidad y facilitar la toma de decisiones estratégicas para su crecimiento sostenible. Además, entidades como el Sistema B exigen a partir de 2025 que las empresas certificadas cuenten con metas de emisiones netas cero (net-zero)²³, entre otras medidas.

Transición hacia la electromovilidad

Los vehículos eléctricos (VE) pueden contener hasta 3,000 microprocesadores que ejercen funciones de monitoreo y control de una diversidad de procesos al interior de un vehículo: desde la operación de las baterías hasta los sistemas de infoentretenimiento a bordo. Un vehículo de combustión interna cuenta entre un centenar y 300 microprocesadores.

El proceso de la transición hacia la electromovilidad implicará un crecimiento casi exponencial en la demanda de microprocesadores. Esto hace indispensable crear condiciones para habilitar un mercado norteamericano de microprocesadores. En segundo lugar, es preciso alinearse con las necesidades de y la regulación correspondiente a las metas globales de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y migrar hacia un consumo de energía más limpia que permita a empresas, gobiernos e individuos reducir el consumo de energías provenientes de fuentes fósiles como el petróleo y el gas.

Una diversidad de gobiernos y empresas, comprometidos con los objetivos del Acuerdo de París, han establecido ambiciosas metas para la transición hacia VE como estrategia clave para reducir las emisiones de GEI. Entre los compromisos y políticas tenemos varios fabricantes de automóviles que han anunciado compromisos firmes para transitar hacia una producción exclusiva de VE en los próximos años, alineándose con los objetivos climáticos globales.

Empresas como Volvo han establecido la meta de ser completamente eléctricas para 2030, mientras que Ford se compromete a solo vender VE en Europa para ese año. Estos compromisos reflejan una tendencia creciente en la industria automotriz hacia la sostenibilidad y la descarbonización del transporte.

El gobierno de los Estados Unidos ha comprometido que para el 2030 la mitad de los vehículos nuevos vendidos en el país generarán cero emisiones, apoyado por una red con medio millón de centros de carga para facilitar el funcionamiento de los vehículos eléctricos en viajes locales y de larga distancia.

En noviembre de 2021, el presidente Joe Biden firmó la Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act²⁴, que habilitó más de 7 billones de dólares en fondos para la instalación de estaciones de carga de vehículos eléctricos, creó programas de incentivos fiscales y planes de financiamiento federal para iniciativas de electromovilidad, como créditos para la adquisición de vehículos y la instalación de estaciones de carga.

Estos cambios resultan de gran relevancia para la estrategia de México, dada su participación en el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) y su rol como productor clave en la industria automotriz, pues las empresas que operan en el país deberán adaptarse a nuevas normativas y tendencias para mantenerse competitivas en un mercado que exige crecientes estándares de sostenibilidad y eficiencia energética.

México se ha consolidado como uno de los principales líderes en la exportación de vehículos eléctricos hacia Estados Unidos. En el primer semestre de 2024, México exportó vehículos por un valor superior a los 3 billones de dólares, solo superado por Alemania, según cifras del Departamento de Comercio de Estados Unidos. Este incremento representó un crecimiento interanual de más del 170% respecto al año anterior, lo que coloca a México como el segundo mayor exportador de vehículos eléctricos hacia el país vecino, superando competidores clave como Corea del Sur, Japón y el Reino Unido.

Este auge en las exportaciones refleja el rol estratégico de México en la industria automotriz global, especialmente en el contexto de las nuevas regulaciones y objetivos de sostenibilidad que están remodelando el sector.

Por ello varias armadoras de vehículos, (*original equipment manufacturers*, OEM) han expandido y diversificado la producción de sus plantas en México para fabricar vehículos eléctricos. Las marcas que ya producen vehículos eléctricos son General Motors en Coahuila y San Luis Potosí y Zacia en Puebla. La empresa germana BMW invertirá 800 millones de euros para construir un centro de producción de módulos de baterías en su planta de San Luis Potosí que se espera inicie operaciones en 2027²⁵.

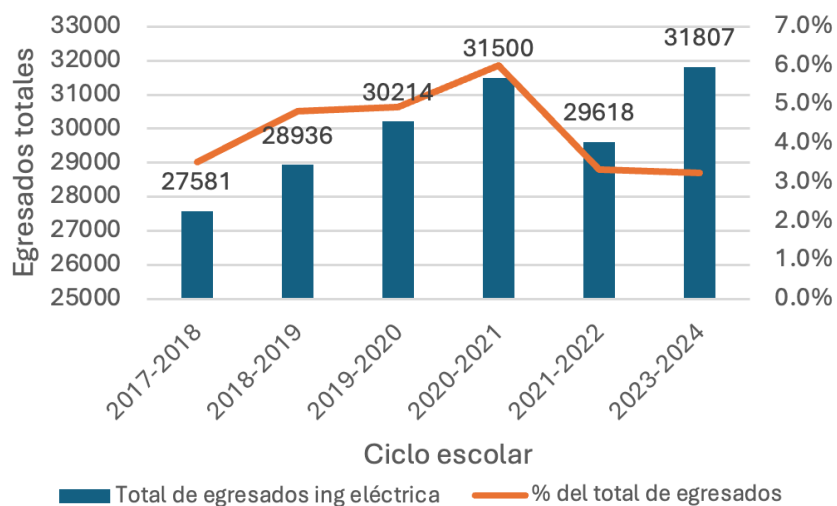
Dado el creciente enfoque en la sostenibilidad en México, sumado a los marcos regulatorios nacionales y las exigencias de sus socios comerciales, especialmente dentro de la cadena de suministro de América del Norte, es crucial implementar reglas, políticas e incentivos que favorezcan un entorno propicio para el desarrollo de las cadenas de valor y suministro.

Estos mecanismos deben apoyar especialmente a las industrias manufacturera y automotriz, promoviendo prácticas responsables y alineadas con los estándares internacionales de sostenibilidad. La adopción de políticas claras y efectivas no solo contribuirá a mejorar la competitividad de México en este sector, sino también a fortalecer su posición estratégica dentro del mercado global.

Talento e innovación

El talento es uno de los mayores retos para posicionar a México como pieza clave en la integración de cadenas de suministro de alta tecnología en Norte América. De acuerdo con Manuel Sandoval, quien lidera la estrategia de Industria 4.0 e inteligencia artificial en la Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (AMITI), la cantidad de egresados de ingeniería eléctrica, una de las principales carreras que demanda el sector de los microprocesadores no está creciendo al ritmo que se requiere para hacer frente a las nuevas oportunidades laborales; se tiene que contrarrestar esta tendencia para asegurar que se tenga una fuerza laboral que habilite el desarrollo de nuevas industrias.

Egresados Total Electrónica, Automatización y Aplicaciones de la Mecánica-Eléctrica



Elaboración propia con datos de Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior

Incrementar el capital humano mexicano disponible para el sector de microprocesadores es un trabajo de tres actores: sector público, sector educativo y sector privado.

El sector público debe incentivar con becas, subsidios o programas de apoyo a estudiantes de carreras afines al desarrollo de semiconductores mientras que las universidades deben actualizar programas educativos e introducir programas interdisciplinarios enfocados en el desarrollo de nuevas habilidades y técnicas para procesos industriales más complejos.

A su vez las empresas deben generar alianzas en conjunto con las universidades para ofrecer programas de mentoría, prácticas profesionales y pasantías que brinden a los estudiantes experiencia laboral temprana.

Deben también generarse los mecanismos y espacios para que el talento se traduzca a través de la investigación y el emprendimiento, en innovaciones de tres tipos:

1. Dirigida a aplicaciones que requieren frecuencias y niveles de potencia bajos a moderados, utilizados para alimentar computadoras, smartphones y diversos dispositivos de consumo.
2. Enfocada en aplicaciones de alta frecuencia, empleada en circuitos digitales de alta velocidad, dispositivos de microondas, diodos emisores de luz (LED) y láseres.
3. Relacionada con microprocesadores que operan con mayores voltajes, temperaturas de operación más altas y frecuencias de conmutación superiores en comparación con sus contrapartes tradicionales utilizados en vehículos eléctricos, sistemas de energía renovable y sensores.

La oportunidad para México a corto plazo radica en crear clústeres de innovación y empresas especializadas en componentes para semiconductores de las dos primeras categorías y que representan alrededor de la mitad del valor de mercado de semiconductores.

El objetivo final es desarrollar gradualmente la capacidad para producir microprocesadores de tercera generación en forma más eficiente.

Demanda por tipo de Uso (2021)

Categoría	Computadora	Telecomunicación	Vehículos	Consumidor	Industrial	Gobierno
Crecimiento anual	23.1%	24%	37.9%	28.9%	26.6%	26.4%
Valor (\$B)	175	170.6	69.1	68.4	66.9	5.8
Generación	Primera	Primera	Primera, segunda y tercera	Primera/segunda	Las tres	Las tres

Fuente: US Mexico Foundation. *Semiconductors The Next Near-shoring Frontier*. (2024).
 Disponible en: <https://usmf.squarespace.com/s/Semiconductors-101.pdf>

Un reto desafiante para México está en destinar recursos para impulsar labores de investigación y desarrollo en microprocesadores puesto que la inversión actual de México es del 0.5% del PIB, lejos del 2.5% promedio establecido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

México puede desarrollar iniciativas para incentivar el desarrollo de actividades de investigación y desarrollo de microprocesadores en el país.

- **Incentivos fiscales** para empresas que inviertan en y subvenciones para proyectos de investigación y desarrollo relacionados con semiconductores y microprocesadores.
- Construcción de **infraestructura para labores de investigación**.
- Fomento de **emprendimientos tecnológicos y empresas derivadas** (*spin-off*) enfocados en la industria de microprocesadores.
- **Acuerdos de colaboración** entre empresas y universidades.

Infraestructura

Durante el primer semestre de 2024, la demanda por espacios para el sector de manufactura industrial en México alcanzó 1.2 millones de metros cuadrados, reflejando un incremento del 39% respecto al mismo periodo en 2023. Los sectores de manufactura automotriz, de electrodomésticos y electrónicos impulsaron gran parte de esta demanda.

En paralelo la exportación de vehículos ligeros alcanzó un crecimiento del 10.7% durante el primer semestre de 2024 respecto al mismo periodo del año anterior, su punto más alto desde 2019. La demanda de la industria automotriz por *nearshoring* mostró un notable aumento anual del 37% debido al interés en la relocalización de operaciones de empresas extranjeras hacia el país según CBRE Research.

Jalisco se ha convertido en un epicentro de la industria nacional de semiconductores en tanto alberga aproximadamente el 70% de las empresas del sector. Tal crecimiento se ha visto impulsado por inversiones nacionales y extranjeras, especialmente en entidades del Bajío y norte del país con empresas como QSM Semiconductores, Micron y Foxconn instalando plantas y centros de ingeniería en Querétaro y Jalisco y que buscan fortalecer la producción y diseño de chips en México para aplicaciones automotrices y de consumo.

Además del espacio industrial, también es necesario fortalecer la infraestructura de transporte del país que incluye carreteras, ferrocarriles, puertos y aeropuertos, esenciales para el comercio nacional e internacional:

1. **Red de Carreteras:** México dispone de aproximadamente 400,000 kilómetros de carreteras, incluyendo 50,000 kilómetros de carreteras federales y autopistas vitales para la distribución de mercancías. Esta infraestructura enfrenta problemas de congestión y mantenimiento, especialmente en corredores industriales del Bajío y del norte del país.
2. **Infraestructura Ferroviaria:** Con 26,000 kilómetros de longitud, la red ferroviaria conecta áreas industriales y puertos, facilitando el transporte de productos pesados. Su expansión a través de proyectos como el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec busca mejorar la conectividad entre el Golfo de México y el Pacífico, ofreciendo alternativas de transporte al Canal de Panamá.
3. **Puertos marítimos:** Los puertos mexicanos de Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Altamira y Veracruz son cruciales para la importación y exportación de mercancías. Manzanillo maneja más del 40% de la carga en contenedores que se mueve por el país. Proyectos

de modernización portuaria han incrementado la capacidad en respuesta ante la demanda originada por la relocalización de empresas, aunque persiste el reto de manejar potenciales situaciones de saturación de la capacidad para manejar el tráfico de contenedores.

4. **Aeropuertos y carga aérea:** El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) y el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA) gestionan la mayor parte de la carga aérea en el país. En 2023, el AICM reportó más de 570,000 toneladas de carga, mientras que el AIFA está en proceso de asumir parte de este flujo para mejorar la distribución.

Entre las principales áreas de oportunidad para fortalecer la infraestructura de transporte y logística están:

- Mejorar el **mantenimiento y capacidad** de la red nacional de carreteras.
- **Expandir y diversificar la red ferroviaria** para conectar mejor las regiones industriales.
- **Invertir en tecnología y capacidad en puertos** para mejorar la eficiencia y la gestión de la carga.
- **Aumentar la generación de energía renovable** para atraer a empresas que priorizan la sostenibilidad.
- **Digitalizar procesos logísticos** para optimizar la cadena de suministro y mejorar la trazabilidad.
- **Optimizar sistemas informáticos** de las agencias aduanales para agilizar flujos de comunicación y acelerar operaciones de inspección en los cruces fronterizos.

Política pública e incentivos fiscales

El gobierno federal mexicano ha establecido políticas e iniciativas para mejorar el entorno de la industria de microprocesadores mediante incentivos fiscales y alianzas internacionales.

Un decreto presidencial en el Diario Oficial de la Federación se publicó para atraer industrias clave como semiconductores y vehículos eléctricos²⁶. Este año, México y Estados Unidos formaron una alianza bajo el Fondo Internacional de Seguridad e Innovación Tecnológica (ITSI) creado por el CHIPS Act de 2022 para fortalecer la cadena de suministro global de semiconductores y desarrollar talento en colaboración con la Universidad del Estado de Arizona²⁷.

A su vez, la Secretaría de Economía firmó en 2022 un acuerdo con Intel para potenciar la transferencia de recursos tecnológicos de innovación y capacitar talento especializado en microprocesadores en el país²⁸. Finalmente, este año el gobierno federal mexicano publicó un decreto para lanzar un convenio de colaboración para impulsar el desarrollo de la industria de semiconductores en México²⁹.

Sin embargo, existen áreas de mejora posible. México requiere de un trabajo colaborativo con sus socios comerciales para mejorar la atención de autoridades migratorias con un énfasis en la proporción de servicios consulares, accesos a visas de trabajo y disponibilidad de ventanillas únicas de atención a inversionistas segmentadas por industria por medio de la Secretaría de Economía. Esto con el fin de agilizar el diálogo y brindar atención expedita a extranjeros y expatriados que buscan reubicarse en México por temas laborales o de inversión.

El gobierno federal ha impulsado políticas públicas locales acompañadas de medidas e incentivos fiscales, sin embargo, se requiere de políticas y regulaciones adicionales que deberían partir de un nivel nacional (probablemente a través de un plan nacional) y posteriormente aterrizar de manera local a nivel estatal.

Una reforma regulatoria armonizada desde las entidades que incluya políticas, garantías e incentivos que brinden certidumbre y validez jurídica a las empresas internacionales que ven a México como una oportunidad estratégica de inversión de *nearshoring* será el camino para que el país, nuestro país, se convierta en un jugador de primera línea en la industria de los microprocesadores.

05 | Consejos y recomendaciones finales

Una vez recorrido el camino desde la oportunidad que representan los movimientos geopolíticos actuales para integrar una cadena de suministro regional norteamericana de alta tecnología, hasta el rol particular que juega México en esta visión del «*Designed in North America*» y los retos que tiene para realizarla, se resumen a continuación los principales ejes de acción específicos para gobierno, empresas y academia, una “lista de pendientes” que, con humildad, ofrecemos como equipo para los diferentes agentes porque sin una acción conjunta este no va a volar.

Ojalá y ustedes lectores se sientan invitados a hacer uso de estas recomendaciones y compartirlas porque nuestra visión como equipo siempre fue investigación para la acción.

También compartimos unos párrafos finales de reflexión intergeneracional alrededor del propósito que pensamos ofrece esta coyuntura donde solo los antifrágiles, aquellos que según dice el autor Nassim Taleb, crecen ante el caos la incertidumbre y prosperarán frente a los estresores que nos depara el futuro.

Ejes de acción para tomadores de decisiones en el sector público

- **Establecer diálogos entre los sectores empresarial, académico y de gobierno** (federal y estatal) para detonar políticas, mecanismos y programas que incentiven la inversión de empresas ya establecidas en el país y la atracción de nuevas inversiones internacionales.
- **Impulsar becas, subsidios y programas de apoyo** para estudiantes de carreras afines al desarrollo tecnológico en habilidades CTIM (científicas, tecnológicas, ingenieriles y matemáticas).
- **Establecer programas de financiamiento** que impulsen iniciativas de investigación y desarrollo en tecnología de microprocesadores y sus aplicaciones.

Ejes de acción para líderes del sector privado

- **Buscar alianzas con las universidades** para ofrecer programas de mentoría, prácticas profesionales y pasantías que brinden a los estudiantes experiencia laboral temprana en áreas de desarrollo de microprocesadores.
- **Impulsar consorcios con entidades reguladoras** que ayuden a establecer normas y estándares técnicos, impulsar la innovación y aprendizaje, y promover la participación en foros nacionales e internacionales.
- **Fomentar el desarrollo de clústeres industriales** para construir un ecosistema empresarial para compartir mercados, tecnologías, insumos y mano de obra, impulsando una cadena de valor integrada.

Ejes de acción para líderes de la academia

- **Actualizar programas formativos e introducir programas interdisciplinarios** enfocados en el desarrollo de nuevas habilidades y técnicas para procesos industriales más complejos.
- **Crear centros universitarios de investigación** dedicados a la investigación avanzada, trabajando en colaboración con socios líderes de industria y ofreciendo programas educativos especializados.
- **Fomentar un diálogo colaborativo entre academia y gobierno** enfocado en estudiantes de bachillerato alrededor de las nuevas capacidades y habilidades técnicas requeridas dentro de las carreras profesionales para poder hacer frente a los retos y demandas laborales del futuro.

Soñar en grande no es monopolio de una facción o un partido. Somos el hemisferio que lleva el nombre de quien lo dibujó en el mapa mundial: Américo Vespucio y como región, Norteamérica posee fortalezas superiores a otras latitudes.

Nuestra provocación con este ensayo es plantar el concepto de ***Made in North America*** en el centro de la discusión de lo que resta del siglo 21 y emerge de la convicción profunda en la complementariedad entre Canadá, México y Estados Unidos. Ninguno podrá ser grande de manera aislada.

Cada nación debe preocuparse por su entorno nacional, pero en el gran esquema de las cosas la interacción armónica entre las tres naciones creará una región ganadora y de prosperidad compartida. Somos países que nos complementamos económica, pero sobre todo demográficamente y ¿qué es la vida sino la existencia de los hombres y mujeres?

Cuando los historiadores miren hacia atrás, a nuestra época, el primer cuarto del siglo 21, no verán al político A o la política B, al partido X al Y; verán las oportunidades que se nos presentan, oportunidades masivas para crecer la capacidad de cómputo dentro de una era de Inteligencia Artificial que apenas empieza y que amerita un estudio sobre su impacto en la región.

Es obvio, evidente, que México, Estados Unidos y Canadá quieran -y deban- aprovechar las oportunidades que exceden los riesgos. Este momento es para Norteamérica, como dice el clásico, uno claro y simple de aprovechar nuestra capacidad conjunta y decir a todo pulmón:

¡CARPE DIEM!

Adenda

Basamos este estudio en el antecedente de que entre 2017 y 2018 presenciamos una extensa retórica sobre la posibilidad de imponer aranceles en todos los sectores productivos por parte de los Estados Unidos.

En aquel momento prevaleció la voluntad de negociación de los tres socios comerciales, colaborando en la revisión integral del tratado de libre comercio entonces conocido como TLCAN, que se convirtió posteriormente en el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), marco actual de nuestra relación comercial.

Creemos que en los meses y años por venir nos enfrentaremos a un período similar de intensos intercambios de declaraciones y negociaciones en todos los niveles. No es gratuito que The Economist indicó en el otoño de 2024 que México es la nación más expuesta a los vaivenes de la administración estadounidense entrante de acuerdo con su “Trump Risk Index.”

Las oportunidades son reales como lo hemos vistos en estas páginas, pero también los riesgos de que por acción u omisión se desate un conflicto comercial que sabremos como se inicia pero no como se termina.

Estamos convencidos que prevalecerá el interés de los miembros de esta región llamada Norteamérica en la construcción de una comunidad trinacional, muy concretamente alrededor del tópico de esta investigación: los microprocesadores.

Esperamos por ello que nadie se dispare en un pie en el camino y que, ustedes, lectores interesados en una prosperidad compartida, actuarán como aliados en un proyecto que puede, con acciones concretas para beneficiar a los más de 500 millones de habitantes en sus respectivos países.

En esta época donde los chips son el nuevo engrane indispensables nuestra sociedad tecnológica y crecientemente para lo relacionado con los emergentes servicios de inteligencia artificial generativa, ser parte de esa cadena de valor hará la diferencia entre los ganadores y los perdedores de la economía del siglo XXI.

Los ejes de acción que hemos descrito reglones arriba representan nuestra aportación para que tomadores de decisiones en México y los demás países que pertenecemos a esta región tengan como herramientas para que los sectores público, privado y la academia pueden fungir como eficientes puentes de diálogo.

Un diálogo que será indispensable para crecer la idea de Norteamérica. Algo más allá que una región geográfica donde se reúnen Canadá, Estados Unidos y México; un punto de encuentro de talentos, personas e innovaciones.

Rossana Fuentes Berain
Ciudad de México, Diciembre de 2024

NOTAS

- 1 Gartner y TrendForce. Semiconductors Report. (2024).
- 2 Thadani, A., Allen, CA. (2023). *Mapping the Semiconductor Supply Chain: The Critical Role of the Indo-Pacific Region*. [Online] CSIS. Disponible en: <https://www.csis.org/analysis/mapping-semiconductor-supply-chain-critical-role-indo-pacific-region>
- 3 U.S. Bureau of Labor Statistics (2024). *Import/Export Price Indexes in the Semiconductor Industry*. [Online]. USBLS. Disponible en: <https://www.bls.gov/mxp/publications/industry-pamphlets/semiconductor-industry-facts.htm>
- 4 White House. (2022). Fact Sheet: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/fact-sheet-chips-and-science-act-will-lower-costs-create-jobs-strengthen-supply-chains-and-counter-china/>
- 5 Gobierno de Canadá. Innovation, Science and Economic Development Canada. (sin fecha). Disponible en: <https://ised-isde.canada.ca/site/digital-technologies-ict/en/canadian-semiconductor-industry>
- 6 Gobierno de Canadá. *Ibidem*. Disponible en: <https://ised-isde.canada.ca/site/digital-technologies-ict/en/canadian-semiconductor-industry>
- 7 Gobierno de Brasil. CHIPS, Cloud, and Robotics: Brazil commits BRL 186.6 billion to drive industrial digitalization. Disponible en: <https://www.gov.br/planalto/en/latest-news/2024/09/chips-cloud-and-robotics-brazil-commits-brl-186-6-billion-to-drive-industrial-digitalization>
- 8 Senado de Colombia. Radicación Proyecto de Ley por la cual se fomenta la industria electrónica y de semiconductores en Colombia. (2024). Disponible en: <https://leyes.senado.gov.co/proyectos%20/images/documentos/Textos%20Radicados/proyectos%20de%20ley/2024%20-%202025/PL%20047-24%20INDUSTRIA%20ELECTRONICA.pdf>
- 9 ONU Comercio y Desarrollo. *Costa Rica Launched a semiconductor roadmap to attract FDI*. (2024). Disponible en: <https://investmentpolicy.unctad.org/investment-policy-monitor/measures/4603/costa-rica-launched-a-semiconductor-roadmap-to-attract-fdi>
- 10 Murillo, Álvaro. *Línea directa entre San José y Silicon Valley: Costa Rica se perfila como semillero de 'chips' de Estados Unidos*. (2024). Disponible en: <https://elpais.com/america-futura/2024-04-22/linea-directa-entre-san-jose-y-silicon-valley-costa-rica-se-perfila-como-semillero-de-chips-de-estados-unidos.html>
- 11 European Parliamentary Research Service. *The EU chips act. Securing Europe's supply of semiconductors*. (2022). Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733596/EPRS-Briefing-733596-EU-chips-act-V2-FINAL.pdf>
- 12 Ministry of Investment, Regional Development and Informatization of the Slovak Republic. *National Digital Decade Strategic Roadmap of the Slovak Republic*. (2024). Disponible en: <https://mirri.gov.sk/wp-content/uploads/2024/03/National-Digital-Decade-Strategic-Roadmap-of-the-Slovak-Republic.pdf>
- 13 Grzegorzcyk, Marek. How Poland became key to Europe's semiconductor sovereignty. (2024). Disponible en: <https://emerging-europe.com/analysis/how-poland-became-key-to-europes-semiconductor-sovereignty/#:~:text=Poland%20has%20seen%20significant%20investments,foreign%20investments%20in%20Poland's%20history>
- 14 U.S. Embassy and Consulate in Vietnam. *Fact sheet: one-year anniversary of the U.S.-Vietnam comprehensive strategic partnership*. (2024). Disponible en: <https://vn.usembassy.gov/fact-sheet-one-year-anniversary-of-the-u-s-vietnam-comprehensive-strategic-partnership/>
- 15 Isaac, Julian. *U.S. supports Indonesia to become a semiconductor hub*. (2024). Disponible en: <https://indonesiabusinesspost.com/world/u-s-supports-indonesia-to-become-a-semiconductor-hub/>
- 16 FINSA. *Índice de Desarrollo Industrial 2023*. (2023). Disponible en: <https://blog.finsa.net/indice-de-desarrollo-industrial-2023/>
- 17 Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia y Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. *Oportunidades para el Nearshoring de Semiconductores en México*. (2024). Disponible en: <https://fumec.org/semiconductors>

- 18 Sánchez, Axel. *Automotrices piden a Sheinbaum mejorar infraestructura y trabajo conjunto en electromovilidad*. (2024). Disponible en: <https://www.milenio.com/negocios/amia-presenta-decalogo-de-propuestas-para-impulsar-electromovilidad>
- 19 Forbes. *México, en el top 10 de países con mayores emisiones de gases de Efecto Invernadero*. (2024). Disponible en: <https://forbes.com.mx/mexico-en-el-top-10-de-paises-con-mayores-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero/>
- 20 Secretaría de Energía. *Acuerdo por el que se aprueba y publica la actualización de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*. (2024). Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5714865&fecha=23/01/2024#gsc.tab=0
- 21 Mejía, Rafael. *El impuesto al carbono debe ser más que una recaudación, dicen los estados*. (2024). Disponible en: <https://esg.expansion.mx/finanzas-sostenibles/2024/08/15/impuesto-al-carbono-mas-que-recaudacion>
- 22 pwc. *Promulgación de las Normas de Información de Sostenibilidad (NIS) 2024 para empresas en México*. (2024). Disponible en: <https://www.pwc.com/mx/es/soluciones/esg/promulgacion-nis-2024-para-empresas-en-mexico.html>
- 23 Sistema B. *Actualización Importante Sobre Los Cambios En El B Corp Climate Collective Y Net Zero 2030*. (sin fecha). Disponible en: <https://www.sistemab.org/actualizacion-importante-sobre-los-cambios-en-el-b-corp-climate-collective-y-net-zero-2030/>
- 24 U.S. Department of Transportation. *Electric Vehicles & Rural Transportation*. (sin fecha). Disponible en: <https://www.transportation.gov/rural/ev>
- 25 Morales, Roberto. *México se perfila para liderar envíos de autos eléctricos a EU*. (2024). Disponible en <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-se-perfila-para-liderar-envios-de-autos-electricos-a-EU-20240826-0140.html>
- 26 Presidencia de la República. *Decreto por el que se otorgan estímulos fiscales a sectores clave de la industria exportadora consistentes en la deducción inmediata de la inversión en bienes nuevos de activo fijo y la deducción adicional de gastos de capacitación*. (2023). Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5704676&fecha=11/10/2023#gsc.tab=0
- 27 U.S. Department of State. *New Partnership with Mexico to Explore Semiconductor Supply Chain Opportunities*. (2024). Disponible en: <https://www.state.gov/new-partnership-with-mexico-to-explore-semiconductor-supply-chain-opportunities/>
- 28 Secretaría de Economía. *La Secretaría de Economía e Intel apuestan por el fortalecimiento de la cadena de suministro de semiconductores en México*. (2022). Disponible en: <https://www.gob.mx/se/es/articulos/la-secretaria-de-economia-e-intel-apuestan-por-el-fortalecimiento-de-la-cadena-de-suministro-de-semiconductores-en-mexico-299721?idiom=es>
- 29 Gobierno de México. *Convenio de Colaboración para impulsar el desarrollo de la industria de semiconductores que celebran la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Energía, la Secretaría de Economía, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, la Secretaría de Educación Pública, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías y la Comisión Nacional del Agua*. (2024). Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5729560&fecha=05/06/2024#gsc.tab=0

