



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA

FACULTAD DE ECONOMÍA ♦ DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFFECTOS DE LA AUTOMATIZACIÓN EN EL EMPLEO AUTOMOTRIZ MEXICANO:

2013-2022

TESIS

QUE PARA OPTAR EL GRADO DE:

Maestro en Economía

PRESENTA:

Vladimir Márquez Stone

TUTORA PRINCIPAL:

Dra. Seyka Verónica Sandoval Cabrera

Facultad de Economía, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dr. Edgar Ramón Arteaga Figueroa

Facultad de Economía, UNAM

Dra. Blanca Araceli Borja Rodríguez

Facultad de Economía, UNAM

Dra. Paty Aidé Montiel Martínez

Facultad de Economía, UNAM

Dr. Sergio Adrián Ordoñez Gutiérrez

Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Esta tesis está dedicada a mi madre y a mi padre, a Laura, Jacek y a mis abuelas
Reyna y Alicia

Agradecimientos

Puesto que esta tesis no surge de la nada, expreso mi más profundo agradecimiento a todos aquellos cuyas palabras y trabajos me han ayudado a terminarla y permitirme encaminarla hacia mis propios fines, especialmente a mi asesora y colega, la Dra. Seyka Verónica Sandoval Cabrera, cuyo conocimiento y empuje fueron invaluable para dar forma y terminar este trabajo. Estoy agradecido por su tutoría, su paciencia y su dedicación.

A mis compañeros y profesores de la Facultad de Economía, que desempeñaron un papel imborrable en mi trayectoria personal y académica. A los miembros de mi comité tutorial: la Dra. Paty Montiel, la Dra. Blanca Borja, el Dr. Ramón Arteaga y el Dr. Sergio Ordoñez, a quienes les agradezco su lectura y sus comentarios, y cuya retroalimentación y seguimiento me permitieron concluir esta investigación.

A Jacek Márquez Stone, a Lourdes Stone López y a Gilberto Márquez Salazar, quienes vivieron de cerca la trayectoria que me llevó a este texto, y vivieron de cerca también este camino antes de que yo naciera. Mi cariño y respeto por llevarme siempre a desafiarme y seguir aprendiendo. También agradezco a Eglantina Hernández y a Alina Victoria, cuyas fugitivas observaciones he tratado de combinar en este inusual soliloquio. A ellas y a todos, estoy agradecido por la oportunidad de trabajar juntos y tenerlos en mi vida.

Vladimir Márquez Stone

Octubre de 2023

Índice

Resumen	7
Introducción general	8
Capítulo 1. La automatización y sus efectos en los mercados laborales. Una revisión desde el desempleo tecnológico	12
1.1 ¿Qué es la automatización?	13
1.2 El desarrollo tecnológico y sus efectos en el empleo. Una revisión desde el pensamiento económico.....	18
1.3 Debates contemporáneos sobre automatización y sus efectos en el empleo y los salarios	26
Capítulo 2. La industria automotriz en México. Desarrollo, desafíos y oportunidades	36
2.1 El surgimiento de la industria automotriz en México	38
2.2 La consolidación exportadora de la industria automotriz mexicana	44
2.3 La economía de la innovación en las políticas de fomento industrial. La industria automotriz mexicana.....	54
Capítulo 3. La automatización en el sector automotriz mexicano. Efectos en el empleo y los salarios de 2013 a 2022	60
3.1 Automatización y empleo en la industria automotriz mexicana. Reflexiones y tendencias en el empleo y los salarios	62
3.2 El uso de robots industriales en el sector automotriz mexicano. Propuesta de un modelo econométrico	73
3.3 Discusión.....	78
Conclusiones	84
Referencias	88
Anexos.....	106

Índice de tablas, gráficas y figuras

Tablas

Tabla 1. Variables que sirven como indicadores de cuellos de botella para la automatización	29
Tabla 2. Funciones laborales rutinarias y no rutinarias	30
Tabla 3. Decretos federales automotrices.....	45
Tabla 4. Una tipología de políticas de innovación, ciencia y tecnología.....	55
Tabla 5. Automatización en algunas plantas automotrices en México	64
Tabla 6. Salario promedio mensual en la industria en la industria automotriz mexicana (pesos reales de 2018). 2007-2017.	70
Tabla 7. Estadísticas descriptivas	75
Tabla 8. Prueba de Hausman.....	76
Tabla 9. Prueba de heteroscedasticidad Breusch-Pagan.	76
Tabla 10. Prueba de multicolinealidad	76
Tabla 11. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	77
Tabla 12. Resultados del modelo econométrico. Efectos de los robots industriales en el número de personal y las remuneraciones	77

Gráficas

Gráfica 1. Instalación anual de robots industriales de 2010 a 2020. Mundial. Miles de unidades.....	17
Gráfica 2. Stock operativo de robots industriales de 2010 a 2020. Mundial. Miles de unidades.....	18
Gráfica 3. Producción anual de automóviles y vehículos comerciales por la industria mexicana. 1999-2022.....	49
Gráfica 4. Valor de producción de los productos elaborados en el sector automotriz. 2013-2022. Miles de pesos reales a diciembre de 2022	50
Gráfica 5. Participación de la industria automotriz mexicana en el PIB (%). 1993- 2020	51
Gráfica 6. Participación de la industria automotriz mexicana en el PIB manufacturero (%). 1993- 2020	53
Gráfica 7. Principales países compradores de robots industriales en 2020. Miles de unidades.....	61
Gráfica 8. Personal ocupado total en la industria automotriz. 2013-2022	67
Gráfica 9. Horas totales trabajadas por el personal ocupado. Miles de horas	68
Gráfica 10. Remuneraciones totales dependientes de la razón social. 2013-2022. Miles de pesos reales a diciembre de 2022.....	71

Gráfica 11. Remuneraciones per cápita de los trabajadores de la industria automotriz. 2013-2022. Pesos reales a diciembre de 2022	72
Gráfica 12. Remuneraciones per cápita de los trabajadores de la industria automotriz. 2013-2022. Por hora. Pesos reales a diciembre de 2022	72
Gráfica 13. Linealidad del modelo	75
Gráfica 14. Porcentaje de participación de las remuneraciones en el ingreso de la industria automotriz. 2013-2022.....	81

Figuras

Figura 1. Planta de Ford en La Villa, Ciudad de México. 1932.	39
Figura 2. Taller de ensamble de la fábrica Renault en Ciudad Sahagún, 1963.	41
Figura 3. Un trabajador en la línea de montaje de la planta de Ford Motor en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Figura 4. Brazos robóticos en una planta de BMW en San Luis Potosí. Se utilizan 500 brazos robóticos industriales fabricados por la firma alemana Kuka para evitar tareas extenuantes. En 2019, la empresa empleaba a 3.000 trabajadores..	52
Figura 5. Integrantes del Sindicato Independiente de Trabajadores de la Industria Automotriz Volkswagen (SITIAVW) en una protesta en Puebla.....	66
Figura 6. Variación en el empleo del sector automotriz. Estados selectos. 2013-2022.	79
Figura 7. Variación en las remuneraciones totales del sector automotriz. Estados selectos. 2013-2022. Pesos reales	80
Figura 8. Variación en la inversión en robots industriales. Estados selectos. 2013-2022. Pesos reales	80

Resumen

Esta tesis analiza los efectos de los robots industriales en el empleo y los salarios de los trabajadores de la industria automotriz mexicana de 2013 a 2022. A partir de debates contemporáneos sobre automatización y desempleo tecnológico, discutimos el desarrollo de la industria automotriz en México, la implementación de robots industriales y sus efectos en el empleo. Elaboramos un modelo econométrico con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM), la Secretaría de Economía (SE) y la Federación Internacional de Robótica (IFR) para analizar esta relación, donde encontramos que la adopción de robots industriales se correlaciona positivamente con el empleo y los salarios. Discutimos las implicaciones para las condiciones laborales de la industria automotriz mexicana, subrayando las consecuencias del cambio tecnológico.

Palabras clave: “Automatización”, “Robot industrial”, “Sector manufacturero”, “Empleo”, “Salarios”, “Industria automotriz.”

Clasificación JEL: E24, J21, O14

Abstract

This thesis analyzes the effects of industrial robots on the employment and wages of workers in the Mexican automotive industry from 2013 to 2022. Based on contemporary debates on automation and technological unemployment, we discuss the development of the industry automotive in Mexico, the implementation of industrial robots, and its effects on labor. We elaborate an econometric model with data from the Monthly Survey of the Manufacturing Industry (EMIM), the Secretary of Economics (SE), and the International Federation of Robotics (IFR) to analyze this relationship, where we find a positive correlation between the adoption of industrial robots and employment and wages. We discuss the implications of labor conditions in the Mexican automotive industry, emphasizing the consequences of technological change.

Keywords: “Automation,” “Industrial robot,” “Manufacturing,” “Employment,” “Wages,” “Automotive industry.”

JEL Classification: E24, J21, O14

Introducción general

Tecnologías como el aprendizaje automático, los robots industriales, el control numérico y la fabricación asistida por computadora se han desarrollado con rapidez en los últimos años ante la convergencia de avances en inteligencia artificial, minería de datos, potencia informática y algoritmos (Malone et al., 2020). Estos procesos han transformado la organización de las actividades productivas, propiciado la generación de ocupaciones y mejorado las perspectivas económicas globales, aunque también han suscitado debates en torno a las relaciones laborales, la privacidad y la regulación, además de ocupar un lugar destacado en el marco de grandes confrontaciones geopolíticas, como la competencia entre Estados Unidos y China (Lee, 2018).

Estas tecnologías tienen efectos sobre el trabajo. A pesar del consenso entre los economistas neoclásicos de que el desarrollo tecnológico no causa desempleo a largo plazo (Freeman y Soete, 1994, p. 25), existe una creciente evidencia de que la automatización de una variedad de ocupaciones de baja y mediana calificación ha contribuido a una mayor desigualdad salarial, y preocupaciones sobre el desempleo tecnológico han crecido desde la última década en el discurso político y académico (Brynjolfsson y Mitchell, 2017; Frey y Osborne, 2017). Estudios que analizan los efectos de estas tecnologías en el empleo y los salarios (Acemoglu y Restrepo, 2018; Aum et al., 2018) subrayan las condiciones en las que la automatización complementa o sustituye al trabajo (Acemoglu y Autor, 2011; Autor y Salomons, 2018) y el tipo de medidas que pueden mitigar la disrupción de estas tecnologías en los mercados laborales (Agrawal et al., 2019).

En México, la importancia de las exportaciones manufactureras, cuyas empresas representan los principales implementadores de tecnologías de automatización, han centrado estos debates en el país (Minian y Martínez, 2018; Sandoval, 2019). Desde las últimas dos décadas del siglo XX, los flujos de Inversión Extranjera Directa (IED) han conducido a una transformación en las industrias manufactureras mexicanas mediante la implementación de tecnologías como la robótica y las tecnologías de la información y comunicación (Cebberos et al., 2020). Como país receptor de tecnologías mediante la

IED, sus políticas económicas, incluidas sus políticas laborales, responden a las necesidades de esta inversión y marcan el ritmo de modernización del país, sin embargo, en los países en desarrollo, la investigación sobre los efectos de la automatización en los mercados laborales es escasa (Yeh et al., 2020; Carrillo, 2020; Plumwongrot y Pholphirul, 2022; Carrillo et al., 2023).

Un informe de McKinsey Global Institute postula que México, después de Tailandia, China y Brasil, es el país en desarrollo con mayor porcentaje de su fuerza laboral en riesgo de ser reemplazada por la automatización (Manyika et al., 2017). Dada la creciente importancia de las tecnologías de automatización en la industria mexicana, esta investigación busca identificar sus efectos laborales en una de sus ramas más esenciales: la industria automotriz, que se ha consolidado como la principal industria manufacturera en la generación de empleos, divisas y flujos de IED (Ordoñez, 2023).

Entre las tecnologías de automatización, una de las más destacadas son los robots industriales, máquinas autónomas que, en el sector automotriz, realizan tareas manuales como soldadura, pintura, montaje, manipulación de materiales y embalaje. La instalación de robots, liderada a nivel mundial por la industria automotriz, ha crecido en los últimos años (Acemoglu y Restrepo, 2020), donde se esperan cambios en la demanda laboral, y, en consecuencia, el empleo y los salarios (Brynjolfsson y Mitchell, 2017; Acemoglu y Restrepo, 2020; Hirvonen et al., 2022).

Aunque los robots industriales son solo una parte de la automatización, son convenientes para propósitos de medición, por lo que buena parte de la investigación económica se ha centrado en esta tecnología (Chiacchio et al., 2018; Dixon et al., 2021; Eggleston et al., 2021). Con base en esto, nuestra pregunta de investigación es: ¿cuáles son los efectos de la adopción de robots industriales en el empleo y los salarios de los trabajadores en la industria automotriz mexicana de 2013 a 2022? Nuestra hipótesis es que la adopción de robots industriales en el corto plazo tiene efectos disruptivos en el empleo y los salarios de los trabajadores de la industria automotriz mexicana.

Para analizar la adopción de robots industriales, empleamos métodos cuantitativos para relacionarlos con medidas de productividad, empleo y salarios durante

el periodo 2013-2022. Construimos una base de datos con información de la Secretaría de Economía (SE), la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM) y la Federación Internacional de Robótica (IFR) para analizar cambios en el empleo y los salarios de los trabajadores tras la adopción de robots industriales. Nuestro periodo de estudio se fundamenta en la disponibilidad de información en estas bases. Caracterizamos el mercado laboral manufacturero mexicano a partir de la adopción de robots industriales, discutimos la trayectoria tecnológica de la industria automotriz mexicana y evaluamos los efectos de las tecnologías de automatización en este sector. La estructura de la tesis consta de tres capítulos:

El Capítulo 1, “La automatización y sus efectos en los mercados laborales. Una revisión desde el desempleo tecnológico” presenta el marco teórico y conceptual de la investigación, analiza conceptos como desempleo tecnológico y automatización, y sitúa la automatización en la industria automotriz mediante las principales corrientes del pensamiento económico.

El Capítulo 2, “La industria automotriz en México. Desarrollo, desafíos y oportunidades”, describe el desarrollo de la industria automotriz mexicana, los antecedentes de la automatización en este sector y su consolidación a partir de políticas económicas como los Decretos Federales Automotrices y la firma del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC).

El Capítulo 3, “La automatización en el sector automotriz mexicano. Efectos en el empleo y los salarios de 2013 a 2022”, interpreta indicadores de la automatización en México y presenta un panorama de la implementación de los robots industriales en el empleo y los salarios de los trabajadores del sector automotriz durante el periodo 2013-2022. Planteamos un modelo econométrico y discutimos sus resultados.

El objetivo de esta tesis es analizar los efectos de esta integración tecnológica en el panorama laboral mexicano, caracterizado por un desfase entre el crecimiento de la productividad de la industria manufacturera y un relativo estancamiento de las condiciones salariales (Quintero Ramírez y Marinero, 2018). Esta investigación se basa en los planteamientos de Acemoglu y Restrepo (2017, 2018, 2019, 2020), identificados

como neoinstitucionalistas. Acemoglu y Restrepo afirman que los robots industriales causaron desempleo y redujeron los salarios manufactureros en Estados Unidos de 1990 a 2007 (Acemoglu y Restrepo, 2020), donde además destacan una polarización salarial entre la mano de obra "calificada" y "no calificada". Mediante un análisis de regresión del empleo y los salarios sobre los cambios en el número de robots industriales, encontraron que añadir un robot por cada mil trabajadores reduce la relación empleo-población entre 0,18 y 0,34 puntos porcentuales y los salarios entre 0,25 y 0,5 por ciento (Acemoglu y Restrepo, 2020).

Finalmente, consideramos posibles direcciones en política económica. Esta tesis busca informar los debates sobre los efectos de las tecnologías de automatización en la sociedad, además de contribuir en el diseño de estrategias para gestionar sus efectos en el empleo en la industria mexicana (Linares Zarco, 2018). Está dirigida a estudiantes de economía, profesores, investigadores y público en general, y esperamos que sea ilustrativa para fines de política laboral y tecnológica.

Capítulo 1. La automatización y sus efectos en los mercados laborales. Una revisión desde el desempleo tecnológico

“La nueva planta de la compañía de automóviles eléctricos Tesla en Fremont, California, utiliza 160 robots industriales altamente flexibles para ensamblar alrededor de 400 automóviles por semana. Cuando el chasis de un automóvil nuevo llega a la siguiente posición en la línea de ensamblaje, varios robots descienden sobre él y operan en coordinación. Las máquinas pueden intercambiar de forma autónoma las herramientas manejadas por sus brazos robóticos para completar una variedad de tareas. El mismo robot, por ejemplo, instala los asientos, se reacondiciona y luego aplica adhesivo y coloca el parabrisas en su lugar”.

--Martin Ford “Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future” (2015, p. 19)

La automatización en la economía ha sido un foco crítico de investigación por sus efectos en el empleo, los salarios, la educación, las habilidades y la productividad (Acemoglu y Restrepo, 2018).

La ciencia económica tiene un conjunto de posiciones y teorías sobre las fuentes del cambio tecnológico y sus efectos en el empleo que reflejan diferentes planteamientos teóricos, factores causales y reglas de interacción. En términos generales, mientras algunos economistas argumentan que, al igual que durante olas anteriores de progreso tecnológico, la automatización aumentará la demanda laboral y los salarios (Artuç et al., 2019), otros ven la transición hacia el trabajo automatizado como antesala una de aumentos en el desempleo y polarización económica (Frey y Osborne, 2017; Acemoglu y Restrepo, 2020).

A medida que se amplían los límites de lo que las máquinas pueden lograr, las preguntas sobre las implicaciones de la automatización en los mercados laborales, la dinámica del empleo y el desarrollo económico general han ocupado un lugar central en

el discurso académico y político (Brynjolfsson y McAfee, 2014; Ford, 2015). Según Yeh et al. (2020), existen tres perspectivas sobre los efectos de la automatización en el trabajo: una visión optimista (mejores empleos y salarios, aumentos en la productividad y la calidad de vida), una visión pesimista (las tecnologías de automatización conducen a una creciente polarización social y desempleo) y una visión neutral (es inconcluso).

En este capítulo analizamos temas, perspectivas teóricas y problemas comunes dentro de la ciencia económica sobre la automatización y sus efectos en el trabajo. En primer lugar, definimos la automatización, sus orígenes y base tecnológica, haciendo hincapié en la industria automotriz y los robots industriales. En segundo lugar, recorreremos el desarrollo tecnológico y sus efectos en el empleo dentro de las principales corrientes del pensamiento económico. Por último, discutimos los enfoques y estudios recientes sobre automatización y desempleo tecnológico con el objetivo de situar nuestra investigación dentro de debates contemporáneos.

1.1 ¿Qué es la automatización?

La Sociedad Internacional para la Automatización (ISA) define a la automatización como “la creación y aplicación de tecnología para monitorear y controlar la producción y entrega de productos y servicios”. Según la organización, la automatización involucra un conjunto de tecnologías como robótica, sistemas expertos, telemetría y comunicaciones, ciberseguridad, medición y control de procesos, sensores, aplicaciones inalámbricas e integración de sistemas (ISA, 2023).

En la literatura económica, la automatización se refiere al uso de tecnologías para realizar tareas sin necesidad de la intervención humana, creando eficiencias en la producción de bienes y servicios. Aunque procesos de automatización se han implementado desde la antigüedad clásica, y las propiedades de las máquinas discutidas por pensadores como Leibniz y Descartes (Smith, 2020, p. 20), su importancia económica parte de la Primera Revolución Industrial, que tuvo lugar de 1780 a 1840, con la invención de tecnologías como la jenny giratoria y el telar mecánico, que agilizaron tareas dentro de la creciente industria textil británica. Estos dispositivos, primero

utilizaron energía humana, agua y vapor para operar telares eléctricos, máquinas cardadoras y otros equipos industriales. La energía de vapor permitió la expansión ferroviaria y la explotación más barata de los recursos naturales, y las máquinas de viga produjeron una transformación en la producción textil, extendiéndose a otras industrias como los medios de consumo primarios, carbón y acero (Moore et al., 2018).

La eficiencia de esta maquinaria en términos de productividad y las implicaciones de su adquisición y el aprendizaje de sus usos tuvieron efectos significativos sobre el empleo (Acemoglu y Restrepo, 2018). Desde entonces, los debates sobre los efectos de la tecnología en los mercados laborales se han centrado en la sustitución de máquinas por trabajo como una forma de desempleo tecnológico o, en términos de la economía clásica, la sustitución de trabajo por capital (Woirol, 1996). Estas preocupaciones se han manifestado en diferentes períodos históricos cuando las nuevas tecnologías cambian las bases productivas de la sociedad, por ejemplo, a fines del siglo XVIII (con la máquina de vapor), a fines del siglo XIX (con la electrificación), a principios del siglo XX (con línea de montaje) y a fines del siglo XX (con la digitalización) (Pérez, 2010).

Para el sector automotriz, la creación del Modelo T por parte de la Ford Motor Company en 1908, el primer automóvil producido en masa en una cadena de montaje, dio espacio a una nueva configuración industrial que influyó en todos los sectores económicos, caracterizada por economías de escala, integración horizontal, estandarización de productos, jerarquías organizacionales, nuevos medios de transporte; infraestructura en redes de caminos, puertos y aeropuertos; cambios en el diseño urbano, electrificación, y telecomunicaciones analógicas globales (Pérez, 2005, p. 10). Tras la Segunda Guerra Mundial, la industria automotriz estuvo liderada por Estados Unidos, cuyas empresas desarrollaron tecnologías como transmisión automática, llantas radiales, varillaje de transmisión, dirección asistida y frenos de disco. La industria maduró en una era de cambios tecnológicos dentro de una férrea competencia entre fabricantes (Pérez. 2005).

Fue en este contexto que D.S. Harder acuñó el término "automatización" en 1946, mientras trabajaba para Ford, definiéndola como la transferencia de piezas de trabajo

entre máquinas sin intervención humana (la palabra deriva del griego "automotos", o movimiento autónomo). Estas ideas se consideraron al inicio como una jerga empresarial que reflejaba el entusiasmo económico del período de posguerra (Hitomi, 1994) y fueron desarrolladas por investigadores como Diebold (1953), quien popularizó los conceptos de procesamiento y uso de datos aceptados hoy en día en el estudio de la automatización, Drucker (1959), quien acuñó el término "trabajador del conocimiento" para referirse a la creciente importancia de las habilidades mentales en el mercado laboral, y Rogers (1962), quien destacó la contribución de la difusión, las patentes y el intercambio de conocimientos en la competitividad de las empresas.

A pesar de preocupaciones sobre los efectos de la automatización en el empleo a mediados del siglo XX, el desempleo industrial observado en las principales economías se contrarrestó con una expansión sostenida del sector de servicios, que absorbió la caída del empleo manufacturero (Smith, 2020; Mann y Püttmann, 2021). Estos procesos de "tercerización" coincidieron con la implementación de los primeros robots industriales en la fabricación de automóviles a partir de la década de 1960 por empresas como General Motors, y vieron un mayor uso después de la crisis del petróleo de los años setenta 1970, a medida que las empresas buscaban procesos más eficientes energéticamente (Pérez, 2016, p. 59).

Los robots industriales son máquinas programables capaces de moverse en tres o más ejes (Anzolin et al., 2020). La implementación de los primeros brazos robóticos en la producción industrial se centró en tareas como montaje, encolado, desplazamiento, traslado de contenido metálico o químico, y colocación de láminas y pinturas (Wang, 2020). Durante este período surgen las primeras técnicas de producción de flujo continuo, así como avances en los sistemas de control basados en la retroalimentación, dependientes de instrumentos eléctricos y electromecánicos (Pérez, 2016, p. 133)

La introducción de sensores informáticos permitió a los robots realizar tareas más complejas y trabajar junto a los humanos. La ola de automatización en la década de 1980 reemplazó, por ejemplo, los trabajos de soldadura y pintura en las plantas de ensamblaje automotriz (Wang, 2020). En el siglo XXI, algunos de los principales desarrollos han sido el desarrollo de vehículos eléctricos y autónomos, el mayor uso de materiales como fibra

de carbono y aleaciones ligeras, y tendencias tecnológicas hacia una mayor conectividad y electrificación de los automóviles (Anzolin et al., 2022).

De esta manera, la revolución industrial de la informática facilitó una restructuración productiva en las economías capitalistas basada de manera creciente en el conocimiento (Ordoñez, 2020). En la actualidad, las bases de la automatización radican en la integración de tecnologías que permiten a las máquinas realizar tareas con una mínima intervención humana bajo componentes tecnológicos como visión artificial, sensores, sistemas de control, internet de las cosas, algoritmos avanzados, computación en la nube e interfaces hombre-máquina (Acemoglu y Restrepo, 2018; Malone et al., 2020; Smith, 2020). De acuerdo con Ordoñez (2023), en la industria automotriz pueden distinguirse seis cambios tecnológicos y productivos clave a partir de la revolución informática:

1. El microprocesador y los sensores en equipos de producción
2. El desarrollo de capacidad de los automóviles para reaccionar al ambiente
3. La navegación por GPS que transformaron la concepción del automóvil como un espacio de navegación georreferenciada mediante satélite
4. Los vehículos en red, cuyo fundamento es el escalamiento en la capacidad de transmisión de las redes de interconexión
5. El paso del vehículo de motor de combustión interna al vehículo basado en energías limpias, en particular la energía eléctrica a base de baterías
6. El desarrollo del auto autónomo.

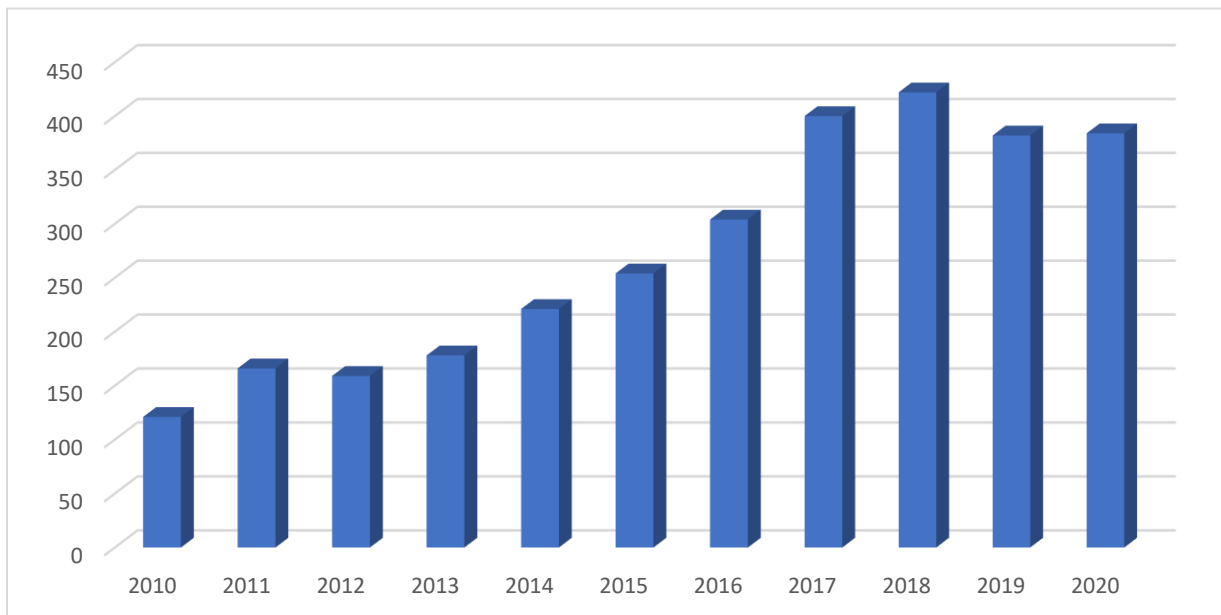
La comunicación entre máquinas, el *cloud computing*, el uso de aprendizaje automático y redes neuronales profundas proporcionan el fundamento de la inteligencia artificial¹, o el proceso de entrenamiento de algoritmos mediante la provisión de grandes

¹ La inteligencia artificial (IA) es un término utilizado para describir una amplia gama de tecnologías que permiten a las máquinas aprender de forma independiente y tomar decisiones basadas en los datos recopilados de su entorno. La IA puede analizar imágenes recopiladas en entornos agrícolas, filtrar datos operativos en entornos de fabricación o coordinar robots industriales en la logística. Además de sus efectos en el trabajo, esta discusión articula preocupaciones más amplias sobre la naturaleza de la

volúmenes de información y la exposición posterior mediante dispositivos sensoriales (Ordoñez, 2020). Mediante estas tecnologías, los robots se emplean para manipular y transportar materiales y componentes entre estaciones de trabajo, inspeccionar componentes, y para tareas de mantenimiento y reparación en equipos de producción (Acemoglu y Restrepo, 2020). Los robots, equipados con una cámara en sustitución del ojo humano, se desempeñan en tareas como soldadura, pintura, ensamblaje, selección y colocación de tableros de circuitos, empaque, etiquetado, paletización, inspección y prueba de productos (Arntz et al., 2017). Según la IFR (2021), en 2020 había más de 2,7 millones de robots industriales a nivel mundial, con más de 360,000 instalaciones en ese año (Gráficas 1 y 2).

Gráfica 1.

Instalación anual de robots industriales de 2010 a 2020. Mundial. Miles de unidades

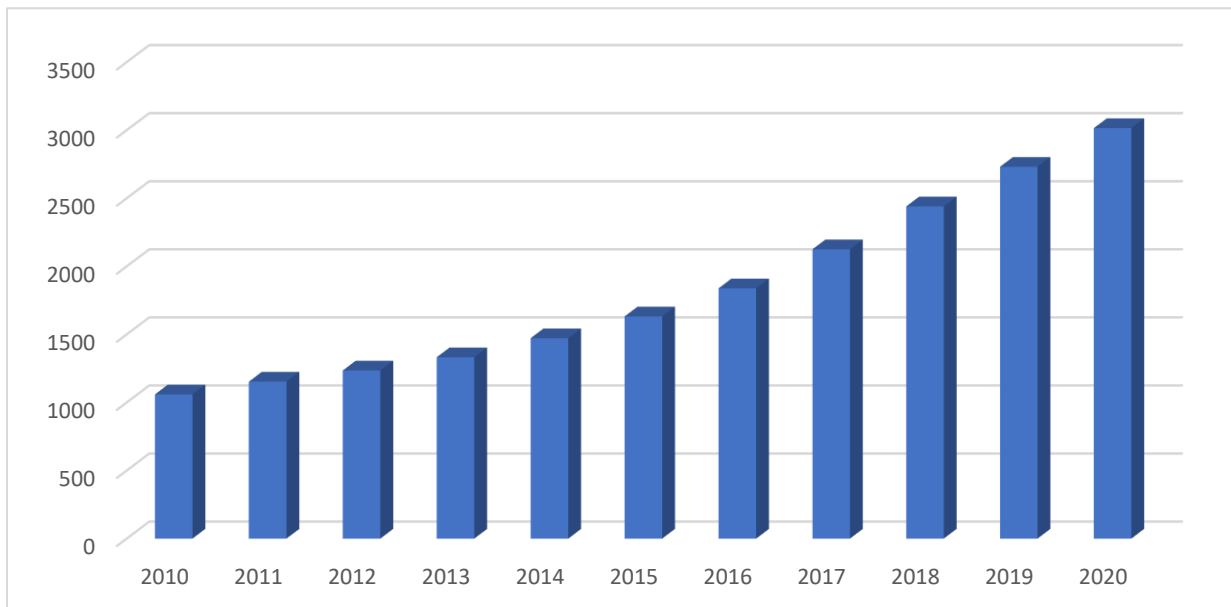


Fuente: elaboración propia con datos de la International Federation of Robotics (2021).

inteligencia artificial, donde podría conducir a una acumulación de poder, ya sea por parte de sus propietarios o de la propia IA (Arntz et al., 2017).

Gráfica 2

Stock operativo de robots industriales de 2010 a 2020. Mundial. Miles de unidades



Fuente: elaboración propia con datos de la International Federation of Robotics (2021).

Como veremos más adelante, la automatización es una consecuencia del desarrollo del capitalismo, permitiendo a las empresas aumentar sus ganancias al reducir costos, y reemplazar el trabajo humano con máquinas que realizan tareas de manera más eficiente. Desde la mecanización de la manufactura a principios del siglo XIX hasta la era actual de la inteligencia artificial y la robótica, la automatización ha transformado el trabajo y suscitado discusiones sobre sus implicaciones sociales y económicas, incluidas cuestiones como el desplazamiento de empleos y la desigualdad de ingresos. A continuación, exploraremos estas posturas en la historia del pensamiento económico.

1.2 El desarrollo tecnológico y sus efectos en el empleo. Una revisión desde el pensamiento económico

Tras la publicación de *La riqueza de las naciones* de Adam Smith, los economistas centraron dos proposiciones en la teoría económica. La primera es que la competencia asigna los factores de producción de una manera que maximiza la riqueza. La segunda

es que el ahorro y la acumulación de capital son requeridos para el crecimiento de los factores, donde el progreso técnico aparece como consecuencia de la división del trabajo (Smith, 1994[1776]). Smith destacó tres elementos que incrementan la productividad: incrementos en la habilidad de los trabajadores por la especialización, el ahorro de tiempo tras eliminar cambios de actividad y la invención de maquinaria. Smith advirtió que esta invención implicaba la degradación de las habilidades de una parte de la población activa que no está calificada para utilizar las nuevas máquinas.²

Dos de los economistas más prominentes del siglo XIX, David Ricardo y Karl Marx, centraron la estructura transformativa interna de las economías capitalistas como detonantes de lo que hoy llamaríamos desarrollo tecnológico (Elliott, 1980; Benchimol, 2019). En el capítulo "Sobre la maquinaria" de *Principios de economía política y tributación*, Ricardo discute la invención de nuevas tecnologías como la máquina de vapor y su impacto en las industrias manufactureras del Reino Unido, donde defendió el uso de maquinaria y la innovación como uno de los elementos críticos para evitar el estancamiento económico, aunque subrayó sus efectos negativos en parte de los trabajadores (Ricardo, 2014[1817]).³

Durante la Primera Revolución Industrial, estas posturas fueron elaboradas por reformadores sociales, quienes advirtieron las consecuencias laborales de las nuevas tecnologías. En 1835, el teórico escocés Andrew Ure elogió "la fábrica automática" como un instrumento del futuro en beneficio de los trabajadores y reformadores como Charles Fourier y Robert Owen sostuvieron ideas similares (Smith, 2020, p. 19). Al mismo tiempo, los industriales británicos promovieron la implementación de estas tecnologías como una medida para contrarrestar huelgas y otros mecanismos de presión de los trabajadores

² "Todo el mundo debe ser consciente de cuánto trabajo se reduce y facilita mediante la aplicación de maquinaria adecuada. Por medio del arado, dos hombres, con la ayuda de tres caballos, labrarán más tierra de la que veinte podrían hacer con la pala. Un molinero y su sirviente, con un molino de viento o de agua, molturarán a sus anchas más grano de lo que ocho hombres podrían hacer, con el trabajo más duro, con molinos manuales" (Smith, 1994[1776]).

³ "The opinion, entertained by the labouring class, that the employment of machinery is frequently detrimental to their interests, is not founded on prejudice and error, but is conformable to the correct principles of political economy" (Ricardo, 2014[1817], p. 392).

(Moore et al., 2018). Estos sucesos manifestaron intereses contrapuestos hacia las nuevas tecnologías industriales, que fueron interpretados como rasgos contradictorios de las economías capitalistas. El movimiento ludita de principios del siglo XIX en Inglaterra, representado por trabajadores textiles opuestos a la introducción de máquinas de tejer, es el primer ejemplo de protesta contra lo que hoy llamaríamos desempleo tecnológico (Fiorelli, 2018).

Para entonces, la industrialización se extendía por Europa, y pensadores de la escuela histórica alemana como Friedrich List destacaron la naturaleza orgánica de la sociedad para promover el desarrollo industrial mediante impulsos gubernamentales a la educación y formación de la fuerza laboral, e inversiones en infraestructura (Levi-Faur, 1997), sin embargo, fue Karl Marx quien colocó el proceso continuo de transformaciones técnicas en el centro del sistema capitalista. Elaboró su énfasis en *Elementos fundamentales para la crítica de la economía política*, donde argumentó que este modo de producción revoluciona la vieja economía precapitalista al derribar las barreras que limitan el desarrollo de las fuerzas productivas (Marx, 1976[1855]). Marx explica los incentivos del capital para desarrollar las fuerzas productivas y obtener ventajas sobre sus competidores. En “Maquinaria y gran industria” de *El Capital*, Marx describe la tecnología como mediadora del metabolismo humano con los procesos de la naturaleza, donde señala que, si en principio, esta reduce la carga de trabajo bajo el sistema de producción capitalista, pone en marcha la intensificación de la extracción de plusvalía y sienta las bases para las crisis (Marx, 1991[1867]), pp. 150-201).⁴

Al situar los detonantes del desarrollo de las fuerzas productivas, Marx planteó que la invención de la máquina de vapor en el siglo XVIII no provocó una transformación

⁴ “Whereas in the classical theory, changes in productive methods are treated as dependent upon essentially fortuitous inventions and discoveries, in Marx’s theory they become necessary conditions for the continued existence of capitalist production. (...). In the *Communist Manifesto*, Marx said: “The bourgeoisie cannot exist without constantly revolutionizing the instruments of production, and thereby the relations of production, and with them the whole relations of society.” In *Capital* he rooted this insight in the soil of economic theory. In this way he discovered one of the most important of the ‘laws of motion’ of capitalism which it was the announced intention of *Capital* to explore” (Sweezy 2018[1942], pp. 93-94).

industrial hasta la creación de máquinas-herramientas que emplearon vapor como fuente de energía, de manera que una revolución tecnológica se convierte en revolución industrial cuando irrumpe en la transformación de las máquinas-herramientas (Ordoñez, 2023). Marx subrayó la tensión entre la competencia y el interés del capitalista por recuperar la inversión en nuevas máquinas, lográndose con aumentar las tasas de explotación de la mano de obra. Este proceso conduce a un aumento en la composición orgánica del capital, medida por la relación entre el capital constante y el capital variable (Moore et al., 2018).

En medio de estas posturas que enfatizaron el desequilibrio traído por cambios tecnológicos, a fines del siglo XIX y principios del XX se consolidó la escuela neoclásica, donde economistas como Carl Menger, William Stanley Jevons y León Walras propiciaron un interés hacia el equilibrio de los sistemas económicos (Barbieri et al., 2020). Los cambios tecnológicos desencadenados en la Primera y Segunda Revolución Industrial, que eliminaron puestos de trabajo, pero crearon aún más, fortalecieron esta posición (Woirol, 1996).

Desde la economía neoclásica, el progreso tecnológico reduce los insumos laborales, abarata los costos de producción y aumenta el punto de oferta de equilibrio, que requerirá un aumento de los insumos laborales agregados (Freeman y Soete, p. 25; Barbieri et al., 2020).⁵ Hacia mediados del siglo XX, los economistas neoclásicos formalizaron modelos de crecimiento que, a través de una función de producción agregada, atribuyeron el crecimiento a cambios en la dotación de factores productivos, entre los cuales el residuo de sus estimaciones podría definirse como el progreso tecnológico (Solow, 1956). Estos supuestos fueron ampliados al incluir la I+D y el aprendizaje práctico (Arrow, 1962), el capital humano (Becker, 1964) y el estimar estos

⁵ This neo-classical general equilibrium framework can be said to correspond most closely to present-day traditional economic views on technical change and employment. Technological change may indeed result in some temporary unemployment, but with efficiently operating labour and capital markets there is no basic economic problem arising from the introduction of new technology” (Freeman y Soete, 1994, p. 25).

avances como resultado de la acumulación de mejoras en los procesos productivos (Nordhaus, 1969).

Desde la década de 1980, los modelos neoclásicos han incorporado aspectos de innovación y cambio tecnológico como fenómenos endógenos (Mankiw, Romer y Weil, 1992). Una literatura empírica surgida de estos trabajos ha estudiado el progreso tecnológico mediante factores como el número de patentes, el valor económico asociado a las mismas, la productividad laboral o Productividad Total de los Factores (PTF) y la experiencia acumulada en I+D (Grossman y Helpman, 1991). Algunos análisis neoclásicos apuntan a que los mercados invierten menos de lo óptimo en innovación por rasgos como la incertidumbre de las empresas, la apropiación incompleta de los rendimientos de la innovación y las asimetrías de información (Laranja et al., 2008). De esta manera, la corrección de las fallas del mercado, mediante la oferta bienes públicos, la resolución de problemas de coordinación o subsidios a actividades con externalidades positivas, pueden convertirse en objetivos de política.

Estas discusiones subrayan diferencias teóricas en la capacidad y rapidez con que los mecanismos de compensación pueden restaurar los niveles de empleo y el papel que debe jugar el Estado en este proceso. El desempleo tecnológico se convirtió en un problema más reconocido a medida que la industrialización condujo al desarrollo de nuevas formas de organización laboral. Durante la Gran Depresión, se extendió la implementación de programas gubernamentales para reincorporar a los trabajadores desempleados por el cambio tecnológico y nuevas posiciones teóricas cuestionaron la preponderancia de los libres mercados en la industrialización (Woirol, 1996).

John Hicks (1932) diferenció dos tipos de progreso técnico: neutral, que mantiene la relación capital-trabajo, y sesgado, donde las productividades del capital y del trabajo aumentan a desproporción, donde observó que el producto marginal del capital tiende a incrementarse más que el del trabajo. Si el cambio tecnológico aumenta la productividad de los trabajadores, estos pueden ejercer presión a los empleadores para que compartan las ganancias. El reparto de utilidades se traduce en mayores salarios y consumo para los trabajadores, que aumentan la demanda laboral mediante una mayor demanda de

bienes y servicios, sin embargo, es posible que cambios en los salarios tengan o no efectos directos sobre la demanda, debido a que los insumos son sustitutos imperfectos y la mano de obra es una categoría heterogénea (Barbieri et al., 2020).

En los años treinta del siglo XX, John Maynard Keynes (1930, p. 3) explicó que el desempleo tecnológico ocurre "... porque nuestro descubrimiento de los medios para economizar el uso de la mano de obra [está] superando la tasa a la que podemos encontrar nuevos empleos para la mano de obra disponible". Keynes argumentó que los trabajadores desplazados por la tecnología quedarían desempleados en el corto o mediano plazo, pero como una "fase temporal de desajuste" y confió en la posibilidad de solucionar el problema a través de medidas como la reducción de jornada laboral. Para Keynes (1939), estas fluctuaciones, producto de demanda agregada insuficiente, se conectan por la psicología, donde las expectativas y proyecciones de posibles ganancias ocurren en escenarios de incertidumbre donde deben tomarse decisiones en el ámbito político, económico y moral.

A nivel internacional, a mediados del siglo XX se instauró un patrón de industrialización donde la transformación del sector manufacturero emergió como determinante en el desarrollo nacional. Paul Krugman (1992) llamó "teoría del alto desarrollo" a las ideas sobre economías externas y complementariedad estratégica producidas durante las décadas de 1940 y 1950 por autores como Paul Rosenstein-Rodan, Arthur Lewis, Nicholas Kaldor, Albert Hirschman y Gunnar Myrdal.

Estos autores argumentaron que aprovechar la oferta de factores, como la tecnología, requiere la coordinación del Estado en la generación de economías de escala y externalidades pecuniarias. También situaron estos planteamientos en los problemas del subdesarrollo, donde la existencia de trampas de bajo nivel como equilibrios localmente estables es consistente con una fuerza laboral que recibe bajos salarios y una baja tasa de retorno del capital, ante un patrón de especialización productiva con una escasa presencia de sectores con rendimientos crecientes (Ros, 2013). Así, mientras los enfoques neoclásicos pueden enfatizar las intervenciones del Estado para corregir fallas del mercado en la implementación de tecnologías, para estos teóricos del

desarrollo la tecnología es uno de varios factores críticos que, mediante intervención del Estado, llevan al desarrollo de industrias con rendimientos crecientes. Estos teóricos enfatizan que, en el mundo real, los mercados no competitivos, la rigidez de los precios y las expectativas pesimistas pueden dificultar la transición hacia actividades que hagan mayor uso de tecnologías avanzadas (Krugman, 1992).

En respuesta al carácter del progreso tecnológico en las economías capitalistas, Joseph Schumpeter 1978[1912], en su libro *Teoría del desenvolvimiento económico*, había enfatizado años atrás que el cambio tecnológico no puede reducirse a la innovación de procesos, sino representa además una perturbación del equilibrio que dinamiza a las economías capitalistas. La acumulación de capital es cíclica mientras innovación se da por saltos, donde el cambio emana desde dentro del sistema en un proceso que llama “desenvolvimiento”.⁶ Schumpeter acredita a Jean-Baptiste Say como el primero en reconocer la “función de combinación” del empresario, donde las innovaciones son concebidas como “el uso diferente del stock de medios productivos del sistema económico” (Schumpeter, 1942, p. 66). En *Capitalismo, Socialismo y Democracia*, Schumpeter se centró en los efectos macroeconómicos de estas nuevas combinaciones y su papel en las características cíclicas del sistema, donde el capitalismo “solo puede entenderse como un proceso evolutivo de continua innovación y destrucción creativa” (Schumpeter, 1942).

La retroalimentación positiva entre cambios macroeconómicos y tecnológicos conduce a cascadas de innovación. Este “mecanismo schumpeteriano” enfatiza que el cambio tecnológico conduce a la introducción de productos y el surgimiento de nuevas ramas de producción y estímulos al consumo que incrementan la demanda y, por lo tanto,

⁶ Entendemos por “desenvolvimiento” solamente los cambios de la vida económica que no hayan sido impuestos a ella desde el exterior, sino que tengan un origen interno (...). El desenvolvimiento en nuestro sentido es un fenómeno característico, totalmente extraño a lo que puede ser observado en la corriente circular, o en la tendencia al equilibrio. Es un cambio espontáneo y discontinuo en los causes de la corriente, alteraciones del equilibrio, que desplazan siempre el estado de equilibrio existente con anterioridad (Schumpeter, 1978[1912], p. 74-75).

los niveles de empleo (Barbieri et al., 2020). Esta destrucción ocurre en saltos y discontinuidades, más que respuestas adaptativas a las necesidades de los consumidores. La dinámica del sistema está en el ámbito de la producción, y desde esta posición se opone al keynesianismo, que enfatiza la demanda (Elliott, 1980; Benchimol, 2019).

Las ideas de Schumpeter enfatizaron la innovación y los avances tecnológicos como medios en que las empresas obtienen ventajas competitivas, lo que conduce a la evolución y el progreso económicos. El término “economía evolutiva” se ha utilizado para designar un conjunto de escritos que se centran en el estudio de los procesos y sistemas económicos a medida que evolucionan y cambian con el tiempo. Nelson y Winter (1982, p. 51) destacan que las agendas de investigación de los economistas han relegado el análisis de las firmas, estudiándolas de manera estilizada. La destrucción creativa, en el sentido de Schumpeter (1942, p. 66), surge entonces como un proceso impulsado por agentes que, en el sentido de North (1993), actúan contra las reglas del juego.

El enfoque de “cambio tecnológico localizado” presentado por Antonelli (1998) sostiene que las empresas son inducidas a innovar por las condiciones de desequilibrio que surgen en los mercados de productos y factores, donde el problema estratégico de una empresa es desarrollar innovaciones que generen cuasi-rentas. Dados los precios fijados por los incumbentes, aparecen cuasi-rentas a favor de los nuevos entrantes que producen en condiciones tecnológicas y organizativas difíciles de imitar. Desde este marco, la demanda y los factores de empresa e industria son determinantes de la innovación, concebida como un proceso acumulativo con eslabonamientos limitados (Nelson, 2018). El conjunto de insumos de información, conocimiento y capacidades para la búsqueda de soluciones innovadoras son lo que Pavitt (1984) denomina “bases de conocimiento”. La aparición de métodos de producción desaparece industrias con una mayor intensidad de trabajo y la reubicación de capital resultante modifica la distribución de factores.

La automatización se ha caracterizado como un proceso evolutivo que transforma la relación de los seres humanos con la tecnología (Brynjolfsson y McAfee 2014; Anzolin et al., 2022). Aunque las nuevas tecnologías ofrecen beneficios económicos para las

empresas, su adopción depende de la planificación estratégica propia a las características de la industria, la conectividad de las organizaciones, el rol de las instituciones y los sistemas nacionales de innovación (Bell y Pavitt, 1992; Lundvall y Borrás, 2005). En respuesta a estas preguntas, el desempleo tecnológico se ha mantenido como un desafío importante, abordado en diferentes periodos por los economistas. Como veremos más adelante, aprovechar el potencial de la automatización en beneficio de los trabajadores y la sociedad en su conjunto requerirá identificar los elementos teóricos que definen el cambio tecnológico.

1.3 Debates contemporáneos sobre automatización y sus efectos en el empleo y los salarios

Un aspecto clave de la automatización, al igual que formas anteriores de desarrollo tecnológico, son sus efectos sobre el empleo. Debates actuales tienen influencias como la posición de Keynes (1930) respecto al desempleo tecnológico y autores como Schumpeter (1942) y North (1993) sobre la innovación y cómo las instituciones pueden promoverla mediante políticas. En el centro de este enfoque hay dos canales a través de los cuales la automatización puede afectar el empleo agregado: el *efecto desplazamiento*, que se refiere a detener el empleo de trabajadores particulares, y el *efecto productividad*, que resulta de la mayor escala de operación debido a aumentos en la eficiencia y conduce a una mayor demanda de mano de obra (Autor y Salomons, 2018).

A su vez, la discusión sobre beneficios y costos sociales de la automatización puede dividirse en dos temas: sus efectos sobre el bienestar agregado y sus efectos distributivos. Si bien, desde la experiencia histórica, las tecnologías de automatización, al igual que formas anteriores de cambio tecnológico, han conducido al crecimiento económico y aumentos del bienestar agregado, la adopción de estas tecnologías tiene efectos diferenciales entre tipos de trabajadores. Los trabajadores cuyas tareas son

complementarias a estas tecnologías se benefician, mientras los trabajadores cuyas tareas son sustituibles son perjudicados (Autor, 2022).

Uno de los "hechos estilizados" más notables de la economía mundial desde los años setenta ha sido la desaceleración en el crecimiento de la productividad. La correlación de la posguerra entre el aumento de la productividad y el aumento de los ingresos se rompió: a partir de los años setenta los salarios crecieron lentamente, hubo una disminución en la participación de los trabajadores en los ingresos y aumentos en la desigualdad. Estos hechos se observaron primero en los países ricos y después en países de ingresos medios, incluida la mayor parte de América Latina (Palma, 2014).

A mediados de la década de 1990, el crecimiento de la productividad en las economías ricas se recuperó después de un periodo de relativo estancamiento, lo que promovió una visión del crecimiento económico sostenido por innovaciones en tecnologías de información y comunicación (Pérez, 2005). El repunte de la inversión y el crecimiento del PIB fue acompañado de un aumento de la digitalización de los servicios empresariales, en particular desarrollos en contabilidad, inventario y gestión de la cadena de suministro (Smith, 2020).

Sin embargo, las tasas de crecimiento mermaron durante la década de los 2000. A partir de la Gran Recesión de 2007-2008, en medio de tasas de desempleo inusuales y sostenidas en la mayor parte de la década de 2010 (Lee, 2018; Acemoglu y Restrepo, 2019), algunos economistas han sostenido que los procesos de automatización en curso, ejemplificado por tecnologías como los robots industriales, la inteligencia artificial, el control numérico y la fabricación asistida por computadora, han contribuido a aumentos en el desempleo y la polarización económica (Frey y Osborne, 2017; Acemoglu y Restrepo, 2019) a partir de cambios en el empleo, los salarios y las habilidades.

En la teoría neoclásica de los mercados laborales, oferta y demanda interactúan para determinar combinaciones óptimas de empleo y salarios (Freeman y Soete, 1994, p. 25). Durante la segunda mitad del siglo XX, los economistas elaboraron un cuerpo teórico que planteó las dificultades de los trabajadores afectados por choques, ya sean comerciales o tecnológicos, para encontrar empleo (Ozdenoren, 2020; Artuç et al., 2010).

Este marco incorpora fenómenos como fricción de búsqueda: cuando existen trabajos, se necesita tiempo y esfuerzo para encontrarlos; inmovilidad ocupacional: la dificultad que los trabajadores pueden enfrentar cuando intentan cambiar de carrera o industria; desajuste de habilidades: una desconexión entre las habilidades que poseen los solicitantes de empleo y las habilidades buscadas los empleadores (Fiorelli, 2018).

Estas investigaciones encuentran que el desarrollo de nuevas tecnologías ha llevado a cambios en el empleo y la estructura salarial, donde los sectores más avanzados emplean en mayor medida a trabajadores con mayor educación y calificación técnica, los cuales demandan salarios más altos (Frank et al., 2019; Acemoglu y Restrepo, 2017). Conceptualmente, la discusión académica se ha centrado en desigualdades de "habilidades" y "cualificaciones" laborales. Investigaciones sobre el cambio tecnológico sesgado hacia estas habilidades muestra que la estructura salarial de los trabajos ha cambiado. Acemoglu y Autor (2011) muestran que la desigualdad económica aumentó entre la década de 1980 y la crisis financiera de 2007-2008, donde los graduados universitarios aumentaron sus ingresos, mientras que los salarios de graduados de preparatoria se estancaron. Además, los ingresos de los altos directivos y profesionales aumentaron con mayor rapidez.

Las pérdidas de empleo y la movilidad descendente atribuidas por algunos a la automatización se han citado como un factor detrás del resurgimiento de políticas nativistas y proteccionistas en algunos países (Frey et al., 2017). El crecimiento en el uso de robots industriales ha motivado políticas como impuestos a los robots y la renta básica (Bessen et al., 2020), así como visiones radicales de una sociedad "posterior a la escasez", donde los robots hacen la mayor parte del trabajo y los humanos descansan (Smith, 2020). Algunos economistas y grupos en contra del trabajo organizado sostienen que aumentos en los salarios mínimos y los beneficios laborales conducen a una mayor automatización y desempleo (Clemens y Withers, 2019). Para otros, centrarse en la automatización fue una excusa para justificar el desempleo persistente durante la década de 2010 y distrajo la atención de otras causas, como una política monetaria insuficientemente expansiva.

Más allá de estas posturas, existen dificultades para precisar los efectos de la automatización en el empleo y los salarios. Las tecnologías de automatización se encuentran lejos de igualar a los humanos en todas las áreas manuales y cognitivas (Brynjolfsson y Mitchell, 2017), y existen “cuellos de botella” que impiden una automatización homogénea de la economía (Ozdenoren, 2020) (Tabla 1).

Tabla 1

Variables que sirven como indicadores de cuellos de botella para la automatización

Cuello de botella para la automatización	Variables
Percepción y manipulación	Destreza de los dedos
	Destreza manual
	Espacio de trabajo reducido, posiciones incómodas
Inteligencia creativa	Originalidad
	Bellas Artes
Inteligencia social	Percepción social
	Negociación
	Persuasión
	Ayudar y cuidar a los demás

Fuente: elaboración propia con base en Ozdenoren (2020).

Para Dvorkin y Shell (2017), el trabajo humano puede dividirse en cuatro categorías de habilidades: tareas cognitivas rutinarias, tareas manuales rutinarias, tareas cognitivas no rutinarias y tareas manuales no rutinarias (Tabla 2). Las actividades más susceptibles para automatizarse han sido tradicionalmente las actividades físicas en entornos predecibles, como la operación de maquinaria, aunque de manera creciente la recopilación y el procesamiento de datos, por ejemplo, en cálculos de hipotecas, trabajo legal, contabilidad y procesamiento de transacciones administrativas. Por otro lado, la automatización tiene menos efectos en los trabajos no rutinarios que implican interacciones sociales, donde las máquinas no pueden, por ahora, igualar el desempeño humano. Los trabajos en entornos impredecibles: ocupaciones como jardineros, plomeros o proveedores de cuidado, también han visto menos automatización por razones técnicas, pero también porque se les pagan salarios más bajos. Un informe del

McKinsey Global Institute (Manyika et al., 2017) sugiere áreas para mitigar los efectos de las transiciones laborales:

- Mantener un fuerte crecimiento económico para apoyar la creación de empleo.
- Escalar el desarrollo de habilidades de la fuerza laboral.
- Mejorar el dinamismo empresarial y del mercado laboral, incluida la movilidad entre puestos
- Proporcionar ingresos y apoyo de transición a los trabajadores.

Otras acciones incluyen:

- Vincular instituciones de educación superior, centros de investigación, sectores empresariales y gobierno
- Invertir en educación;
- Cambios en la regulación de servicios y creación de infraestructura logística.

Tabla 2

Funciones laborales rutinarias y no rutinarias

	Cognitivo	Manual
Rutinario	Ventas y apoyo administrativo y de oficina relacionado	Construcción instalación, mantenimiento y reparación Transporte y movimiento de materiales
No rutinario	Gestión de empresas, operadores financieros, matemáticos, tecnologías de información	Asistencia sanitaria, cuidado personal y proveedores de servicios

Fuente: elaboración propia con base en Dvorkin y Shell (2017).

Sin embargo, además de afectar a los trabajadores que pierden su trabajo, el desempleo tecnológico también puede perturbar a quienes lo mantienen debido a los efectos de equilibrio general sobre los salarios y las probabilidades de emparejamiento (Acemoglu y Restrepo, 2020). La automatización afecta a ocupaciones y sectores específicos de la economía, aunque puede afectar todo el mercado laboral (Manyika et

al., 2017; Ozdenoren, 2020).⁷ Debido al efecto desplazamiento, tecnologías como los robots industriales pueden tener implicaciones diferentes para la demanda laboral que las tecnologías de profundización del capital o el aumento de factores (Acemoglu y Restrepo, 2020).

Desde los años 90 del siglo XX se han realizado un número importante de estudios empíricos (Dosi et al., 2021). Esta literatura se desarrolla en tres niveles: macroeconómico, sectorial y de empresa, y utiliza diferentes *proxies* para la tecnología, como el número de robots industriales o el volumen de inversión en Investigación y Desarrollo (I + D). La ventaja del análisis a nivel sectorial es la posibilidad de representar mejor el cambio tecnológico. La desventaja es que dificulta incorporar los efectos de compensación intersectorial. Desde la segunda mitad de los años 90, la atención se ha trasladado a conjuntos de datos longitudinales y metodologías de panel. En los años 2010, la atención se centró en el uso de variables instrumentales aplicadas en estudios sectoriales (Dosi et al., 2021).

En los robots industriales, los efectos de empleo son más pronunciados en la manufactura, concentrándose en ocupaciones rutinarias manuales, de ensamblaje y afines. Acemoglu y Restrepo (2020) analizan el efecto del aumento del uso de robots industriales entre 1990 y 2007 en los mercados laborales locales de EE. UU. Según sus estimaciones de variables instrumentales y mínimos cuadrados en dos etapas, un robot más por cada mil trabajadores tiene un impacto negativo significativo en términos de empleo.

Un análisis de panel de 43 países con diecinueve industrias manufactureras durante los años 2000-2014 indica una fuerte asociación entre desplazamiento laboral y la robotización dentro de países y sectores. El estudio encuentra que estos efectos de la automatización en los mercados laborales locales son más significativos para los trabajadores que no cuentan con un título universitario, hombres, y trabajadores de 44

⁷ Autor (2015) cita el ejemplo de Estados Unidos, donde a mediados del siglo XX la agricultura atravesó procesos de mecanización y automatización que llevaron a una disminución del empleo en el sector sin incrementar la tasa de desempleo en la economía.

años o menos, ejerciendo además una presión al alza sobre la desigualdad entre los trabajadores en los percentiles 90 más ricos y 10 más pobres de la distribución salarial (Acemoglu y Restrepo, 2020).

Chiacchio et al. (2018), investigando los mercados laborales de la Unión Europea (UE), sugieren que la introducción de robots se asocia negativamente con la tasa de empleo. Graetz y Michaels (2018) utilizan datos panel para estimar el stock de robots por millón de horas trabajadas dentro de las industrias en 17 países de 1993 a 2007. En contraste con los estudios anteriores, encontraron que la productividad laboral y el valor agregado aumentaron con los robots al medir la capacidad de reemplazar trabajadores con capital. Los cálculos mostraron que el uso de máquinas aumentó las tasas de crecimiento promedio en alrededor de 0,37 puntos porcentuales después de la dislocación. Estiman que los robots industriales aumentan la productividad y los salarios, pero reducen el empleo de trabajadores poco calificados.

Otros estudios han colocado un mayor énfasis en la composición del empleo agregado. Dauth et al. (2017) proponen un ejercicio empírico en localidades de Alemania utilizando datos de la IFR durante el período 1994-2014. Tras construir una medida de la exposición del robot para cada región, no encuentran evidencia de que los robots causen pérdidas totales de empleo, pero sí tienen un impacto negativo en el empleo en el sector manufacturero, contrarrestado por un efecto indirecto positivo en los sectores de servicios.

Con respecto a la composición del empleo agregado, un efecto observado de la automatización es brindar incentivos para que las empresas multinacionales mantengan su producción en sus países de origen (Faber, 2020), aumentando la competitividad de las manufacturas en los países ricos con los países en desarrollo (Krenz et al. 2018). El fortalecimiento de cadenas globales de valor en las décadas de 1990 y 2000 facilitó a las economías desarrolladas trasladar etapas de producción a los países en desarrollo, sin embargo, desde la crisis financiera de 2007-2008, la integración de estas cadenas se ha desacelerado. El comercio se ha concentrado en bloques regionales, y durante la década de 2010, la proporción del comercio entre países de ingresos altos y bajos disminuyó

(Stapleton, 2019). Esta tendencia hacia el *reshoring* es impulsada tanto por factores políticos y el aumento de los costos laborales, sobre todo en China, como por la disponibilidad de nuevas tecnologías. Acemoglu y Restrepo (2017) encuentran también que una mayor adopción de robots en algunos países europeos es una consecuencia de su envejecimiento demográfico más rápido que en Estados Unidos.

Para el caso de México, Artuc et al. (2019) afirman que el aumento de un robot por cada mil trabajadores en Estados Unidos redujo el crecimiento de las exportaciones mexicanas por trabajador a este país en 6.7 por ciento en el período 2004-2014, donde la exposición a la automatización estadounidense es mayor en los sectores más orientados a la exportación (Faber, 2020). Una observación del estudio es la expansión del sector informal, donde destaca que es más probable para los trabajadores desplazados encontrar trabajo informal (como trabajadores por cuenta propia, jornaleros o trabajadores familiares) que ser desempleados.

Por este motivo, la perspectiva del desempleo relacionado con la automatización ha llevado a algunos académicos a plantear que el crecimiento económico impulsado por la industria manufacturera puede haberse convertido en un modelo de desarrollo menos factible (Stapleton, 2019), algo destacable para los países en desarrollo, debido a la centralidad del sector manufacturero en el desarrollo en vertientes del pensamiento económico (Chang et al., 2016; Plumwongrot y Pholphirul, 2022). Ante esto, Rodrik (2016) ha destacado los riesgos de la “desindustrialización prematura”: un país en desarrollo que pierde su capacidad industrial sin enriquecerse primero. Esta desindustrialización se suma a las preocupaciones sobre el desempleo tecnológico porque los efectos de compensación de los trabajadores en las economías ricas, como los programas de reincorporación de trabajadores desempleados, escasean en los países en desarrollo, incluida la mayor parte de América Latina, cuya desindustrialización prematura ha ocurrido a través de procesos que Palma (2014) llamó de “destrucción no creativa”.

Al mismo tiempo, los estudios a nivel industria que analizan el impacto de los robots en el empleo manufacturero han encontrado efectos mixtos, consistentes con

teorías basadas en tareas que predicen diferentes niveles de desplazamiento versus productividad (Acemoglu y Restrepo, 2019). Investigaciones a nivel de empresa incluyen a Dixon et al. (2021), que analizan la adopción de robots en Canadá a nivel de empresas individuales. Sostienen que las empresas que adoptaron más robots contrataron a más personas, al tiempo que mejoraron la calidad de sus productos y servicios. Otro ejemplo es Eggleston et al. (2021), donde la adopción de robots en hogares de ancianos en Japón aumentó de manera considerable el empleo, aunque también resultó en que los enfermeros trabajaran menos horas y recibieran menores salarios.

Un argumento contra los pronósticos de un reemplazo masivo de trabajadores es que las tareas delimitadas en los contratos laborales, aunque estén correlacionadas con habilidades específicas, son insuficientes para capturar las características de una ocupación (Acemoglu y Restrepo, 2018). Los modelos centrados solo en este trabajo físico y cognitivo pueden sobreestimar los efectos de la automatización en el empleo. Arntz et al. (2017) argumentan que los trabajadores en las ocupaciones más expuestas a la automatización también realizan tareas que son difíciles de delimitar, como la solución de problemas o la influencia. La automatización puede reemplazar algunos trabajos, crea oportunidades en áreas como robótica, programación y mantenimiento.

A pesar de las predicciones temerosas u optimistas, la automatización homogénea de la economía, con la consiguiente sustitución de todo el trabajo humano por máquinas, es inviable en una economía capitalista basada en el trabajo asalariado (Smith, 2020). Para enfrentar cambios en la organización del trabajo ante tecnologías de automatización, Muro et al. (2019) recomiendan que las empresas se centren en utilizar estas tecnologías para trabajar con personas en lugar de sustituirlas, ofrecer formación a los trabajadores cuyas tareas se eliminarán o transformarán y, para las organizaciones laborales, ampliar sus funciones para brindar beneficios que antes estaban vinculados al empleo formal, como seguros y pensiones, desarrollo profesional e incluso conexiones sociales y un sentido de identidad (Malone et al., 2020).

En resumen, los niveles de empleo durante los años posteriores a la Gran Recesión de 2007-2008 se mantuvieron bajos y los salarios de los trabajadores en las

economías ricas se estancaron mientras aumentaron las ganancias para los propietarios del capital. La pandemia de Covid-19 aumentó la demanda de tecnologías digitales y la resultante crisis en la cadena de suministro global proporcionó más incentivos hacia la automatización (Coombs, 2020; Anzolin et al., 2022).

En los últimos años, la discusión sobre los efectos de la automatización en el empleo se está moviendo hacia una comprensión más matizada de sus beneficios e incertidumbres. Resolver la crisis ambiental requerirá nuevas direcciones en políticas económicas que promuevan la sostenibilidad, y los trabajadores deberán adquirir habilidades técnicas, de comunicación, negociación y trabajo en equipo (Malone et al., 2020). Podríamos plantear que la verdad se encuentra en algún punto intermedio, sin embargo, puede requerirse más que experiencia histórica y supuestos teóricos para comprender los efectos de las nuevas tecnologías en el empleo. Encontrar soluciones efectivas dependerá de cómo las sociedades se organicen y elaboren políticas, y claro, de cómo los economistas aborden el problema bajo diferentes estudios de caso, enfoques y técnicas; desafiando nuestras definiciones del tema.

Capítulo 2. La industria automotriz en México. Desarrollo, desafíos y oportunidades

“Nos obligaron a trabajar doce horas por turno, durante seis y a veces siete días a la semana. El salario promedio era menos de diez dólares por día. Además, la empresa no proporcionó suficientes prendas de seguridad. Los supervisores los vendían ilegalmente y teníamos que trabajar sin mascarillas, guantes y calzado apropiado. Si teníamos un accidente, nos obligaban a esperar hasta el final del turno. Así no nos pagarían por ello. Y si era urgente, nos llevaban a una clínica privada para mantenerlo oculto. De esta forma no se registrarían accidentes y la fábrica sería valorada y certificada como un lugar de trabajo seguro. Para las mujeres era aún peor. Eran acosadas sexualmente dentro de la fábrica y, a pesar de las denuncias, RRHH no tomó ninguna medida contra los agresores”.

--Testimonio de un extrabajador de la empresa mexicana de autopartes Teksid. Extraído de Quintero Ramírez y Marinaro (2018).

El sector automotriz es ilustrativo de la industrialización mexicana, articulándose en los modelos económicos vigentes en el país desde principios del siglo XX hasta la actualidad (Durán, 2016). Cortés (2023) propone cuatro etapas para su análisis. La primera comienza en 1925, con la instalación de la primera ensambladora en el país, y termina en 1962, cuando se dictan los primeros decretos federales de la industria automotriz, que marcaron una mayor integración del sector automotriz con políticas de Industrialización por Sustitución de Importaciones (ISI). La segunda abarca de 1962 a principios de la década de 1980, marcada por una participación más directa del Estado en la protección y crecimiento de la industria. La tercera va de mediados de los principios de los años ochenta hasta 1989, distinguida por una consolidación del sector exportador y la apertura comercial mientras se mantenía como objetivo la integración de la industria nacional, y de 1989 a la actualidad, orientada hacia el mercado internacional, cuya base tecnológica

se ha articulado en las redes de proveeduría y estrategias de las empresas transnacionales de automóviles.

La industria automotriz en México ha sido ampliamente estudiada. Gran parte de la investigación se ha centrado en las aportaciones económicas de la industria (exportaciones, productividad, valor agregado y participación en cadenas de valor) (Moreno Brid, 1996; Covarrubias, 2021). Otras publicaciones también han analizado el empleo y las condiciones laborales (Covarrubias y Bouzas 2016; García-Jiménez et al. 2021), y en años recientes, la articulación tecnológico-productiva de la industria, que incluyen la automatización y los robots industriales (Martínez, 2020; Márquez, 2022; Ramos et al., 2022; Ordoñez, 2023).

Este capítulo analiza el desarrollo de la industria automotriz mexicana y su desarrollo a partir de políticas económicas con el objetivo de responder: ¿Qué políticas e instituciones han promovido su crecimiento? ¿Cuál es su situación actual? ¿Qué capacidades tecnológicas ha desarrollado en materia de tecnologías de automatización? Frente a esto, proponemos un panorama de la industrialización mexicana, donde analizamos los procesos de articulación productiva de la industria automotriz y sus reconfiguraciones, discutiendo la importancia de estos cambios e ilustrando algunas políticas que impulsaron su trayectoria, reflexionando sobre la persistencia de dificultades en la consolidación del sector automotriz en México.

El capítulo está dividido en tres secciones. Primero, discutimos surgimiento de la industria automotriz y su consolidación durante la política de Industrialización por Sustitución de Importaciones (ISI). En segundo lugar, estudiamos el desarrollo del sector automotriz a partir de la apertura económica y se describe la estructura contemporánea de la industria. En tercer lugar, se analiza la dinámica de las políticas de innovación y desarrollo del país enfocadas a la industria automotriz. Las conclusiones subrayan los desafíos de los trabajadores de la industria, así como la caracterización del cambio tecnológico y la implementación de tecnologías de automatización en un país en desarrollo.

2.1 El surgimiento de la industria automotriz en México

De acuerdo con Haber (2018), la industrialización en México inició como un resultado endógeno del crecimiento del sector exportador durante el Porfiriato. El gobierno mexicano adoptó políticas proteccionistas a favor de la industria manufacturera a partir de la década de 1890, mientras la inversión extranjera proporcionó maquinaria, equipo y conocimiento de procesos productivos, impulsando las industrias minera, ferroviaria, siderúrgica y textil (Knight, 2010).

En los primeros gobiernos posteriores a la Revolución Mexicana, la expansión industrial se promovió mediante una mayor inversión pública, impulsos a la demanda interna y controles de importación para bienes de consumo. El Estado promovió la industrialización como estrategia para garantizar mayor estabilidad política que una economía dependiente de la extracción de recursos naturales, creó empresas y reguló las relaciones entre el trabajo y el capital mediante organismos públicos (Gracida Romo, 1997).⁸ Durante este período, el número de personas empleadas en el sector agrícola disminuyó, mientras aumentó en industrias como la química, del caucho, del metal y automotriz, servicios financieros, alojamiento, preparación de alimentos y entretenimiento.

La primera armadora automotriz, la ensambladora Buick, se estableció en 1921, aunque la apertura de una planta de Ford Motor Company en 1925 en la Ciudad de México, que albergó una línea de producción del Modelo T, suele considerarse el inicio de esta industria en el país (Arteaga, 2003). General Motors fue establecida en 1935 y

⁸ “En las tres décadas que siguieron a la Gran Depresión de los años treinta, las concepciones sobre el proceso industrial de México se fueron tornando más claras; las posiciones del gobierno y los grupos empresariales se definieron y se amplió la comprensión de los problemas que enfrentaba la vía industrial en un país subdesarrollado y con grandes atrasos a muchos niveles. Pero esto no significó que los obstáculos se pudieran superar, ni rápida ni totalmente. Algo se logró a pesar de las oposiciones externas y las contradicciones internas, la industrialización continuaría en amplitud y profundidad. Para el gobierno y los involucrados en apoyar el avance de la industria, no había marcha atrás.” (Fujigaki Cruz, 2015, p. 212).

Chrysler (bajo el nombre de Fábricas Automex) lo hizo en 1938 (Tapia Alba y Chiatchuoa, 2020). Estas plantas enfocaron sus actividades en el ensamblaje de vehículos y montaje a través de pequeñas empresas con bajos niveles de capital y mecanización (Haber, 2018). El crecimiento de las empresas de autopartes y servicios de reparación se destacó por la creciente participación del capital nacional, que encontró un espacio de expansión debido a los bajos requisitos técnicos y escalas productivas reducidas, que hicieron competitiva la producción de partes como radiadores, amortiguadores, baterías, equipos eléctricos, resortes de suspensión y bielas (Bustamante, 1975).



Figura 1. Planta de Ford en La Villa, Ciudad de México. 1932 (García, 2020).

A partir de la década de 1940, el crecimiento económico fue acompañado por la diversificación e integración de los principales sectores industriales impulsado por políticas de Industrialización por Sustitución de Importaciones (ISI). La intervención estatal en áreas como energía y manufacturas, así como aumentos en la inversión directa nacional y extranjera bajo filiales de empresas multinacionales bajo el ámbito de la ISI, incentivaron la adquisición de maquinaria, bienes intermedios y tecnología para las fábricas mexicanas (Cárdenas, 2003). En la década de 1950, el gobierno estableció una política de control de precios, donde el Comité de Importaciones Automotriz fijó

requisitos como el diferencial de precios entre México y el país de origen, las preferencias de los consumidores y la amplitud de distribución y servicio de las ensambladoras mexicanas (Vicencio Miranda, 2015).

Durante la década de los sesenta, una serie de decretos federales profundizaron la Industrialización por Sustitución de Importaciones (ISI) (Ochoa Valladolid, 2005). Los decretos automotrices de 1962, 1972 y 1977 restringieron la inversión extranjera en el sector de autopartes, promoviendo el ensamblaje de automóviles y componentes para abastecer el mercado interno. Mediante estos decretos se limitó también el número de empresas extranjeras y la importación de partes y vehículos, destacándose prohibiciones a la importación de vehículos de producción nacional (Arteaga, 2003). El decreto de 1962: "Decreto que prohíbe las importaciones de motores para automóviles y camiones, así como de conjuntos mecánicos armados para su uso o ensamble, a partir del 1° de septiembre de 1964", estableció que las importaciones de partes y componentes se realizarían bajo autorización de la Secretaría de Industria y Comercio (Larriva y Vega, 1982, p. 1358-1363; Miranda, 2007; Cortés, 2023, p. 14-15). La producción se destinaba casi en su totalidad al mercado interno y se desarrollaba a través de reglas de origen precisas (Moreno Brid, 1996).

El gobierno mexicano reguló a la IED controlando el número de fábricas que los inversores extranjeros podían abrir en el país y el volumen de producción que podía exportarse. Las corporaciones transnacionales eran requeridas a comprar repuestos y servicios a empresas mexicanas (Miranda, 2007). A mediados de la década de 1960, nuevos fabricantes de automóviles extranjeros abrieron sus fábricas, como Volkswagen en Puebla en 1964 y Nissan en Cuernavaca en 1966. Otras empresas que llegaron al país fueron Autos Packard, Studebaker de México, Representaciones Delta, Promexa (luego Volkswagen Mexicana), Planta Kes de México y Mexicana de Autobuses (Escamilla Trejo, 2018). La industria automotriz pasó de fabricar 96,781 vehículos en 1965 a alrededor de 250,000 unidades en 1970 (Miranda, 2007).



Figura 2. Taller de ensamble de la fábrica Renault en Ciudad Sahagún, 1963 (Mediateca INAH, 2023).

La inversión privada de origen mexicano no se tradujo en el financiamiento de plantas armadoras de autos, concentrándose en el sector de las autopartes (Tapia Alba y Chiatchuoa, 2020). Durante este período, destacaron proyectos de capital público y extranjero como la empresa Vehículos Automotores Mexicanos (VAM), producto de la coinversión entre el gobierno mexicano y American Motors; Diésel Nacional (DINA), enfocada en la producción de autobuses, camiones y vehículos militares; Toyoda de México y Constructor Nacional de Carros de Ferrocarril resultado de la asociación del gobierno federal, inversionistas mexicanos, y extranjeros como Fiat y la empresa japonesa Toyoda Automatic Looms Works (Gracida Romo, 1997, pp. 132-133; Escamilla Trejo, 2018).

Las metas de contenido nacional se reflejaron en el crecimiento del sector de autopartes, cuyas derramas contribuyeron a la industrialización de otros sectores industriales (Vicencio Miranda, 2015). Con la expedición del decreto automotriz de 1972:

“Decreto que fija las bases para el desarrollo de la industria automotriz”, el gobierno promovió la participación del capital mexicano en la industria de autopartes, reduciendo regulaciones en materia de contenido nacional mínimo para los vehículos destinados a la exportación, y los fabricantes de la industria fueron requeridos a exportar el equivalente al 30% del valor de sus importaciones. En 1973 se exportaron los primeros automóviles a Estados Unidos (Miranda, 2007).

El decreto de 1977: “Decreto para el fomento de la industria automotriz”, resultó en una mayor participación de Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, fijando el presupuesto anual de divisas para la industria, considerando la situación de la balanza de pagos y la participación del capital mexicano (Arteaga, 2003, pp. 100-102). Las exportaciones en 1977 fueron de 181 millones de dólares; 83,7% correspondieron a autopartes, que representaron el 10,9% de las exportaciones del sector manufacturero y el 4,3% de las exportaciones del país (Durán, 2016). La proporción de autopartes en las exportaciones mantuvo un mayor margen de participación hasta 1987 debido a los efectos de la crisis del petróleo y los consiguientes déficits en la balanza de pagos, así como la devaluación y recesión de 1976, que redujeron el grado de articulación productiva de la industria.

Cárdenas (1996, p. 18-19) propone una periodización, donde argumenta que hubo un “crecimiento económico saludable” entre 1950 y 1962 y un “crecimiento estructuralmente débil” entre 1963 y 1971. En el primer periodo, la industria de transformación se consolida como eje de la ISI. El país sostuvo debates sobre trayectoria industrial, donde el gobierno trató de promover las exportaciones y aumentar la presencia de un sector de bienes de capital nacional, aunque sus resultados fueron mixtos: durante las décadas de 1950 y 1960, la manufactura avanzó de manera errática, fenómeno al que contribuyeron los cambios repentinos en la política pública (Gracida Romo, 1997, p. 386-387). En el segundo período, el crecimiento real y per cápita se mantuvo elevado, pero el ahorro interno fue insuficiente, generando desequilibrios cuyas consecuencias se profundizaron durante la década de 1970. Este proceso se basó en un esquema que, si

bien favoreció el rápido crecimiento y la diversificación de la industria, también exacerbó desequilibrios no resueltos (Reynolds, 1977; Gracida Romo, 1997, p. 388).⁹

Durante este período, los desequilibrios estructurales de la economía mexicana, manifestados en la industria automotriz en inelasticidad de la oferta de bienes exportados, escasez de materias primas y decreciente competitividad de las exportaciones, se agravaron ante episodios de alta inflación y poco dinamismo de la inversión privada en el sector. El persistente déficit de la balanza comercial afectó el desarrollo de bienes intermedios, maquinaria y equipo, ligados a la escasa participación del sector privado por sus requerimientos de capital y largos períodos de maduración (Puga, 2008).

En otros momentos, el sector público habría sido capaz de compensar el rezago de la demanda interna, aunque las dificultades financieras de la década de 1970 lo impidieron debido al aumento del déficit comercial inducido por las mayores importaciones de bienes de consumo duraderos, intermedios y de maquinaria (Gracida Romo, 1997). Estas dificultades crearon las condiciones para la apertura comercial y liberalización del sector automotriz mexicano. En este contexto, los decretos automotrices desde 1962 hasta 1989 manifestaron un paulatino abandono de la articulación de eslabonamientos productivos hacia la construcción de una industria nacional con mayor eficiencia y productividad, la transferencia de conocimiento y que actuara como un soporte para los indicadores de comercio exterior (Tabla 3).

⁹ “A finales de los años cincuenta, favorecida por la determinación de los agentes económicos y en un contexto de crecimiento inflacionario y de sustitución no planeada de importaciones, culmina la primera fase del proceso industrial en México. Durante ella, principalmente por medio de la actuación directa del Estado, se establece en el país el sector productor de maquinaria y equipo, con lo cual la articulación de los sectores fundamentales de la producción manufacturera doméstica pasa a constituirse en la base interna del crecimiento” (Gracida Romo, 1997, p. 388).

2.2 La consolidación exportadora de la industria automotriz mexicana

Durante las reformas comerciales de los años ochenta, que abrieron la economía mexicana al mercado exterior (Garza-Rodríguez y Gibaja-Romero, 2022), el gobierno promovió la industrialización a partir de las maquiladoras, plantas de trabajo basadas en la subcontratación por empresas extranjeras para producir y ensamblar piezas intermedias o finales. Concentradas en el montaje, transformación o reparación de componentes destinados a la exportación bajo regímenes fiscales de excepción, las maquiladoras aprovechan las ventajas comparativas del país, principalmente sus menores salarios, fomentando la creación de economías de aglomeración (Besley y Case, 1993; Morgan y Hauptmeier, 2014).

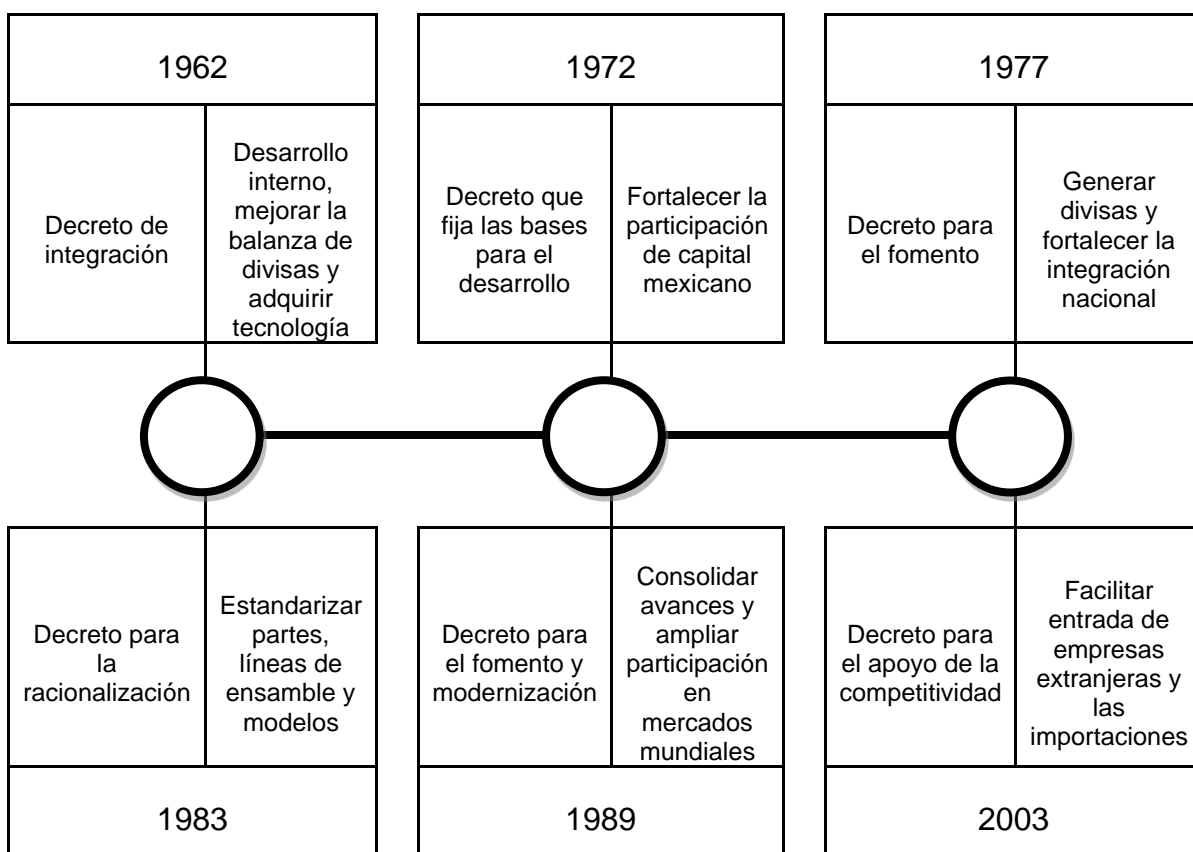
El crecimiento de las maquiladoras antecede al TLCAN y se basó en acuerdos entre México y Estados Unidos en la década de 1960. En el marco del “Plan Nacional para Absorber el Desempleo en la Frontera” de 1963 y el “Programa para el Aprovechamiento de la Mano de Obra Excedente en la Frontera con Estados Unidos” de 1965, el gobierno mexicano promovió la industrialización de la frontera con el fin de brindar tecnología, vincular a las industrias locales con el extranjero y proporcionar capacitación a los trabajadores mexicanos (Bustamante, 1975) en respuesta a la suspensión del programa bracero y la implementación de políticas anti migratorias hacia Estados Unidos (Hansen, 2020).

Al comienzo se estableció que estas nuevas inversiones tendrían un mínimo de 51% de participación nacional. En 1971 se emitió un decreto que permitiría que el capital social de las plantas maquiladoras fuera completamente extranjero y que los inversionistas adquiriesen derechos de dominio sobre los terrenos de instalación dentro de la franja fronteriza hasta por treinta años (Bustamante, 1975; Hansen, 2020). Los sectores económicos iniciales de las maquilas fueron textiles, calzados y juguetes en la década de 1960, expandiéndose a autopartes y electrónica en la década de 1970. En 1973 se modificó la legislación para promover y facilitar la instalación en otras regiones del país, estableciéndose las primeras plantas maquiladoras en el interior de la República. Sus exportaciones aumentaron de 82 millones de dólares en 1970 a 232

millones en 1975 y a 637 millones de dólares en 1980 (Gracida Romo, 1997). El total de ventas de la Industria Automotriz pasó de 300,990 unidades en 1977 a 411,043 en 1987 (Cortés, 2023, p. 107).

Tabla 3

Decretos federales automotrices



Fuente: elaboración propia con base en la Secretaría de Economía (2012).

La apertura comercial en el sector automotriz se vio reflejada en el decreto de 1983: “Decreto para la racionalización de la industria automotriz”, que buscó fortalecer las exportaciones, reduciéndose nuevamente el contenido nacional mínimo en los vehículos exportados y los incentivos fiscales, y buscando que las empresas automotrices alcanzaran autosuficiencia en divisas (Montiel, 1987, pp. 33-35). La incorporación del país al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) en 1986 representó un abandono hacia la consecución de un núcleo industrial endógeno de automóviles y autopartes, promoviendo flujos de IED de proveedores con

los cuales contaban licencias y patentes, e implicando una competencia directa a las empresas nacionales fabricantes de autopartes (Moreno-Brid, 1996; Vicencio Miranda, 2015; Cortés, 2023, p. 80).

La industria de autopartes mexicana se ha especializado en la fabricación de sistemas de aire acondicionado y calefacción, accesorios, sistemas eléctricos, componentes de interior, partes plásticas para motores y máquinas, estampados, componentes de caucho, partes de motores y transmisiones, gatos hidráulicos, motores y suspensiones (Arias Vázquez et al., 2015, pp. 146-147). La consolidación de empresas exportadoras en el sector autopartes como grupos industriales transnacionalizados rompió acuerdos previos con la burguesía industrial que se fortaleció durante la ISI. Estas empresas mexicanas atravesaron expansiones, fusiones y adquisiciones, formándose grandes empresas de autopartes como Nemak, San Luis Corporation, Metalsa, EUO Automotriz y Katcon (Meléndez, 2022).¹⁰ Las privatizaciones reflejaron las nuevas relaciones de una burocracia tecnocrática con la burguesía nacional y los líderes sindicales (Montiel y Ordoñez, 2010) y, como se verá en el próximo capítulo, llevó al surgimiento de sindicatos corporativos que contribuyeron a eliminar la disidencia laboral (Ramírez y Marinero, 2019; Ruiz, 2019).

Después de 1987, el objetivo se centró en disminuir la inflación, el déficit fiscal, el gasto público y la sobrevaluación del peso. Entre 1985 y 1991 se privatizaron más de 340 empresas industriales y se eliminaron aranceles (Basave, 2016: 53). Un ejemplo de empresa mexicana reorientada por la apertura comercial es DINA, que se privatizó y

¹⁰ Algunas empresas de autopartes establecidas en México son: Ashimori, BHTC, BOS Automotive, Bosch, Condumex, Coroplast/ WeWire, Deskosys, Delfigen, Denso, Faurecia, Fraenkische Industrial Pipes, Fujikura, Gentherm, GKN Driveline, Grupo LeónHella, Hirschmann, Honda Lock, Hope Global, Hutchinson Inalfa Roof Systems, Itech Group, Kasai, Kostal, Lear, Mahle, Novatec, Oshkosh, Pirelli, PLastic Omnium, PTI QCS, Röchling, Shawmut, Sovero, Tokyo Roki, Topura, Webasto, ZKW Group. American Axle & Manufacturing, ArcelorMittal, Bilstein, BorgWarner, Bosch, Denso, Encenarro, Evercast, F-TECH, Faurecia, Fraenkische Industrial Pipes, G-ONE, GKN Driveline, Hella, Hirotec, Hutchinson, KYB, Mahle, Metagra, Mitsui, Mubea, Multimatic, Nidec, Nippon Steel, Nsk, Okawa, Plastic Omnium, Rheinmetall, RPK, RSB, Ryoby, Samot, Scherdel, Shiloh, Stant, Taigene, Tekfor, Thyssenkrupp Camshafts, Toyotetsu, WALOR y Witzenmann GmbH. (Sánchez Gálvez, 2022).

comenzó a cancelar líneas de producción, cerrando en 1992. Un grupo empresarial mexicano reabrió las instalaciones, pero fue revendida a la firma estadounidense National Casting, que las mantuvo en funcionamiento hasta 2001, lo que provocó el cierre y liquidación de las instalaciones en 2004. En 2005, ASF-K, filial de la estadounidense AmstedRail, adquirió la planta y reactivó la división de material ferroviario, manteniéndose como proveedor de sistemas integrados, piezas y componentes fundidos (Escamilla Trejo, 2018).

A partir de la década de 1990 aumentó la producción en industrias más intensivas en capital y conocimiento tecnológico orientadas a la exportación (Rivera, 2009, p. 88). La industria automotriz en México creció a un ritmo acelerado durante este periodo, impulsada por el cambio en la Ley de Inversión Extranjera y el Decreto automotriz de 1989: “Decreto para el fomento y modernización de la industria automotriz y de la industria manufacturera de vehículos de transporte”, que facilitó también la importación de vehículos nuevos, rescindiendo regulaciones implementadas en el Decreto de 1962 (Arteaga, 2003, p. 269; Tapia Alba y Chiatchuoa, 2020), eliminando en 1995 las restricciones restantes a la importación de autos usados y permitiendo a las empresas maquiladoras vender todos sus productos en el mercado nacional (Álvarez Medina, 2014, p. 263).

La firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) sustituyó los programas de política industrial precedentes del sector automotriz. La industria automotriz desde entonces es definida como la fabricación de automóviles y camiones, la fabricación de carrocerías y remolques, y la fabricación de partes para vehículos automotores, con base en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIÁN):

- a) ensambladoras de automóviles y camiones
- b) fabricantes de carrocerías y remolques
- c) productoras de partes y accesorios para automóviles y camiones
- d) fabricantes de pinturas, barnices y lacas
- e) fabricantes de fibras químicas
- f) aceites no comestibles

- g) laminados de acero, fundición y moldeo de piezas metálicas
- h) comercio al por menor de automóviles nuevos, llantas y cámaras para automóviles
- i) comercio al por mayor de refacciones y accesorios nuevos para automóviles (Bensusán, 2021).

Las cláusulas más relevantes del tratado fueron la reducción de aranceles para automóviles y camionetas, del 20% al 10%, y su eliminación en 2004. El tratado redujo las fracciones de autopartes de 1.75 a 0.8 en el factor de compensación de la balanza comercial, y el contenido nacional de vehículos en México se redujo a 0% en 2004 (Durán, 2016). Se establecieron además reglas de origen para 69 componentes, donde cada uno debía contener 60% de componentes para recibir preferencias aduaneras y convenios para la importación de vehículos usados de la región (Moreno-Brid, 1996; Vicencio Miranda, 2015). Entre 1995 y 2000, la industria mexicana entró en un periodo de bonanza con la entrada en vigor del TLCAN, la devaluación del peso y el auge de la economía estadounidense. Las devaluaciones de 1995 favorecieron las exportaciones manufactureras, que crecieron un 46,7 % en ese año (Basave, 2016, p. 89).

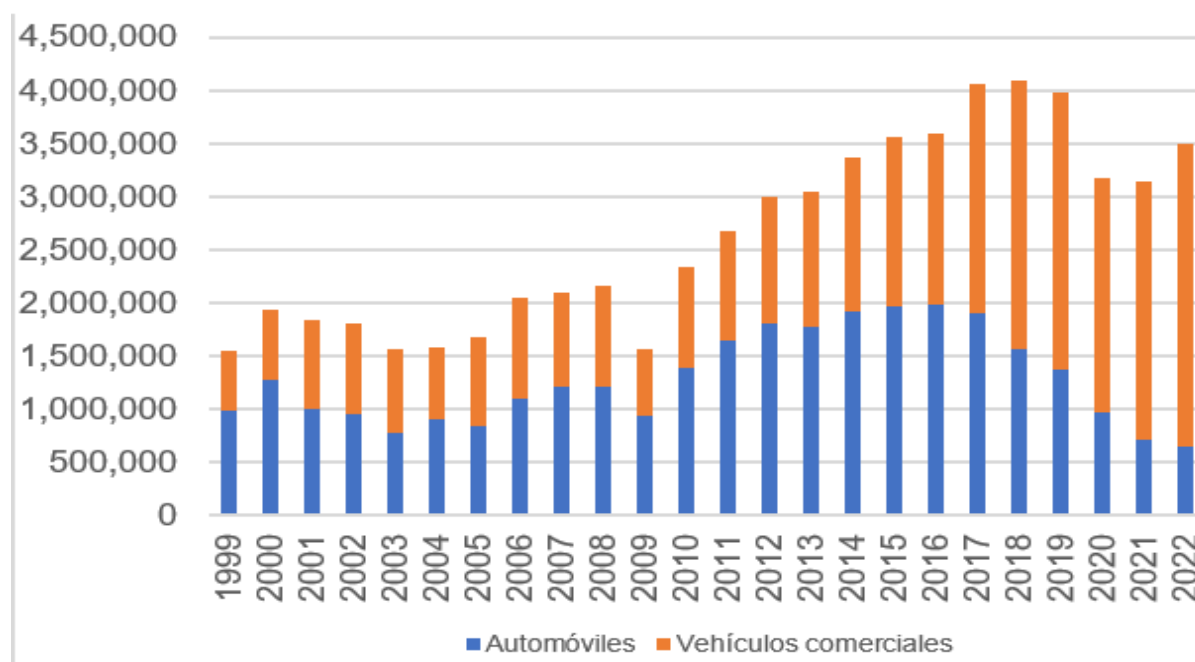
La industria automotriz mexicana es paradigmática de la apertura comercial porque se ha orientado de manera radical hacia la exportación e integración económica con Estados Unidos, cuyo mercado representa alrededor del 80% de las exportaciones de vehículos (Álvarez Medina y González Marín, 2015, p. 24-25). Las plantas automotrices en México se orientaron a los mercados de Estados Unidos y Canadá, y empresas como Ford, Chrysler y General Motors trasladaron procesos productivos de menor tecnología a territorio mexicano (Meléndez, 2022). El tratado atrajo una mayor inversión en equipos y tecnología, siguiendo estrategias de reducción de costos basadas en la mano de obra: actividades intensivas, con escasa calificación y bajos salarios, aunadas a esquemas permisivos de subcontratación (González Marín y García Domínguez, 2015, p. 80).

El sector también es representativo de la apertura económica por sus volúmenes de inversión extranjera. Entre 1994 y 2011, la fabricación de equipos de transporte

registró un monto de IED de 36.790 millones de dólares, representando el 11% de la inversión extranjera y el 23% de la inversión manufacturera en ese periodo (Álvarez, 2015, p. 266). Entre 1999 a 2020, las industrias manufactureras capturaron 48.2 % de la IED, del cual casi la tercera parte, o 13.8 % del total se dirigió a la fabricación de equipo de transporte. De 2000 a 2017 el sector fue el principal receptor de inversión extranjera directa (IED) con un total 60 677 millones de dólares, de los cuales 63.5 por ciento fue en partes y componentes; 36.4 por ciento restante, en la fabricación de automóviles y camiones, lo que ha llevado a aumentos sustanciales en la producción de automóviles y vehículos comerciales, y al valor agregado (García Jiménez y Carrillo, 2021; EMIM, 2023) (Gráficas 3 y 4).

Gráfica 3

Producción anual de automóviles y vehículos comerciales por la industria mexicana. 1999-2022



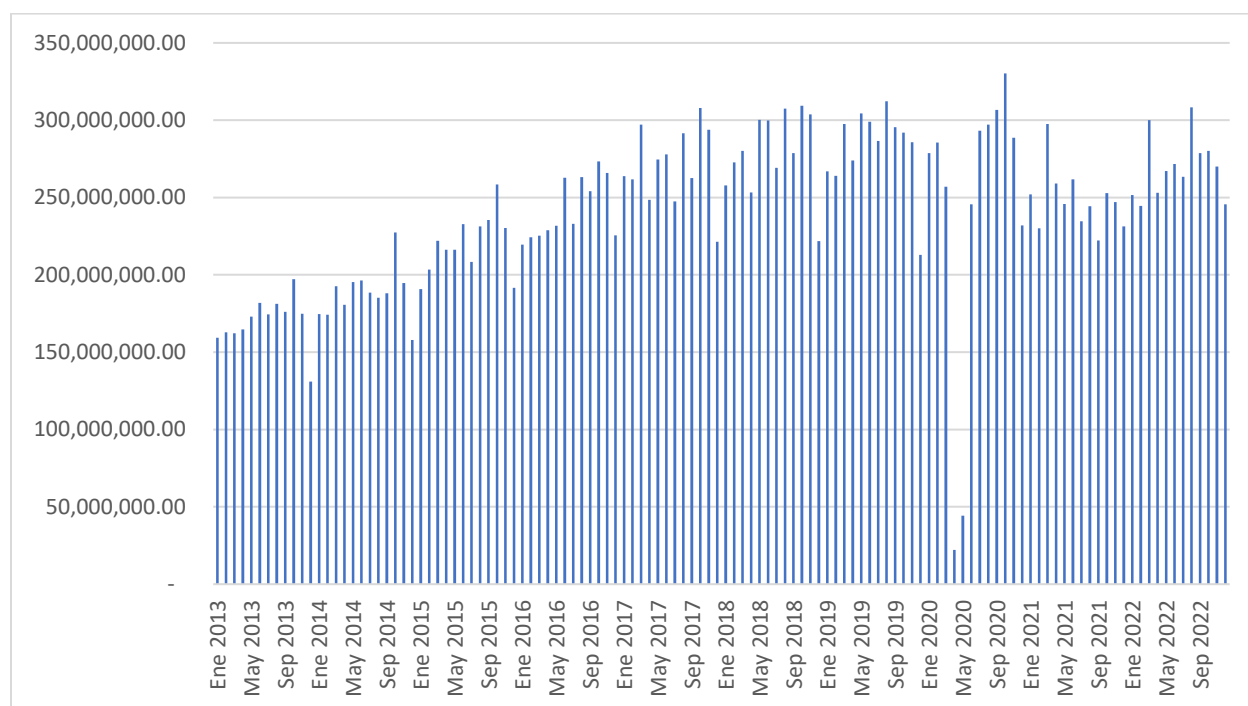
Fuente: elaboración propia con datos de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA; 2023).

En las décadas de 1960 y 1970, el sector automotriz se concentró en el centro del país. A partir de la apertura comercial se han trasladado plantas automotrices del centro a las regiones Norte y Bajío para rearticular procesos modulares que aprovechan en mayor medida la cercanía con Estados Unidos y las relaciones entre proveedores de

autopartes (González Marín y García Domínguez, 2015, p. 80; Vázquez y Orteza, 2023). En los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila y Nuevo León, el sector ha presentado rápido crecimiento desde principios de la década de 1980, y a comienzos del siglo XXI, la región conformada por Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro muestra también un rápido establecimiento de empresas productoras de autopartes (Arias Vázquez, 2015).

Gráfica 4

Valor de producción de los productos elaborados en el sector automotriz. 2013-2022. Miles de pesos reales a diciembre de 2022



Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

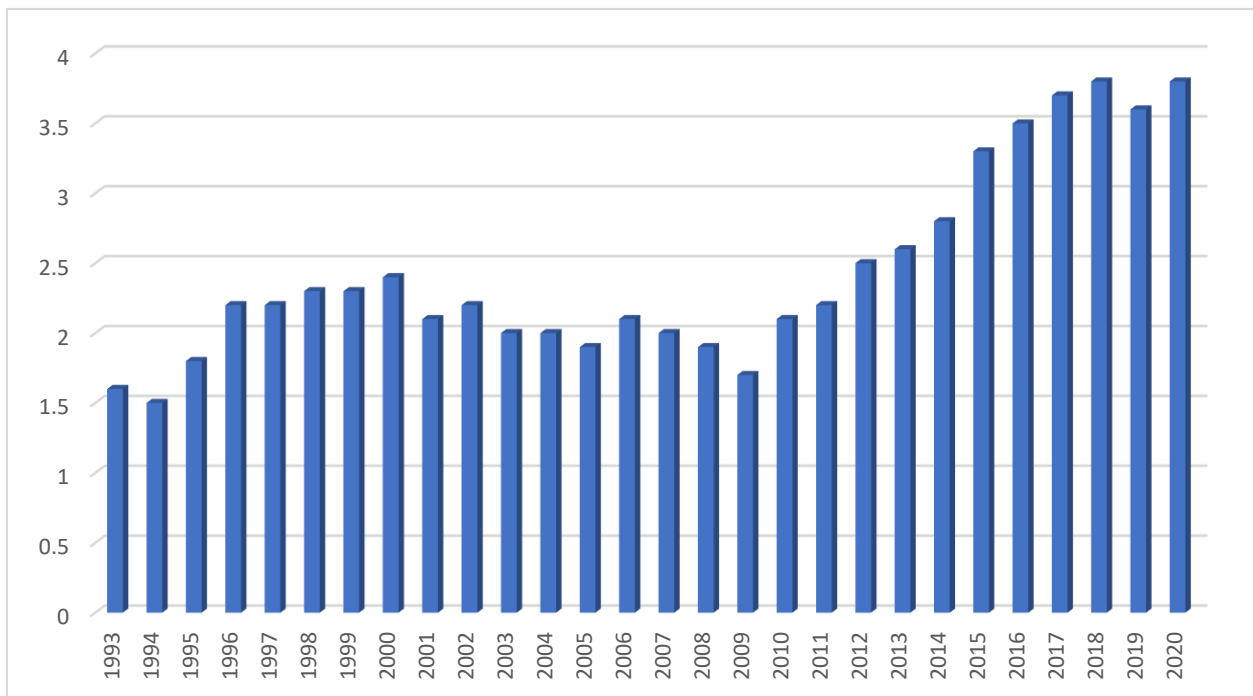
Durante la década de 2000, el crecimiento del sector automotriz y de autopartes atrajo inversiones de importantes ensambladoras de vehículos como General Motors, Ford, Chrysler, Volkswagen, Nissan, Honda, BMW, Toyota, Volvo y Mercedes-Benz (Ochoa Valladolid, 2005; Álvarez Medina y Carrillo, 2018). En 2003 se publicó el “Decreto para el apoyo de la competitividad de la industria automotriz terminal y al impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles”, que contempló la autorización de registro de nuevas compañías productoras en la industria terminal, siempre que su inversión

superase los 100 millones de dólares y la fabricación de 50,000 vehículos como mínimo, así como facilitar la importación de autos usados (Durán, 2016).

Un periodo de desaceleración en los 2000 culminó con la crisis financiera de 2007-2008, aunque la recuperación del sector fue pronta. Durante la crisis, la producción automotriz disminuyó un 32,4% en la región del TLCAN, pasando de 12,9 a 8,7 millones de vehículos entre 2008 y 2009 (Álvarez y Carrillo, 2018). Entre 1994 y 2018 la producción anual de vehículos pasó de 1,09 a 3,9 millones (INEGI, 2018) (Tabla 6). En 2018, México se colocó como el sexto productor mundial de automóviles y el primero en América Latina. Ese mismo año, alcanzó el quinto lugar mundial en autopartes y el primero en América Latina, con una producción valuada en 92,000 millones de dólares (Morales, 2019). En 2018, la industria automotriz aportó el 3.7% del PIB y el 20.2% del PIB manufacturero (INEGI, 2018) (Gráficas 5 y 6).

Gráfica 5

Participación de la industria automotriz mexicana en el PIB (%). 1993- 2020



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2018) y AMIA (2023).

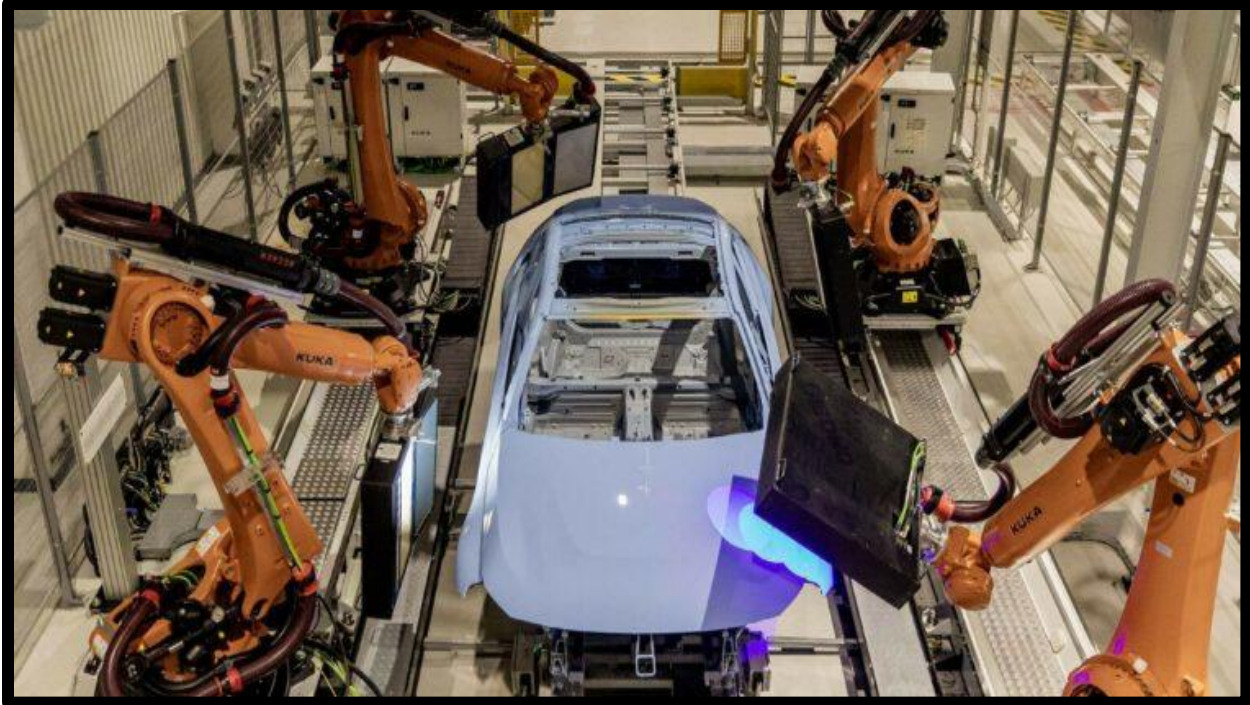
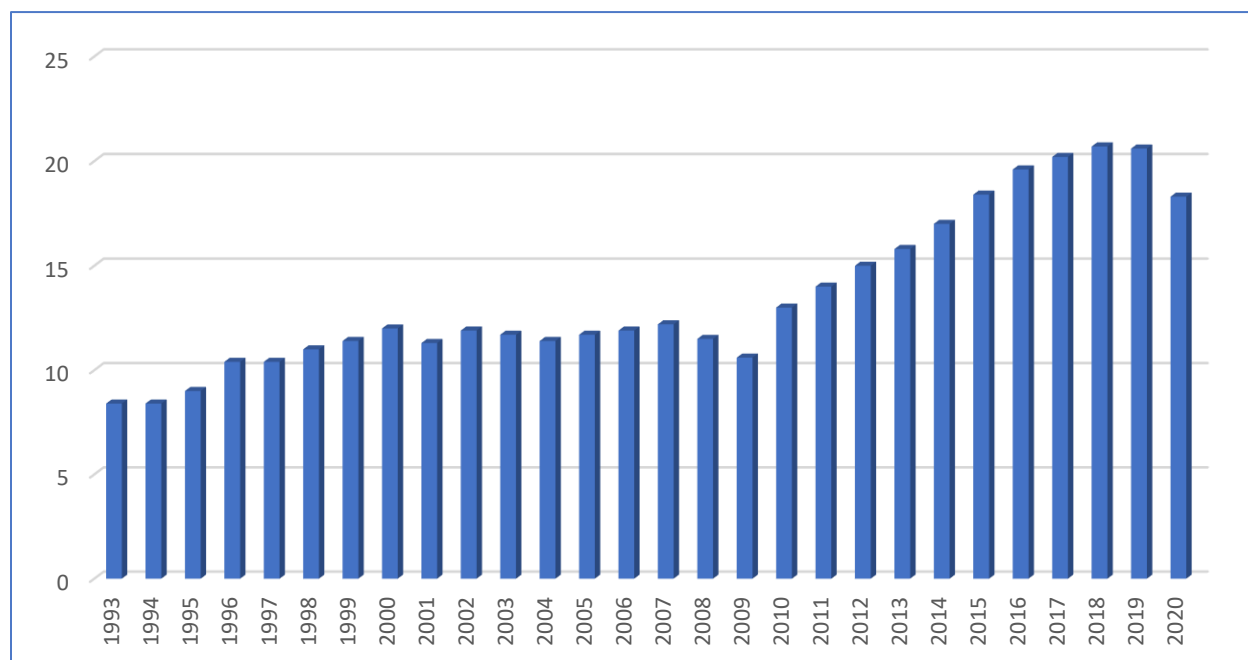


Figura 3. Un trabajador en la línea de montaje de la planta de Ford Motor en Cuautitlán Izcalli, Estado de México (González, 2016). Figura 4. Brazos robóticos en una planta de BMW en San Luis Potosí. Se utilizan 500 brazos robóticos industriales fabricados por la firma alemana Kuka para evitar tareas extenuantes. En 2019, la empresa empleaba a 3.000 trabajadores (Carrillo, 2020; Camacho, 2023).

Gráfica 6

Participación de la industria automotriz mexicana en el PIB manufacturero (%). 1993-2020



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2018) y AMIA (2023).

Tras la recuperación de la crisis, durante la década de 2010, la industria automotriz mexicana abrió plantas de ensamblaje por empresas como Audi, BMW y Kia. En los últimos años, la industria automotriz mexicana ha enfrentado una mayor competencia de economías emergentes como China e India, que cuentan con políticas industriales y mercados laborales competitivos (Álvarez Medina y Carrillo, 2018). En medio de preocupaciones de que México esté perdiendo terreno tecnológica y laboralmente, la entrada en vigor del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) el 1 de julio de 2021 reformuló los criterios en Valor de Contenido Regional (VCR), estipulando que un mayor porcentaje de componentes vehiculares deben fabricarse en América del Norte para calificar como libres de impuestos (Covarrubias, 2021). El tratado incentiva la incorporación de mano de obra calificada en sectores de alta tecnología para beneficiarse de los criterios VCR, aumentando las exportaciones de automóviles a Estados Unidos y Canadá (Ruiz, 2019).

La integración económica de América del Norte ha atravesado ciclos políticos. La firma de tratados comerciales y las oleadas de inversión extranjera directa han consolidado la orientación exportadora de la industria automotriz mexicana y colocado al país en una posición estratégica en los mercados internacionales, sin embargo, es importante resaltar la acumulación de capacidades obtenida mediante políticas de Industrialización por Sustitución de Importaciones. El desarrollo de la industria automotriz en el contexto del T-MEC implica una reflexión sobre los fundamentos de la trayectoria industrial de México.

2.3 La economía de la innovación en las políticas de fomento industrial. La industria automotriz mexicana

El desarrollo de tecnologías está relacionado con los cambios en el capitalismo global, y su adopción por los países en desarrollo está condicionada a esfuerzos sustanciales de política, recursos humanos y financieros (Cohen y Levinthal, 1989) en la orientación de incentivos, identificación de las tecnologías y los mecanismos de transferencia adecuados (Fu et al., 2011; Zanello et al., 2016; Plumwongrot y Pholphirul, 2022).

A fines del siglo XX se intensificó un proceso de cambio y reajuste estructural motivado por las crisis financieras, la liberalización comercial y una revolución organizacional que dieron origen a una nueva geografía económica (Pries, 2014), donde la flexibilidad organizacional resaltó la importancia de esquemas competitivos dentro de sistemas locales, cadenas globales, clústeres y redes productivas (Sandoval, 2012).

La reubicación de la mano de obra a través de fronteras regionales y nacionales ha centrado las cadenas de valor en la lógica institucional de los contextos nacionales (Morgan y Hauptmeier, 2014), donde han tenido lugar procesos de *catching-up* mediante el uso estratégico de políticas industriales, destacándose la industria manufacturera como fuente de crecimiento impulsada por políticas de ciencia y tecnología (Tabla 4) (Andreoni y Chang; 2019; Chang et al., 2016).

Tabla 4

Una tipología de políticas de innovación, ciencia y tecnología

<p>Política de ciencia Foco: Producción de conocimiento científico Instrumentos: Fondos públicos de investigación concedidos en concurso (Semi) Instituciones públicas de investigación (laboratorios, universidades, centros de investigación) Incentivos fiscales a las empresas Educación superior Derechos de propiedad intelectual</p>	<p>Política de innovación Desempeño innovador general de la economía Instrumentos: Mejorar las habilidades individuales y las capacidades de aprendizaje (a través del sistema de educación general y la capacitación laboral) Mejorar el desempeño organizacional y el aprendizaje (normas ISO 9000, control de calidad) Mejorar el acceso a la información > sociedad de la información Regulación ambiental Regulación bioética Derecho corporativo Reglamento de competición Protección al consumidor Mejora del capital social para el desarrollo regional (clústeres y distritos industriales) Benchmarking intelectual Previsión inteligente, reflexiva y democrática</p>
<p>Política de tecnología Foco: Avance y comercialización del conocimiento técnico sectorial Instrumentos: La contratación pública Ayudas públicas a actores estratégicos Instituciones puente (entre el mundo de la investigación y la industria) Estandarización Pronóstico de tecnología Benchmarking de sectores industriales</p>	

Fuente: elaboración propia con base en Lundvall y Borrás (2005).

La ubicación geográfica, la mano de obra calificada y los acuerdos comerciales de México lo han convertido en un destino atractivo para que las empresas automotrices multinacionales establezcan operaciones de fabricación (Vicencio Miranda, 2015). Durante este proceso, funciones de la cadena global de valor como plantas de ensamble final, proveedores de distintos niveles e incluso actividades especializadas en diseño, innovación y desarrollo se han establecido en el país.

La tecnología incorporada en bienes de capital importados y adquirida a través de IED y acuerdos de transferencia constituyen la base tecnológica de la industria automotriz mexicana (Gracida Romo, 1997, p. 390). A medida que la implementación de tecnologías aumenta la productividad y la integración de las cadenas de suministro,

también exige trabajo calificado y mayores inversiones, estrategias de fabricación y el desarrollo de procesos productivos.

El crecimiento de la producción y creación de empleos ha promovido estrategias de atracción de IED entre los gobiernos estatales, como la donación de terrenos para el establecimiento de plantas automotrices y de autopartes, la condonación de impuestos y la creación de infraestructura (Martín, 2011; Vázquez y Ortiza, 2023). Los gobiernos han tratado de beneficiarse al establecer requisitos de desempeño, por ejemplo, en materia de transferencia de tecnología, contenidos locales o exportaciones, financiar de manera estratégica sectores industriales, promover a las pequeñas y medianas empresas, promover la transferencia de tecnologías y modernizar el marco regulatorio (Cortés, 2023, p. 73).

El cambio del patrón de competencia a uno cuyo referente son las industrias electrónico e informáticas, la modificación de redes de proveeduría, con el consiguiente reposicionamiento internacional de regiones y países (Ordoñez, 2023) ha influido la industria de autopartes, donde los insumos de mayor demanda corresponden a la fabricación de motores de gasolina, equipo eléctrico y electrónico, sistemas de dirección, suspensión y frenos, sistemas de transmisión, asientos y accesorios interiores; piezas metálicas troqueladas, seguida por componentes de plástico, componentes electrónicos (Martín Granados y González Alvarado, 2015; Meléndez, 2022).

La demanda de servicios científicos y tecnológicos ha seguido una estrategia de innovación basada en consorcios, donde destaca el Consorcio de Innovación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo de la Cadena de Automoción, Autopartes y Electrónica (Martínez, 2008). Los Centros Públicos de Investigación (CPI) han trabajado con organismos como la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), la Asociación Mexicana de Autopartes (AMA), la Industria Nacional de Autopartes, la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractores (ANPACT) y la Asociación Mexicana de Distribuidores Automotrices (AMDA), en la formación de cadenas de valor y clústeres automotrices (Montiel, 1987, pp. 35-36; Álvarez Medina et al., 2020).

De acuerdo con Casalet y Stezano (2020), México ha enfocado el uso de las tecnologías digitales en herramientas de comunicación y administración y, en menor medida, el control y automatización de procesos. La pandemia por COVID-19 orilló a proveedores y fabricantes de automóviles a suspender la producción. La disponibilidad de insumos y productos disminuyó debido al cierre de fronteras y otras restricciones. La producción mundial de automóviles y vehículos comerciales cayó en 2020 y se recuperó solo parcialmente en 2021, donde se detuvieron o pospusieron inversiones importantes (IFR, 2021). Los flujos de conocimiento son esporádicos y desmontados de los planes de negocio a largo plazo, donde persiste una falta de especialización de personal y articulación técnica entre empresas y proveedores (Álvarez Medina et al., 2020; Casalet y Stezano, 2020).

Rivera (2002) señala que el Estado mexicano, mediante la apertura a la inversión extranjera, buscó la generación de encadenamientos productivos y transferencias de tecnología para lograr la integración de las empresas nacionales en los procesos de montaje y desarrollar actividades innovadoras y competitivas internacionalmente. En México, sin embargo, estos procesos han tenido resultados mixtos. Aunque el país exporta productos manufactureros con alto valor agregado, la persistencia de problemas como bajos niveles de encadenamiento productivo, poca inversión pública y altos niveles de violencia han limitado un curso de desarrollo sostenido (Durán, 2016; Covarrubias, 2021).

Otros argumentan que el TLCAN y políticas afines de apertura comercial han limitado las capacidades tecnológicas del país al exponer industrias emergentes a la competencia internacional y favorecido a los países desarrollados en derechos de propiedad intelectual (Covarrubias, 2015; Álvarez Medina y Carrillo, 2018; Meléndez, 2022), donde el tratado profundizó rezagos en las capacidades de economías locales, sobre todo la productividad de las pequeñas y medianas empresas (Covarrubias, 2019).

Ante esto, México es un caso interesante para comprender las oportunidades y desafíos de la automatización en un mercado emergente. Bajo una serie de ventajas geográficas y logísticas, opera mediante un sistema productivo integrado a la exportación

hacia el mercado norteamericano, tiene bajos salarios y se encuentra bajo un intenso escrutinio con respecto a sus condiciones laborales (Tapia Alba y Chiatchuoa, 2020; Carrillo et al., 2023).

Coyunturas macroeconómicas, como altas tasas de inflación en América y Europa, una política monetaria ajustada, la desaceleración de la economía china, conflictos internacionales como la guerra ruso-ucraniana y tendencias demográficas negativas en los países ricos han marcado la crisis de cadena de suministros global y el ascenso de tecnologías como robots industriales en la rama automotriz. La pandemia de Covid-19 intensificó además estas preocupaciones, donde la menor disponibilidad de trabajo humano brindó a las empresas mayores oportunidades para automatizar (Coombs, 2020; IFR, 2021).

Aunque las subsidiarias de empresas multinacionales establecidas en el país cuentan con estructuras productivas y capacidades tecnológicas débiles (Meléndez, 2022), sus aglomeraciones en clústeres regionales han, sin embargo, vinculado las economías locales y creado efectos económicos, tecnológicos y organizativos (Vazquez y Orteza, 2023). El *nearshoring* encabezado por el T-MEC representa una nueva oportunidad para integrar a la industria automotriz con Estados Unidos y posicionar a México como un país cuyas ventajas comparativas van más allá de sus salarios. Para ello se necesitará promover la inserción de proveedores locales en las cadenas de valor, impulsar el mercado interno, una regulación que favorezca el acceso al crédito y una mayor libertad sindical.

Discusiones se han orientado a describir qué capacidades se requieren para lograr el aprovechamiento integral de nuevas tecnologías en la industria automotriz mexicana (Martínez, 2020; Olsen y Tomlin, 2020; Carrillo et al., 2023). Como veremos en el próximo capítulo, un dominio potencial de política es promover el uso de tecnologías de automatización para potenciar y complementar las habilidades de los trabajadores mexicanos (Hualde, 2020). A medida que los robots industriales redefinen la organización productiva, abordar desajustes entre las demandas cambiantes de las industrias y los trabajadores busca promover que la fuerza laboral mexicana sea capaz

beneficiarse de un entorno tecnológico y político en transición (Carillo, 2020; Bensusán, 2021).

Capítulo 3. La automatización en el sector automotriz mexicano. Efectos en el empleo y los salarios de 2013 a 2022

“Estamos siendo afectados por una nueva enfermedad de la que algunos lectores aún no han escuchado el nombre, pero de la que se oye mucho en los próximos años - es decir, el desempleo tecnológico. Esto significa desempleo debido a nuestro descubrimiento de los medios de economizar el uso de mano de obra dejando atrás el ritmo al que podemos encontrar nuevos usos para el trabajo”.

--John Maynard Keynes, Posibilidades económicas para nuestros nietos, 1930

El mercado laboral en México es amplio y heterogéneo. Está conformado por factores históricos, políticas económicas, leyes laborales y tendencias demográficas. Una de sus características es la coexistencia de un gran sector informal con una economía moderna orientada a la exportación (Bolio et al., 2014). La presencia de estas "economías duales" es un rasgo de los países en desarrollo (Lewis, 1954), aunque en México, donde los sectores de la industria manufacturera presentan diferencias sustanciales en sus capacidades tecnológicas, esta dualidad se profundizó tras la apertura comercial de los años ochenta, con un crecimiento de la fuerza laboral desempeñándose en sectores informales con bajos niveles de productividad.

A la par de estas transiciones, desde los años ochenta, la coyuntura salarial en México evidencia un proceso de desfase con respecto a la productividad (Calderón-Villarreal et al., 2017; Carrillo et al., 2017; Ramos et al., 2022). Esta precarización se presenta en sectores tradicionales e informales, como en industrias y empresas de corte global (Carrillo, 2007).

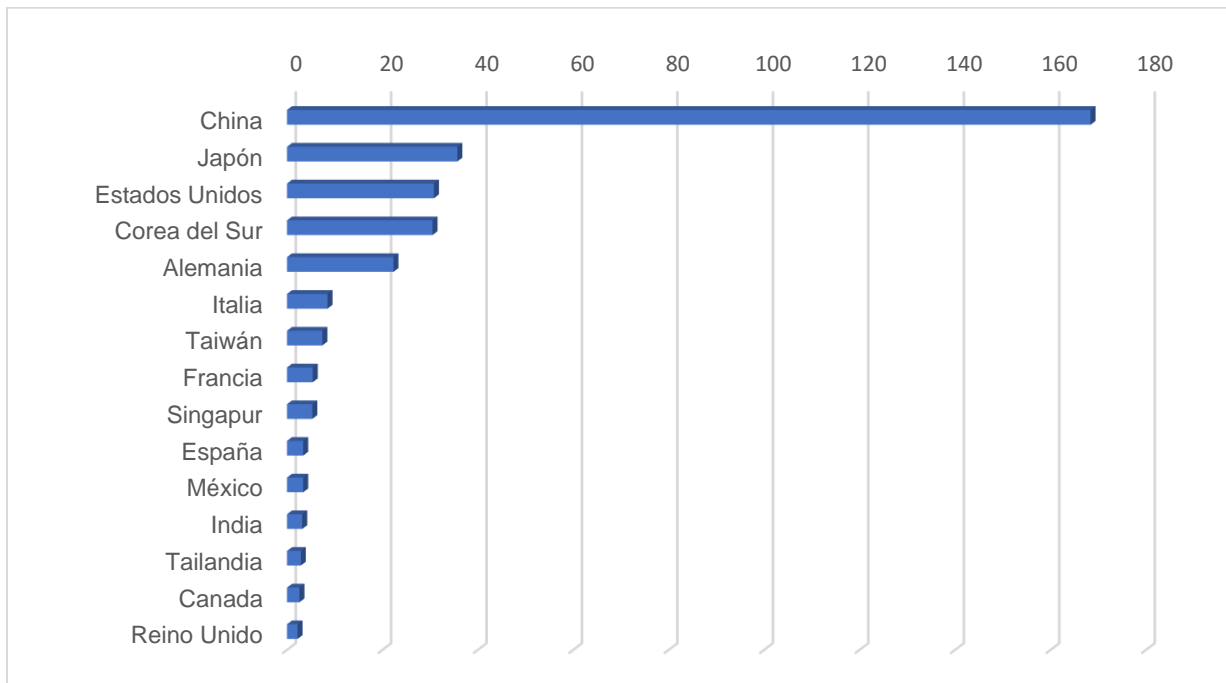
La industria automotriz es representativa de los sectores más modernos e intensivos en capital en el país (Carrillo et al., 2021) y es uno de los principales impulsores de la robotización en la industria nacional (González Pérez, 2022). Durante este período, el sector se ha convertido en una plataforma exportadora orientada a abastecer automóviles y autopartes para el mercado de Estados Unidos (Ochoa

Valladolid, 2005; Carrillo, 2020; Bensusán, 2021). Los clústeres automotrices en México han invertido considerablemente en la electrificación y automatización de la cadena de suministro.

Kugler et al. (2018) muestran que, entre 2011 y 2016, el número de robots industriales por cada mil trabajadores creció un 97 por ciento en el sector automotriz, seis veces mayor que el sector de fabricación de plásticos y productos químicos, que tuvo la segunda proporción más alta de robots industriales en 2016. El stock operativo mexicano de robots aumentó de 4,044 unidades en 2012 a 27,010 unidades en 2017 y la cantidad de robots industriales por cada 10,000 trabajadores en México aumentó 33% entre 2017 y 2019 (IFR, 2020), donde el país ocupa el onceavo lugar entre los países con más instalaciones de robots industriales por año, con 44 robots por cada 10,000 trabajadores en 2020 (IFR, 2021). Entre los países en desarrollo, México tuvo en 2020 la mayor adquisición de robots industriales entre todos los países en desarrollo, después de China (Gráfica 7).

Gráfica 7

Principales países compradores de robots industriales en 2020. Miles de unidades



Fuente: elaboración propia con datos de la International Federation of Robotics (2021).

Este capítulo analiza indicadores de automatización en México y presenta un modelo econométrico de sus impactos en el empleo y los salarios de los trabajadores del sector automotriz durante el período 2013-2022. Para explorar los efectos, describimos nuestra medida de exposición a los robots, documentamos su variación, y presentamos los resultados del modelo, donde destacamos las condiciones laborales y la reestructuración productiva de esta industria ante la implementación de robots industriales.

3.1 Automatización y empleo en la industria automotriz mexicana. Reflexiones y tendencias en el empleo y los salarios

Como planteamos en el primer capítulo, la implementación de tecnologías de automatización en el sector manufacturero ha impulsado investigaciones sobre sus efectos en el empleo, la transferencia tecnológica, la reubicación de la mano de obra a través de fronteras regionales y nacionales, la distribución del ingreso, las habilidades laborales y los retornos a estas habilidades (Acemoglu y Autor, 2011; Graetz y Michaels, 2015; Acemoglu y Restrepo, 2019).

La implementación de tecnologías como los robots industriales inciden en mercados laborales heterogéneos con costos de transacción e información limitada (Fiorelli, 2018). En mercados emergentes con un alto grado de apertura comercial, como México, la falta de información sobre el alcance de estas tecnologías ha dificultado analizar sus efectos el trabajo y establecer qué categorías de trabajadores experimentan los mayores riesgos de empleo.

Ante esto, cabe precisar qué significa que un trabajo sea desplazado por la automatización. ¿Significa que un humano se vuelve obsoleto? ¿Es reemplazado por una máquina y obtiene un trabajo similar para un empleador diferente? ¿Es reemplazado por una máquina y pasa a otro tipo de trabajo menos remunerado? ¿Usa una máquina para hacer algunas de sus tareas, mientras conserva su trabajo? ¿Hace algunas tareas, mientras asume otras adicionales y cambia su título de trabajo mientras permanece con

su empleador? Si existen dificultades para definir la automatización de trabajos, predecir el impacto agregado de la automatización puede ser un ejercicio poco riguroso (Acemoglu y Restrepo, 2018).¹¹

Análisis sobre los efectos de la automatización en el empleo mexicano, como Minian y Martínez Monroy (2018), utilizan los métodos de Frey y Osborne (2017) para argumentar que, al tercer trimestre de 2016, 63.4% de los empleos en México se encontraban en alto riesgo de ser automatizados, principalmente actividades primarias, servicios de hospedaje, preparación de alimentos, construcción, manufactura y servicios financieros. Ramos et al. (2022) utilizan el Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO) para clasificar 57 ocupaciones según su probabilidad de riesgo de automatización. En estos estudios, la probabilidad de riesgo de automatización en las ocupaciones, la variable dependiente, es una variable categórica cuyos valores (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) se ajustan al estudio de Manyika et al. (2017), que destacó a México como uno de los países en desarrollo con mayor porcentaje de su fuerza laboral en riesgo de ser reemplazada por la automatización.

Ante esto resaltamos que “expuesto a la automatización” difiere de “en riesgo de reemplazo”. Los trabajos son conjuntos de tareas, algunas pueden automatizarse y otras se vuelven complementarias (Acemoglu y Restrepo, 2018), y las evaluaciones de riesgos solo basadas en la viabilidad tecnológica pueden sobreestimar la medida en que la automatización afecta el trabajo (Goldman Sachs, 2023).

¹¹ Un informe de 2023 de Goldman Sachs argumenta: “Al analizar las bases de datos que detallan el contenido de las tareas de más de 900 ocupaciones, nuestros economistas estiman que aproximadamente dos tercios de las ocupaciones estadounidenses están expuestas a algún grado de automatización por parte de la IA. Además, estiman que, de esas ocupaciones que están expuestas, aproximadamente entre un cuarto y la mitad de su carga de trabajo podría reemplazarse. Pero no todo ese trabajo automatizado se traducirá en despidos. Aunque es probable que el impacto de la IA en el mercado laboral sea significativo, la mayoría de los trabajos y las industrias solo están parcialmente expuestos a la automatización y, por lo tanto, es más probable que la IA los complemente en lugar de sustituirlos” (Goldman Sachs, 2023).

Los análisis y estadísticas sobre la automatización en México han analizado las características a nivel de ocupación, aunque también es importante un enfoque que considere sus efectos en los sectores económicos. Existen estudios empíricos que subrayan efectos negativos de la automatización en la industria manufacturera mexicana, donde la modernización de planta fue en ocasiones acompañada por esquemas de subcontratación con menores beneficios laborales. Por ejemplo, de acuerdo con Palafox et al. (1988), la implementación de robots industriales por parte de Volkswagen de México resultó en una reducción del número de trabajadores y salarios de la empresa. Calderón Villareal et al. (2017) plantean que el cambio tecnológico en el sector manufacturero mexicano ha incrementado la demanda de trabajo no calificado, y disminuido los salarios promedio.

En la industria automotriz mexicana, la robotización ha sido explorada por Montiel (1987), Arias Vázquez et al. (2015), Linares Zarco (2018) y González Pérez (2022). Estos estudios subrayan desafíos en la adquisición e implementación de robots industriales, donde los costos de inversión pueden ser sustanciales y requerir importantes recursos para la capacitación. La instalación de robots suele realizarse por empresas de integración especializada como Kuka y Fanuc, por lo que la adopción está concentrada y limitada a grandes empresas (Leigh et al., 2020). El precio de un robot industrial oscila entre \$25,000 y \$200,000 dólares estadounidenses, y la integración de robots en los procesos de producción puede requerir modificaciones o actualizaciones en la infraestructura y el equipo, lo que plantea desafíos logísticos y técnicos para las empresas (Tabla 5). En 2022, las entidades federativas que más importaron robots industriales fueron Nuevo León, Chihuahua, Aguascalientes, San Luis Potosí y Jalisco (Pineda, 2023).

Tabla 5

Automatización en algunas plantas automotrices en México

<p>Volkswagen-México Puebla. Empresa innovadora. Dispone de una plataforma modular compartida transversal que gestiona la estandarización de cuatro familias de módulos (eléctrico-electrónico,</p>	<p>Ford Cuautitlán. Estado de México. Tras su reapertura en 2010, ahora es una planta de alta tecnología que incorpora una nueva área de estampación con una línea de cinco</p>
--	--

<p>carrocería, motor y tren de rodaje). Conductores, ergonomía, sostenibilidad, seguridad, eficiencia, calidad, conectividad y rentabilidad. El plan tiene aproximadamente la mitad de sus procesos automatizados, siendo el estampado, la pintura y el control de calidad los más automatizados. Se automatiza sólo para aumentar la seguridad y la calidad de los trabajadores cuando la repetición de tareas es alta. La cultura corporativa de Volkswagen se expresa en conceptos innovadores que permiten mejorar las relaciones con el sindicato y las condiciones laborales (Bensusán y Gómez, 2017).</p>	<p>prensas de alta productividad, 270 robots y sistemas de medición en línea, con plataformas ergonómicas ajustables en el área de corte y las modernas 3 -Se ha incorporado proceso húmedo. El crecimiento de los salarios ha ido a la zaga de las mejoras tecnológicas (Contreras y Díaz Muro, 2017).</p>
<p>Ford-Hermosillo, Sonora. Comenzó con una producción ajustada y, entre 2004 y 2005, invirtió mucho en la introducción de un sistema de fabricación flexible que posicionó a la empresa a la vanguardia de la tecnología automotriz global. Se ha estimado que la planta cuenta con 172 robots en diferentes áreas de producción (Contreras y Díaz Muro, 2017).</p>	<p>Mazda-Salamanca, Guanajuato. El 40 por ciento de los procesos de trabajo implican tecnologías de automatización; la pintura fue totalmente automatizada y el personal interviene sólo en detalle o con problemas de calidad (Carrillo et al., 2023).</p>
<p>Audi-Puebla. Altamente automatizado. En cuanto a los procesos de trabajo, el 40 por ciento incluye sistemas computarizados y el 40 por ciento incluye equipos automatizados. El área de carrocería cuenta con 1.440 máquinas (600 robots Kuka) con 600 empleados; el área de empleados está totalmente automatizada y emplea a 400 personas (Reyes, Sánchez y Martínez de Ita, 2018).</p>	<p>BMW-San Luis Potosí. La planta cuenta con tecnología de punta; está altamente automatizado y robotizado (992 robots). Las condiciones laborales están mejorando, así como los beneficios económicos y no económicos, además de los salarios y beneficios sociales que otorga la legislación laboral (Sánchez González, 2022).</p>

Fuente: elaboración propia con base en Carrillo et al. (2023).

El sector automotriz tiene un superávit comercial sustancial y emplea a cientos de miles de trabajadores de ensamblaje y autopartes. En 2007, los trabajadores automotrices representaron 15% del total de la industria manufacturera; en 2017, el 22%. La Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM)¹² reportó que el personal

¹² La EMIM “es una encuesta representativa del sector manufacturero de México, que (...) muestra el comportamiento económico de coyuntura de las principales variables

ocupado en dicha industria estaba conformado por 824 000 personas, de las cuales, 710 000 eran obreros y 114 000 empleados (EMIM, 2023). Del total de trabajadores en el sector, 87.7 por ciento se encontraba ocupado en la industria de autopartes; 10.6 por ciento, en la industria terminal y 1.7 por ciento, en la fabricación de carrocerías (INEGI, 2018).



Figura 5. Integrantes del Sindicato Independiente de Trabajadores de la Industria Automotriz Volkswagen (SITIAVW) en una protesta en Puebla (Cruz Vargas, 2022).

De acuerdo con la EMIM, el número de trabajadores automotrices aumentó de 2013 a 2017 y alcanzó su punto máximo en octubre de 2018 con 1,051,035 trabajadores (EMIM, 2023) (Gráfica 8). Notablemente, el número de trabajadores comenzó a disminuir antes la pandemia por Covid-19, que tuvo un impacto significativo en el sector, con una fuerte disminución del número de trabajadores de abril a junio de 2020. La industria ha

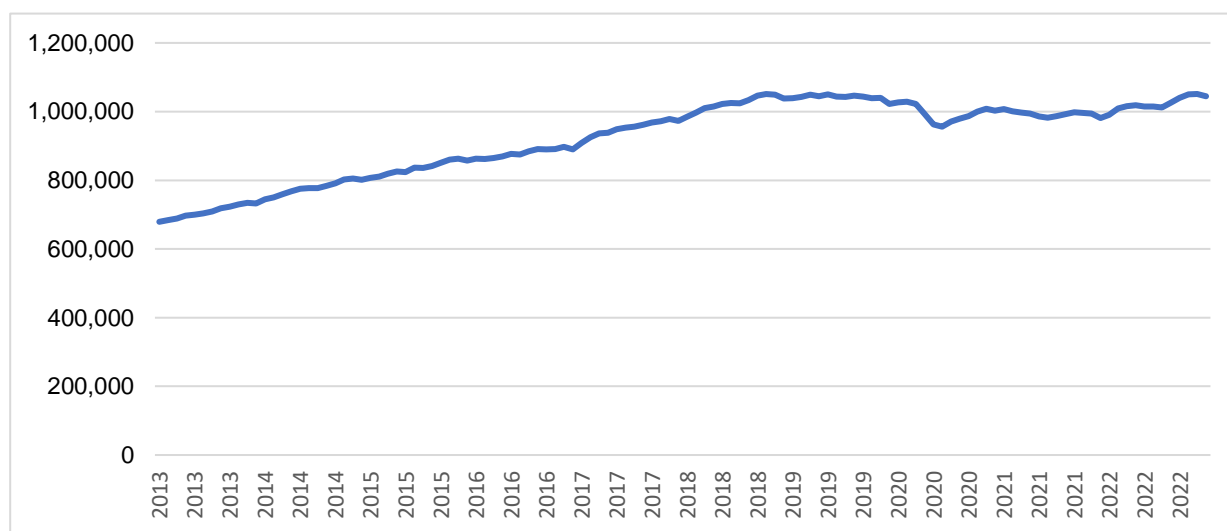
económicas del sector manufacturero del país y que sirve como insumo fundamental para la generación de diversos cálculos en el marco del Sistema de Cuentas Nacionales, así como de indicadores económicos relacionados con el empleo y la producción de la Industria Manufacturera Mexicana.” (EMIM, 2023). Los resultados de la encuesta pueden descargarse en el siguiente enlace: <https://www.inegi.org.mx/programas/emim/2013/>

mostrado cierta recuperación desde entonces. El número de trabajadores aumentó gradualmente de julio de 2020 a diciembre de 2022, sin embargo, la recuperación ha sido lenta y para diciembre de 2022 estaba aún por alcanzar los niveles previos a la pandemia (EMIM, 2023). Esta reducción es aún más marcada si consideramos el número total de horas trabajadas, también por debajo de sus niveles más altos de 2018 (Gráfica 9).

Numerosos estudios han planteado el ascenso de la rama automotriz como impulsado mediante la reducción de los costos laborales (Marinero, 2016; Carrillo, 2020; Sánchez Daza y Martínez de Ita, 2023), manifestado en prácticas como despidos, subocupación, reducción de beneficios, erosión del poder adquisitivo y subcontratación (Lima, 1993). En el centro de esta disminución, la reestructuración industrial desde finales de la década de 1970 siguió de la crisis del pacto empresarial entre Estado, sindicato y trabajadores (Carrillo et al., 2021). El Pacto de Solidaridad Económica, firmado en 1987 entre el gobierno, asociaciones empresariales y sindicatos contuvo incrementos salariales durante un periodo de altas tasas de inflación, bajo el argumento de que estos limitarían la competitividad del naciente programa exportador (Basave, 2016, p. 54).

Gráfica 8

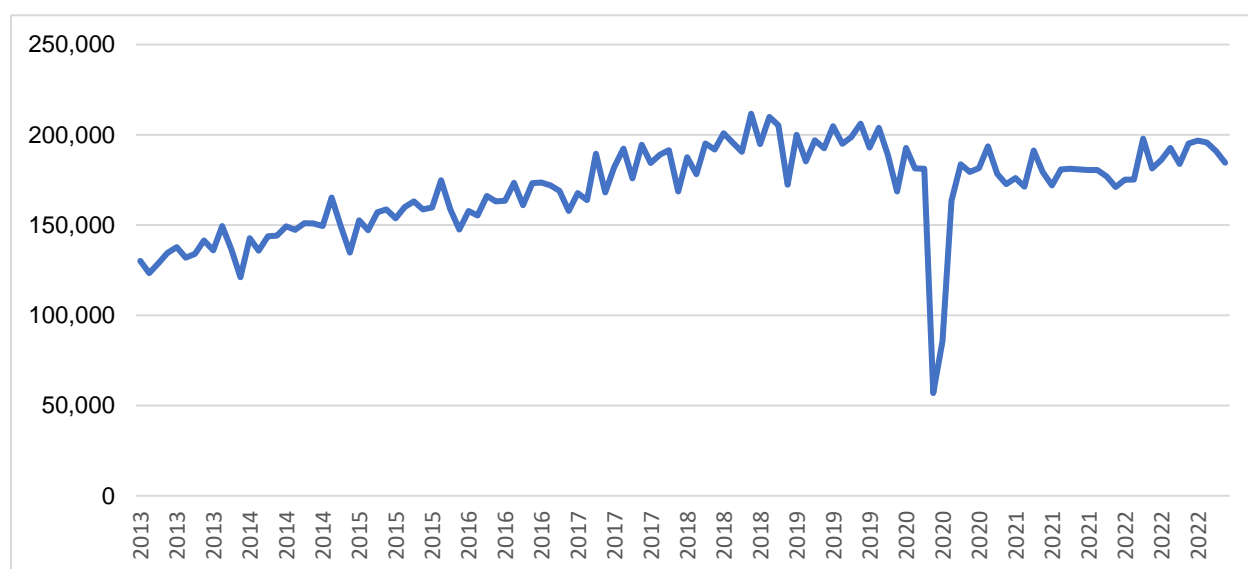
Personal ocupado total en la industria automotriz. 2013-2022



Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

Gráfica 9

Horas totales trabajadas por el personal ocupado. Miles de horas



Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

Desde entonces, ha tenido lugar una profunda caída de la tasa de sindicalización, aunque se ha reducido menos en la industria manufacturera que en el conjunto de la economía mexicana (Bensusán y Gómez, 2017). El canal de transmisión de la política salarial en la industria automotriz, impulsada desde 1976 por los sucesivos gobiernos, transitó por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CNSM) y la Confederación de Trabajadores Mexicanos (CTM), cuya negociación colectiva ha estado acompañada en el subsector de autopartes por otras organizaciones sindicales denominadas “sindicatos de protección”, caracterizadas por mantener un patrón de complicidad con la política gubernamental y las empresas multinacionales (Marinero, 2016; Bensusán, 2021; Sánchez Daza y Martínez de Ita, 2023).

Durante el periodo de Sustitución de Importaciones, el vínculo entre productividad y salarios de la industria automotriz tuvo un efecto de arrastre sobre el resto de la economía, impactando en sectores como la minería, plásticos, caucho, vidrio, metales, textiles, electrónica, metalmecánica, energía, infraestructura y telecomunicaciones, aunque esta tendencia se revirtió a partir de los años ochenta (Carillo et al., 2023). Covarrubias y Bouzas (2016) muestran que, entre 2007 y la primera mitad de 2015, la productividad de los trabajadores mexicanos en la industria automotriz se incrementó 76

por ciento (a una tasa de 9 % anual) mientras los sueldos reales percibidos por los trabajadores de línea se redujeron. Los salarios perdieron peso dentro de la estructura de valor agregado bruto al pasar de 30 a 14.3 por ciento entre 2006 y 2012, (Carrillo et al., 2021), aunque las remuneraciones como porcentaje del valor agregado incrementaron entre 2013 y 2022 (EMIM, 2023).

Una causa que la literatura ha destacado para explicar la paradoja entre el escalamiento de la productividad y el relativo desescalamiento salarial es la heterogeneidad entre regiones y empresas automotrices (Carrillo et al., 2017; García Jiménez y Carrillo, 2021). Los incrementos en la desigualdad salarial durante los años ochenta y noventa se explican en parte por un aumento relativo en la demanda de mano de obra calificada y la existencia de una mano de obra joven con niveles desiguales de formación (Islas Camargo y Cortez, 2009; Arteaga, 2003, pp. 105-106), sin embargo, durante este periodo ha incrementado también la proporción de trabajadores empleados bajo contratos a corto plazo o como trabajadores temporales (Arias Vázquez et al., 2015; Meléndez, 2022). De acuerdo con Ramírez y Mariano (2019), el 14% de los trabajadores de ensamblaje automotriz son contratados bajo esquemas de tercerización o trabajos temporales, cuyos salarios son hasta un 29% menores a los trabajadores de directa contratación.

Estos salarios se omiten en el cálculo del salario promedio en la industria automotriz mexicana, donde el salario promedio es mayor al manufacturero, pero es desigual y menor para los trabajadores de autopartes (Álvarez, 2015, p. 262) (Tabla 6). Según Bolio et al. (2014), el 80 por ciento de todas las empresas de autopartes mexicanas tienen diez o menos trabajadores. En materia de condiciones laborales, las pequeñas empresas automotrices (esencialmente autopartes), por su tamaño, tienden a tener más vínculos con las economías locales (Ochoa Valladolid, 2005; Contreras et al., 2012; Meléndez, 2022), desarrollando, por ejemplo, estrategias de compensación a los trabajadores como el otorgamiento de beneficios adicionales a los establecidos en la Ley Federal del Trabajo como becas educativas para familias, seguros de vida y promoción de actividades culturales y deportivas, aunque pagan en promedio menores salarios (Martín Granados y González Alvarado, 2015, p. 111).

Tabla 6

Salario promedio mensual en la industria en la industria automotriz mexicana (pesos reales de 2018). 2007-2017.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Fabricación de automóviles y camiones	19,175	21,339	21,290	21,059	21,673	21,368	21,398	20,840	21,768	22,428	23,842
Fabricación de autopartes	8,169	8,441	8,565	8,550	8,420	8,523	8,806	9,257	10,015	10,916	11,505

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2018).

La situación salarial de la industria en México fue objeto de atención por funcionarios y sindicatos de Estados Unidos y Canadá durante la renegociación del TLCAN, ante reclamos de que México sustituye la inversión en infraestructura, educación y seguridad pública con el pago de bajos salarios (Ruiz, 2019; Tapia Alba y Chiatchuoa, 2020).

Según la Comisión para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2017), el salario promedio actual de los trabajadores de plantas automotrices en México es de 2.38 dólares la hora, mientras que en Estados Unidos es de 24 dólares la hora. Para asegurar la ratificación del T-MEC, el gobierno mexicano impulsó aumentos al salario mínimo de 100 por ciento en la frontera norte y 16.2 por ciento en el resto del país en 2019, y de 20 por ciento en 2020 (Carrillo, 2020). En la negociación final del tratado se determinó que 40 por ciento del valor de un vehículo ligero debía ser producido en plantas donde los trabajadores ganaran al menos 16 dólares la hora (Covarrubias, 2021; García-Jiménez, 2021).

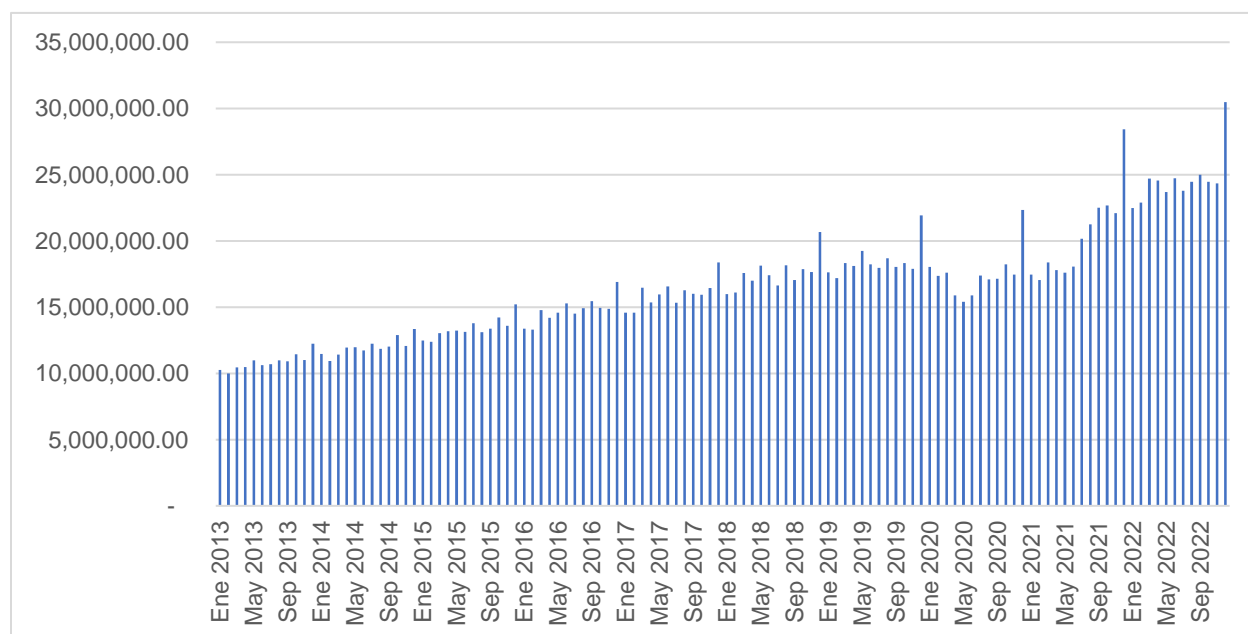
En septiembre de 2018, el Senado de México ratificó el Convenio 98 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que prescribe el derecho de sindicación y negociación colectiva. También prevé medios para que la negociación de contratos colectivos de trabajo sea puesta a consideración de los trabajadores, tenga representación de la mayoría y sea aprobado mediante votación. Busca limitar la acción de los sindicatos de protección, prevalentes en la mayoría de las plantas automotrices,

así como reducir la intervención de las empresas en la vida sindical (Carrillo et al., 2021; García Jiménez, 2021).

Las negociaciones del T-MEC han subrayado que la política de atracción de IED en el sector automotriz no tenga como principal atractivo la existencia de bajos salarios y negociaciones colectivas controladas por sindicatos de protección, sino que se promueva el mejoramiento de las condiciones de trabajo como un mecanismo de cumplimiento del nuevo acuerdo comercial (Ruiz, 2019; García-Jiménez, 2021; Covarrubias, 2021; Carrillo et al, 2023). Desde 2019, las remuneraciones totales y per cápita de la industria han crecido (Gráficas 10, 11 y 12). Este contexto destaca la heterogeneidad en el sector automotriz, donde coexisten procesos de precarización con el traslado de actividades con alto valor agregado. La reintegración está dirigida por las multinacionales automotrices y marcada por la creciente adopción de robots industriales, cuyos efectos sobre el empleo y los salarios analizaremos a continuación.

Gráfica 10

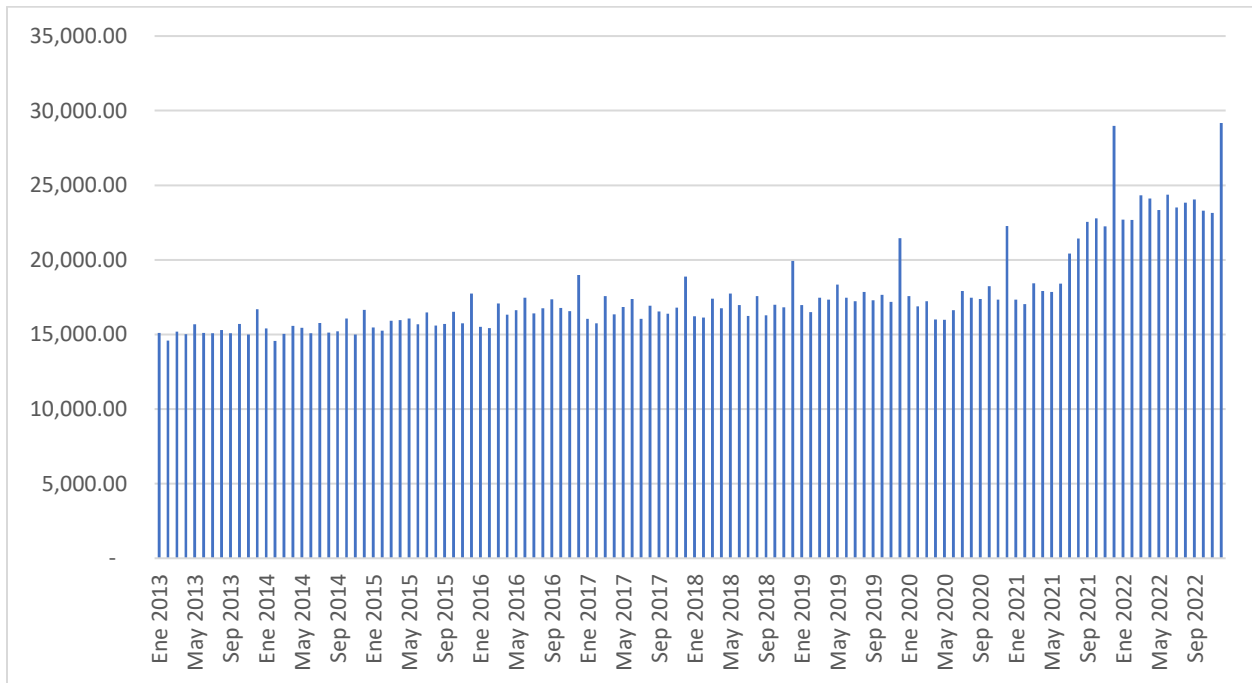
Remuneraciones totales dependientes de la razón social. 2013-2022. Miles de pesos reales a diciembre de 2022



Las remuneraciones se componen por sueldos, salarios y prestaciones. Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

Gráfica 11

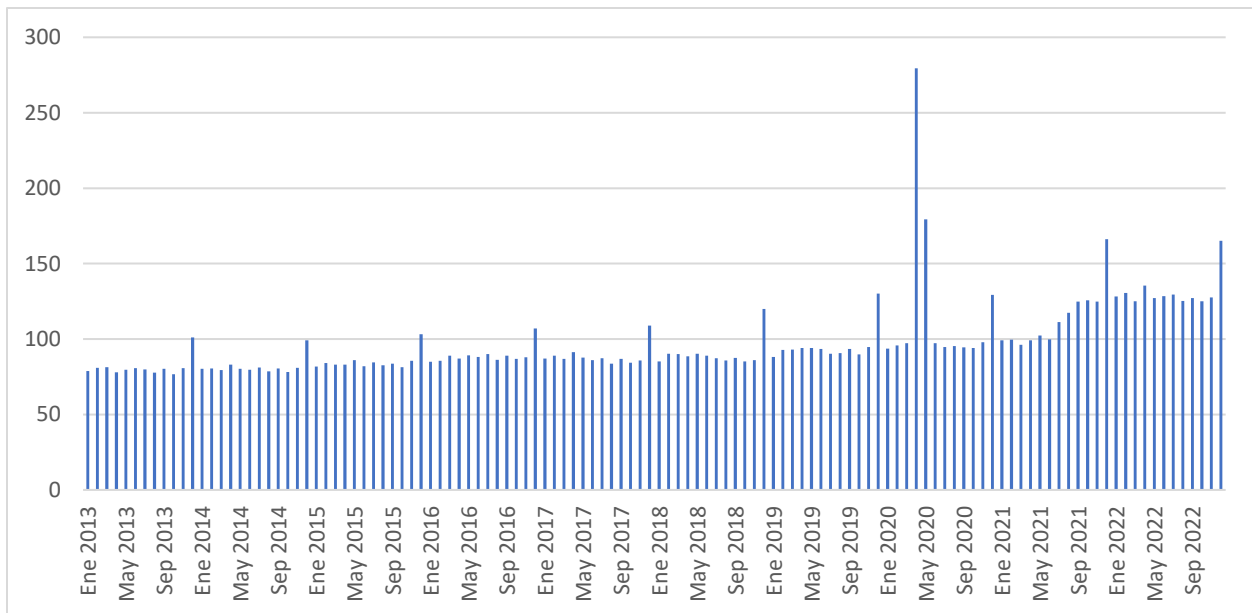
Remuneraciones per cápita de los trabajadores de la industria automotriz. 2013-2022. Pesos reales a diciembre de 2022



Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

Gráfica 12

Remuneraciones per cápita de los trabajadores de la industria automotriz. 2013-2022. Por hora. Pesos reales a diciembre de 2022



Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

3.2 El uso de robots industriales en el sector automotriz mexicano. Propuesta de un modelo econométrico

Nuestro enfoque empírico se basa en Acemoglu y Restrepo (2020), donde robots y trabajadores compiten en la producción de diferentes tareas (Anexo 1):

$$Exposición\ a\ los\ robots_{c,(t_0,t_1)} = \sum_{i \in I} l_c^{2013} \cdot APR_{i,(t_0,t_1)}$$

La exposición a los robots es definida a partir de los avances a nivel de la industria en robótica y el empleo en la industria local, donde l_c^{2013} representa la participación de la industria automotriz en el empleo total de regiones geográficas c y $APR_{(t_0,t_1)}$ se define:

$$APR_{(t_0,t_1)}^{MEX} = \frac{M_{t_1}^{MEX} - M_{t_0}^{MEX}}{L_{2013}^{MEX}} - g_{(t_0,t_1)}^{MEX} \cdot \frac{M_{t_0}}{L_{2013}^{MEX}}$$

donde M_{i,t_1}^{MEX} representa el número de robots en la industria automotriz en el tiempo t (a partir de datos de la Secretaría de Economía), $g_{i,(t_0,t_1)}^{MEX}$ es la tasa de crecimiento de la producción de la industria entre t_0 y t_1 (a partir de los datos de la EMIM), y $L_{i,2013}^{MEX}$ representa el nivel de empleo de referencia en la industria automotriz (también de EMIM).

Para explorar la adopción de robots, utilizamos datos sobre el personal, las remuneraciones, la producción y la inversión en robots industriales en la industria automotriz de 2013 a 2022. Los datos de la EMIM se dividen por entidad federativa y se agregan para este análisis en un modelo de datos panel. Usamos la EMIM para calcular las remuneraciones mensuales promedio dentro de las entidades. Para examinar esta relación, el modelo se especifica de la siguiente manera:

$$Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Exposición\ a\ los\ robots_{i,t} + \beta_2 P_{i,t} + \mu_{i,t}$$

$$E_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Exposición\ a\ los\ robots_{i,t} + \beta_2 P_{i,t} + \mu_{i,t}$$

Donde Y representa las remuneraciones del trabajador; E representa el número de personal; *Exposición a los robots* es nuestra medida de robotización; P el valor de la producción automotriz; β son parámetros por estimar, $i = 1, 2, \dots, 14$ denota cada una de las 14 entidades; $t = \text{Enero 2013, Febrero 2013, } \dots, \text{ diciembre 2022}$, denota cada uno de los meses del periodo 2013-2022; μ_{ic} es el término de error asociado a cada entidad (i) y periodo (t) y β_0 es el intercepto que puede ser o no una variable aleatoria.

Los datos de la EMIM se limpiaron para eliminar regiones y valores faltantes, lo que resultó en un modelo de catorce entidades federativas: Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Chihuahua, Ciudad de México, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Puebla, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Tamaulipas. Al limitar el alcance a los estados con una mayor producción automotriz, el modelo puede capturar las actividades económicas concentradas, el cambio tecnológico y la dinámica laboral de la industria con mayor relevancia. La muestra consiste en datos recopilados de la industria automotriz mexicana mensualmente durante diez años (EMIM, 2023), lo que resultó en un total de 1,680 observaciones (Tabla 7).

Para corroborar la especificación del modelo, se emplearon pruebas de linealidad, heteroscedasticidad, multicolinealidad y normalidad. Para la linealidad se analizaron los valores predichos de los robots industriales por variable dependiente, donde observa que las variables independientes guardan una relación lineal con la variable dependiente (Gráfica 13). La utilización de un modelo de efectos aleatorios se fundamenta en los resultados de la prueba de Hausman, cuya hipótesis nula establece que el modelo de efectos aleatorios es el mejor estimador (Tabla 8). Para analizar si la varianza de los residuos es homocedástica, se observan los residuos frente a los valores predichos, donde la prueba de Breusch-Pagan confirma que los residuos son homocedásticos (Tabla 9). Para la multicolinealidad se empleó la prueba de inflación de la varianza, donde se obtuvo un factor de inflación de la varianza menor a 10, por lo cual podemos afirmar que no existe un problema de multicolinealidad (Tabla 10). Para el supuesto de distribución normal de los residuos, la prueba de Shapiro-Wilk confirma la normalidad. Por lo tanto, concluimos que, en principio el modelo lineal no presenta problemas (Tabla 11).

Tabla 7

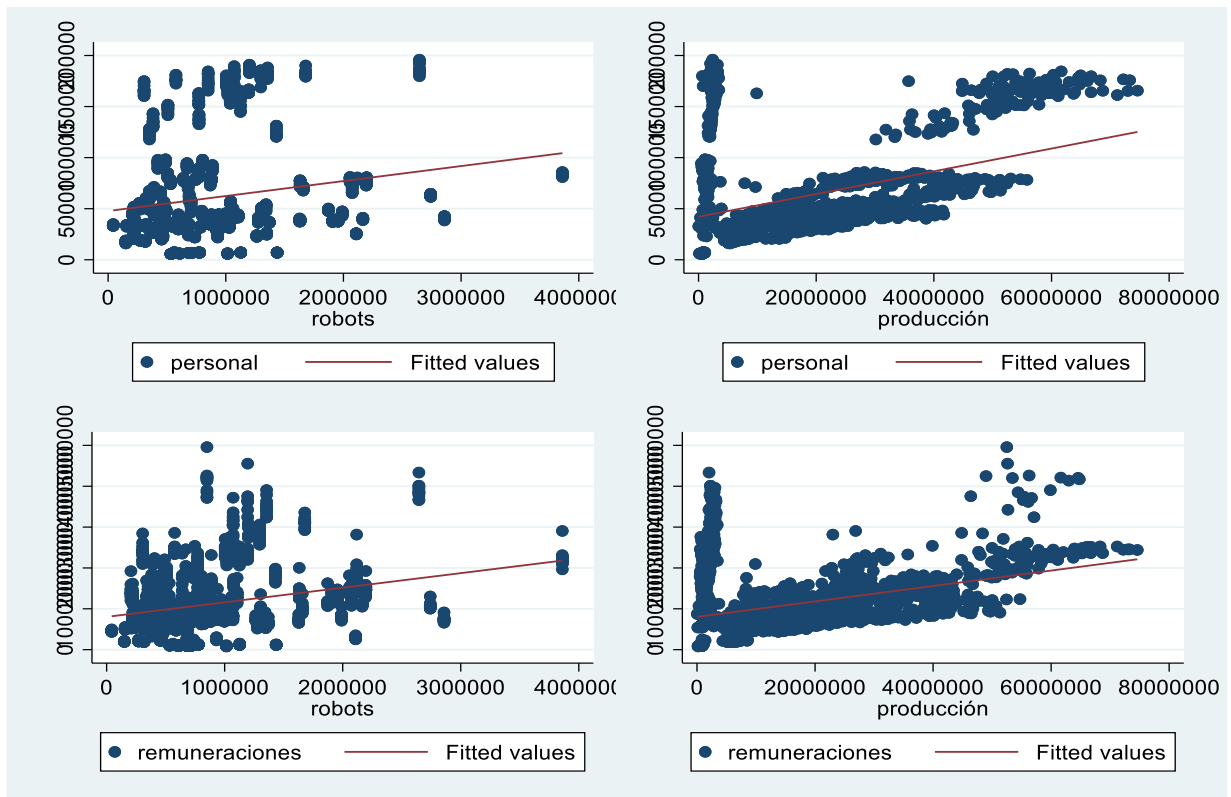
Estadísticas descriptivas

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
id	1,680	7.5	4.032329	1	14
t	1,680	60.5	34.65013	1	120
robots	1,680	895727	629888	43492.5	3860835
personal	1,680	60875.74	47124.53	5606	195935
remuneraci~s	1,680	1122105	800059.4	78901.91	4958625
producción	1,680	1.69e+07	1.55e+07	40382.55	7.46e+07

Fuente: elaboración propia con Stata.

Gráfica 13

Linealidad de las variables



Fuente: elaboración propia con Stata

Tabla 8

Prueba de Hausman

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) re	(B) fe		
robots	.0035619	.0035619	0	0
producción	.0007095	.0007095	0	0

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

Fuente: elaboración propia con Stata

Tabla 9

Prueba de heteroscedasticidad Breusch-Pagan

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: robots producción

chi2(2) = 215.09

Prob > chi2 = 0.0000

Fuente: elaboración propia con Stata.

Tabla 10

Prueba de multicolinealidad

Variable	VIF	1/VIF
producción	1.00	0.999818
robots	1.00	0.999818
Mean VIF	1.00	

Fuente: elaboración propia con Stata.

Tabla 11*Prueba de normalidad Shapiro-Wilk*

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
personal	1,680	0.80656	195.748	13.336	0.00000
remuneraci~s	1,680	0.88927	112.056	11.927	0.00000
robots	1,680	0.85726	144.449	12.568	0.00000
producción	1,680	0.87821	123.240	12.167	0.00000

Fuente: elaboración propia con Stata.

Tabla 12*Resultados del modelo econométrico. Efectos de los robots industriales en el número de personal y las remuneraciones*

Random-effects GLS regression	Number of obs	=	1,680
Group variable: id	Number of groups	=	14
R-sq:	Obs per group:		
within = 0.2356	min =		120
between = 0.1578	avg =		120.0
overall = 0.1560	max =		120
	Wald chi2(2)	=	514.97
corr(u_i, X) = 0 (assumed)	Prob > chi2	=	0.0000

personal	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
robots	.0035653	.00042	8.49	0.000	.0027422 .0043884
producción	.0007103	.0000363	19.56	0.000	.0006391 .0007815
_cons	45712.21	12383.07	3.69	0.000	21441.85 69982.58
sigma_u	46270.987				
sigma_e	8595.2284				
rho	.96664475	(fraction of variance due to u_i)			

Random-effects GLS regression
Group variable: id

Number of obs = 1,680
Number of groups = 14

R-sq:
within = 0.1773
between = 0.1955
overall = 0.1913

Obs per group:
min = 120
avg = 120.0
max = 120

corr(u_i, X) = 0 (assumed)

Wald chi2(2) = 361.67
Prob > chi2 = 0.0000

remuneraci~s	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
robots	.1796167	.016108	11.15	0.000	.1480457 .2111877	
producción	.0188594	.001387	13.60	0.000	.016141 .0215778	
_cons	643388.2	187881.7	3.42	0.001	275146.9 1011630	
sigma_u	696021.61					
sigma_e	329885.82					
rho	.81656831	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: elaboración propia con Stata.

3.3 Discusión

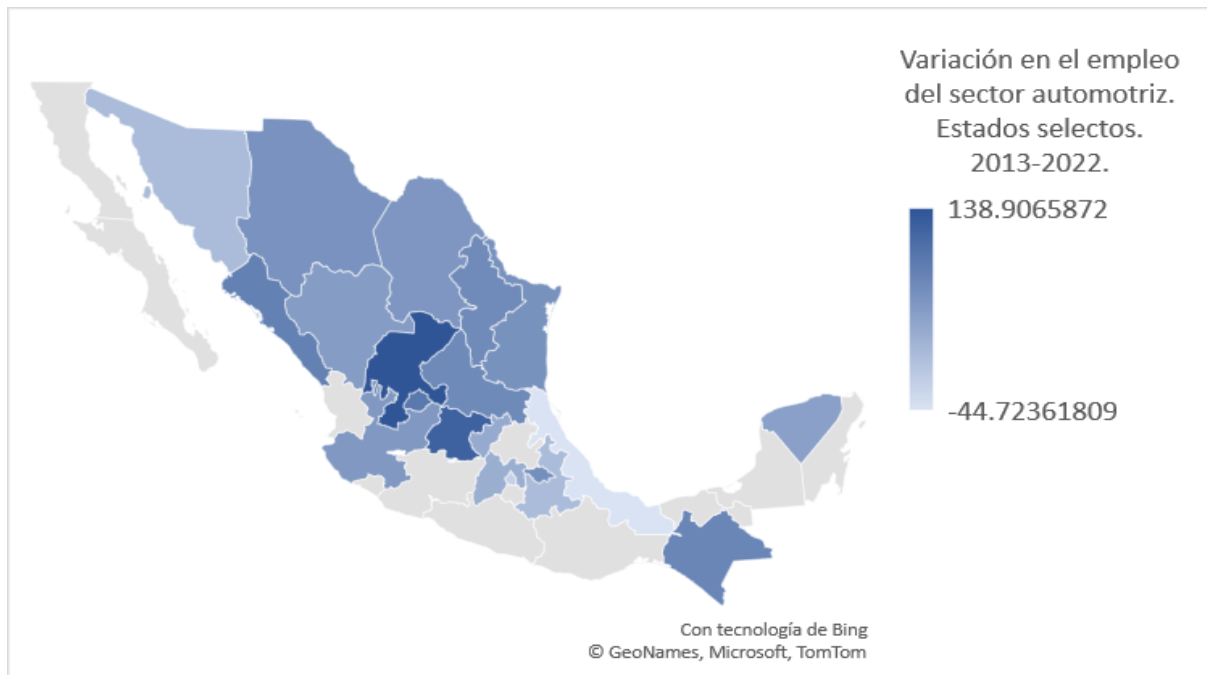
Encontramos una relación positiva y estadísticamente significativa entre los robots industriales y el empleo, y entre los robots industriales y los salarios. Con base en los resultados del modelo econométrico, se encontró que la inversión en robots industriales tuvo un impacto positivo en el empleo y los salarios en la industria automotriz mexicana entre 2013 y 2022. El modelo establece que un aumento de un dólar en la inversión en robots industriales en la industria automotriz mexicana entre 2013 y 2022 en las entidades seleccionadas condujo a un aumento de 0.0035 en el número de trabajadores y un aumento del 0.1796 pesos en los salarios en la industria. Además, nuestros resultados indican que la productividad tiene un efecto positivo y significativo en el empleo y los salarios, lo que sugiere que los niveles más altos de productividad conducen a mayores oportunidades de empleo. Esto indica que, contrario a nuestra hipótesis, la adopción de robots industriales en la industria automotriz mexicana está correlacionada a un incremento en los niveles de empleo.

Estos hallazgos sugieren que la adopción de robots industriales en la industria automotriz mexicana ha llevado a mejores resultados para los trabajadores, contrario a la noción de que la automatización conduciría a la pérdida de empleos y salarios más bajos. Durante nuestro periodo de estudio, se observa un notable incremento en la participación del trabajo (medido a partir de las remuneraciones totales) en el ingreso (Gráfica 14). Los resultados del modelo plantean que la automatización en la industria automotriz mexicana ha llevado a una transformación de los perfiles laborales en lugar de una reducción general del empleo, algo observado en estudios recientes. Por ejemplo, Carrillo et al. (2023) observan que la automatización en Ford-Hermosillo y Toyota-Guanajuato está impulsada por tres motivos:

- (a) económicos, centrados en la productividad, la eficiencia, la consistencia, la calidad y el flujo;
- (b) social, centrado en la seguridad y salud en el trabajo
- (c) ambiental, centrado en el consumo de agua.

Figura 6

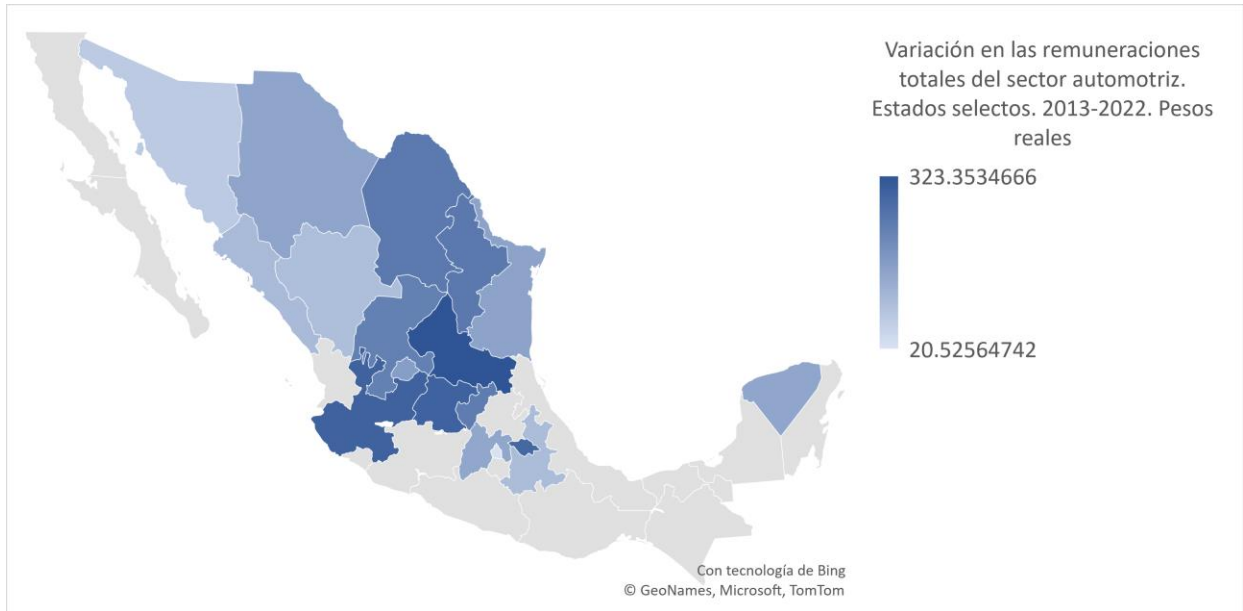
Variación en el empleo del sector automotriz. Estados selectos. 2013-2022



Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

Figura 7

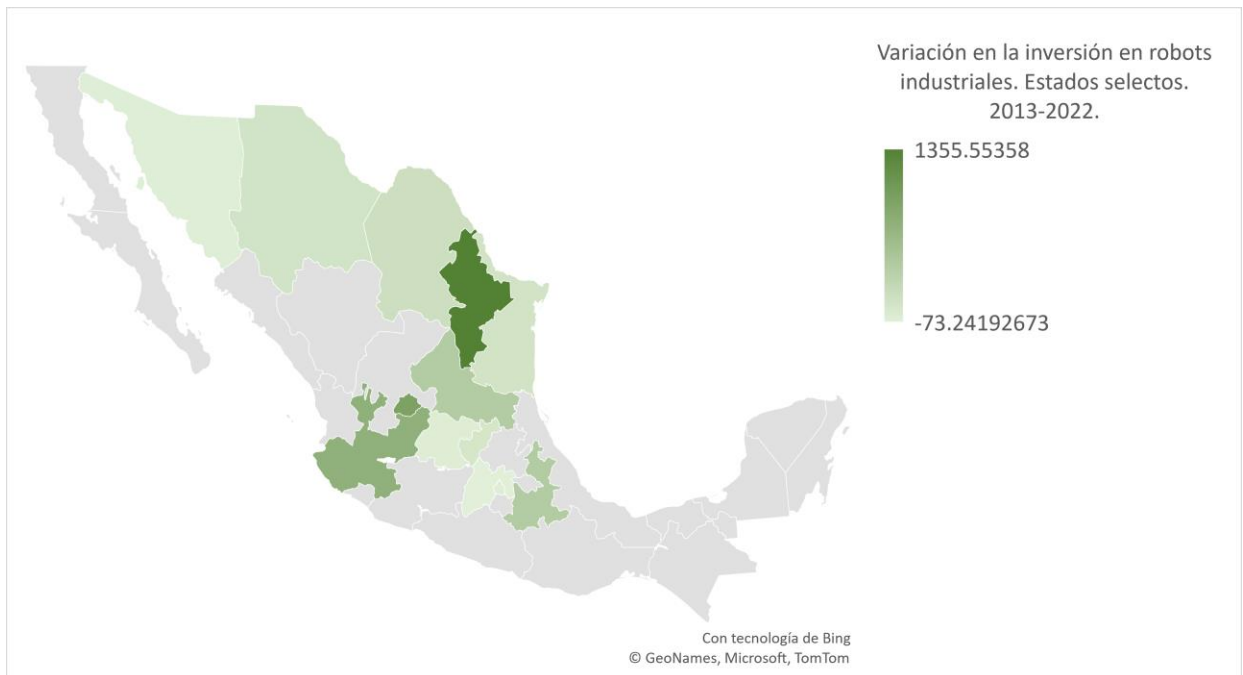
Variación en las remuneraciones totales del sector automotriz. Estados selectos. 2013-2022. Pesos reales



Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

Figura 8

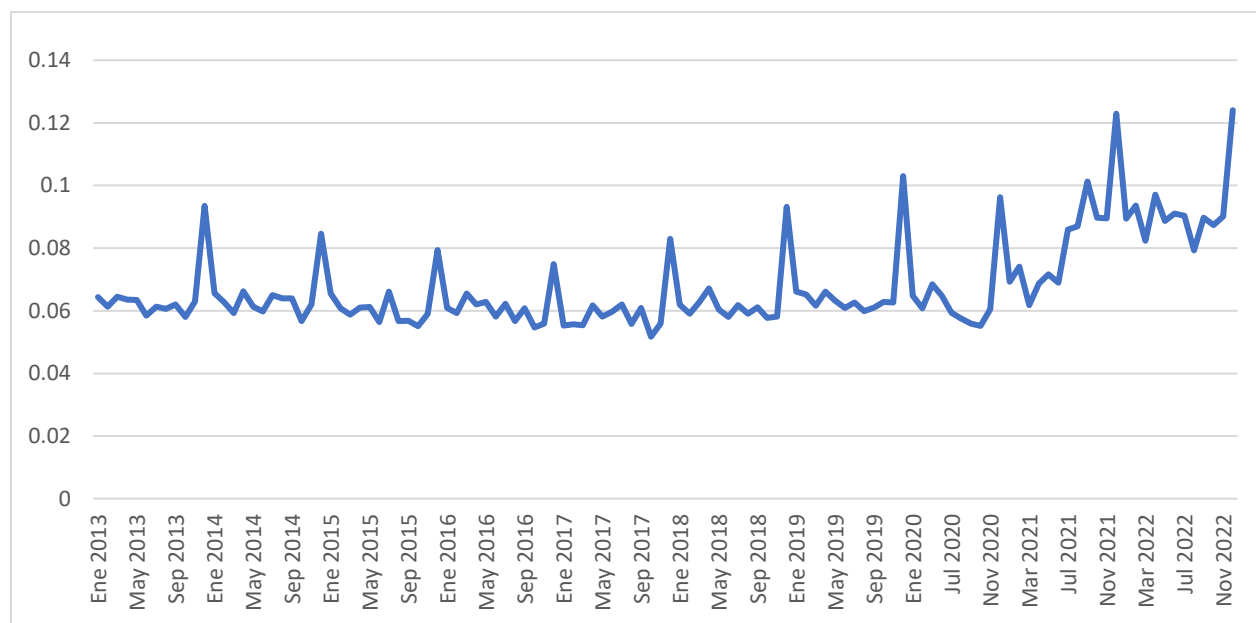
Variación en la inversión en robots industriales. Estados selectos. 2013-2022. Pesos reales



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía (SE).

Gráfica 14

Porcentaje de participación de las remuneraciones en el ingreso de la industria automotriz. 2013-2022



Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM).

En lugar de despedir trabajadores, las empresas están capacitando a los trabajadores y cambiando sus tareas dentro de la fábrica. Esto supone movilidad interna de los trabajadores y reconversión de habilidades. Por ejemplo, quienes operan los nuevos equipos automatizados pasaron de ser operadores de línea a técnicos de mantenimiento; mientras que los que ya eran técnicos de mantenimiento llevaron una nueva formación (Carrillo et al., 2023). El segmento de mayor crecimiento en las áreas automatizadas de Ford-Hermosillo es de los técnicos de mantenimiento, quienes reprograman robots y hacen mantenimiento preventivo (Bensusán y Gómez, 2017; Contreras y Díaz Muro, 2017).

Cebreros et al. (2020) analizan los canales a través de los cuales la automatización remodela los mercados laborales mexicanos, donde argumentan que los factores críticos en la tasa de adopción de tecnologías de automatización son:

- el tamaño del mercado informal de trabajo,
- la estructura salarial de la economía en todas las ocupaciones, y

- la interacción entre la adopción de tecnología y procesos paralelos como la deslocalización.

Subrayan que las empresas mexicanas a menudo deciden que la automatización es poco rentable, incluso cuando es tecnológicamente posible.

Estos resultados son consistentes con Acemoglu y Restrepo, donde diferentes oleadas de progreso técnico tienen diferentes efectos, dependiendo del equilibrio entre los efectos de desplazamiento y productividad (Acemoglu y Restrepo, 2018). Por otro lado, nuestro modelo se centra en la industria automotriz mexicana y el contexto que hemos presentado durante nuestra investigación, donde los resultados pueden también estar influenciados por los incrementos salariales derivados del T-MEC, el choque estructural de la pandemia y las políticas laborales de la nueva administración (Carrillo et al., 2021).

Similarmente, se enfrentaron limitaciones respecto de los datos, principalmente el número de robots industriales por sector, dada la deficiencia en la cantidad y calidad de la información proporcionada por cuentas nacionales. Para nuestra medida de exposición a los robots, realizamos una interpolación lineal para balancear el modelo. La escasez de información oficial y por empresa presentó dificultades en relación con la construcción de datos, por lo tanto, las fases que se presentan en el presente artículo son ilustrativas, analíticas y explicativas, pero no pueden considerarse definitivas. Además del empleo y los salarios, otros factores como la duración de la jornada laboral, los días libres, las vacaciones y las prestaciones son importantes para determinar las condiciones laborales en la industria. En el sector automotriz, grupos laborales han planteado cuestiones como la salud y la seguridad de los trabajadores de la industria, ante la exposición a productos químicos peligrosos y otras condiciones laborales riesgosas (Ramírez y Marinaro, 2019).

Las nuevas tecnologías están generando cambios en los procesos productivos, el empleo y el trabajo, lo que demanda, a su vez, nuevas políticas y estrategias en el ámbito laboral. Históricamente, la disminución de la participación laboral en los ingresos puede atribuirse a una evolución económica que ha pasado por dos fases. Inicialmente, se observa una fase de complementariedad entre el trabajo y el capital, donde la inversión

en tecnología y maquinaria amplificaba la productividad de los trabajadores, generando un equilibrio favorable entre ambas partes. Sin embargo, esta etapa fue seguida por una apropiación progresiva de las capacidades cognitivas de la fuerza laboral.

Avances en tecnologías de automatización como los robots industriales han permitido a los empleadores redefinir procesos y roles, desplazando ciertas tareas a la maquinaria y la automatización, lo que puede llevar eventualmente a una reducción de la participación de los trabajadores en los ingresos. Las expectativas del impacto sobre el empleo, las formas de contratación, las normas salariales y las prestaciones son nuevamente objeto de estudio, pero también de política y nuevas formas de organización por parte de los trabajadores (Tapia Alba y Chiatchuoa, 2020; Sánchez Daza y Martínez de Ita, 2023).

La divergencia entre la productividad y el bajo crecimiento de los salarios entre los trabajadores del sector automotriz mexicano aparece, más que una consecuencia inevitable de implementar nuevas tecnologías, como resultado de políticas macroeconómicas que promovieron los bajos salarios como mecanismo de competitividad. Abordar los desafíos asociados con la implementación de robots industriales requerirá un enfoque que involucre los intereses de los trabajadores, formuladores de políticas e investigadores para aprovechar el poder transformador de la automatización y garantizar un futuro sostenible para la industria y la sociedad.

Conclusiones

Hay una historia sobre Henry Ford II y Walter Reuther, líder sindical de United Auto Workers, recorriendo una fábrica automatizada de automóviles donde Ford bromea: “Walter, ¿cómo harás que estos robots paguen las cuotas sindicales?”, a lo que Reuther responde: “Henry, ¿cómo vas a conseguir que compren tus autos?” (Ford, 2015).

El rápido desarrollo de tecnologías de automatización se ha convertido en un tema de discusión destacado en la ciencia económica. Durante esta tesis analizamos tendencias, estadísticas e historia económica para comprender la situación de la industria ante la introducción de estas tecnologías. Los efectos de nuevas tecnologías sobre el empleo, las industrias y la economía han tenido un interés duradero, manifestando ambigüedades en la relación de los seres humanos con sus medios de vida. Las tecnologías de automatización, entendidas como la realización de tareas por máquinas inteligentes y reprogramables, han alcanzado una posición central en la economía por su carácter transformador y capacidad para abordar las necesidades de una sociedad cambiante (Álvarez Medina et al., 2020; Patiño-Valencia et al., 2022).

Entre las industrias que lideran esta transición se encuentra la industria automotriz, impulsada en México por la IED y la apertura comercial, suscitando en años recientes debates respecto a los niveles de empleo y salarios. En el sector automotriz, estas tecnologías articulan avances en digitalización, cambios regulatorios, reestructuración de cadenas de valor y nuevos patrones de consumo a nivel mundial (Contreras et al., 2012; Carrillo, 2020; Meléndez, 2022). La industria se encuentra en medio de cambios profundos, encabezados por el cambio de automóviles de combustión interna a vehículos eléctricos impulsados por baterías. Estudiar el uso de robots industriales en la industria automotriz mexicana sitúa los retos y oportunidades presentados por avances tecnológicos e ilustra la dirección de este sector en sus procesos de producción, las capacidades tecnológicas, la reorganización de cadenas de valor, los requisitos de habilidades, la competitividad de sus exportaciones, la creación de empleo y cambios en las condiciones salariales (Ordoñez, 2023).

Vemos esta tesis como un paso hacia comprender los efectos de los robots industriales en los mercados laborales. A lo largo de nuestra investigación, incorporamos los debates sobre automatización dentro de la trayectoria de desarrollo e industrialización mexicana, y en concreto el uso de robots industriales en la industria automotriz de 2013 a 2022, para responder, ¿cuáles los efectos de la adopción de robots industriales en el empleo y los salarios de los trabajadores en la industria automotriz mexicana?, donde planteamos como hipótesis que la adopción de robots industriales en la industria automotriz mexicana tiene, en el corto plazo, efectos disruptivos en los trabajadores a la vez que promueve el crecimiento, sin embargo, observamos que la adopción de robots industriales se correlaciona de manera positiva con el empleo y los salarios de los trabajadores del sector automotriz.

La relación positiva entre la adopción de robots industriales y el empleo y los salarios la industria automotriz mexicana encontrada en nuestro modelo ofrece un hallazgo alentador. Estos resultados desafían la noción de que la automatización conduce inevitablemente al desplazamiento de puestos de trabajo y al estancamiento de los salarios, subrayando el potencial de las nuevas tecnologías para complementar la fuerza laboral y estimular el desarrollo económico.

Es posible que la introducción de robots industriales haya llevado a una mayor productividad y competitividad, cuyos efectos se extendieron a lo largo de la cadena de suministro, fomentando la creación de empleos en industrias auxiliares. Las derramas podrían haber requerido la contratación de trabajadores calificados con mayores salarios para operar, mantener y programar estas máquinas, compensando las pérdidas de empleo.

Al mismo tiempo, cambios económicos en años recientes como la firma del T-MEC, el nearshoring, y otras políticas de apertura comercial han conducido a una mayor especialización y complejidad de la economía mexicana que ha promovido el crecimiento del sector automotriz. De igual manera, el ajustado mercado laboral tras la pandemia por COVID-19 ha brindado oportunidades para que los sindicatos y organizaciones laborales muestren su fuerza y exijan mejores condiciones.

Sin embargo, es esencial reconocer que esta tesis es sólo una aproximación de un tema complejo, y será necesario realizar más investigaciones, discusiones y participaciones políticas para garantizar que los beneficios de la automatización se distribuyan equitativamente y sean sostenibles para todas las partes involucradas. A pesar de poseer una economía diversificada que fabrica y exporta grandes volúmenes de bienes manufacturados, México se ha mantenido como una economía de bajo crecimiento con bajos salarios para sus niveles de productividad (Bensusán, 2021; Carrillo et al., 2021; Carrillo et al., 2023).

Se espera que el uso de robots industriales en la industria automotriz mexicana continuará creciendo (González Pérez, 2022; Márquez, 2022). Los retos laborales del sector automotriz ante el cambio tecnológico se enfrentan al arraigo del corporativismo mexicano, donde podemos caracterizar los efectos de la automatización en la industria automotriz mexicana por la ausencia de una mayor discusión sobre los mecanismos de compensación adecuados para los trabajadores amenazados.

Al indagar las propuestas teóricas sobre el desempleo tecnológico, retomamos para México el enfoque neoinstitucional de Acemoglu y Restrepo (2020), que incorpora elementos de economía política para comprender las interacciones entre las instituciones políticas y económicas. Con base en su análisis, abogan por políticas que promuevan instituciones inclusivas al reducir la concentración de poder, garantizar la competencia, proteger los derechos de propiedad y fomentar la innovación.

En este sentido, promover una transición inclusiva hacia la automatización implica reivindicar una distribución justa de sus beneficios. La industria automotriz mexicana contribuye al Producto Interno Bruto, los flujos de IED, el establecimiento de empresas de capital extranjero, la creación de fuentes de empleo, la transferencia tecnológica y la creación de nuevas empresas (Sánchez Gálvez, 2022), sin embargo, alcanzar una mayor convergencia de salarios y derramas tecnológicas requerirá también de la expansión y la contratación por parte de empresas del sector moderno, la ampliación de la infraestructura y la capacitación de los trabajadores, así como políticas que aprovechen las capacidades tecnológicas que el país ha obtenido de décadas de innovación e

inversiones en capital humano y físico, donde los esfuerzos para mejorar y reorganizar a los trabajadores afectados por la automatización deben enfatizar las condiciones de desigualdad que prevalecen en el país.

Referencias

- Acemoglu, D., y Autor, D. (2011). Skills, tasks, and technologies: Implications for employment and earnings. En D. Card y O. Ashenfelter (Eds.), *Handbook of Labor Economics*. 4, 1043-1171. Elsevier
- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2017). Secular stagnation? The effect of aging on economic growth in the age of automation. *American Economic Review*, 107(5), 174-179. <https://doi.org/10.1257/aer.p20171101>
- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2018). Modeling Automation. *AEA Papers and Proceedings*, 108, 48-53. <https://doi.org/10.1257/pandp.20181020>
- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*. 33(2), 3-30. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3>
- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*, 128(6). 2188-2244. <https://doi.org/10.1086/705716>
- Aguilar Pérez, P., y Cruz Covarrubias, L. P. (2015). Esquema de condicionantes en la relación proveedor-cliente en la industria automotriz. Caso sector autopartes en la Zona del Bajío. *Dirección y Organización*, (56), 57-67. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i56.474>
- Álvarez Medina, L. (2014). La industria automotriz a veinte años de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte: evaluación y perspectivas. En A. Oropeza García (Ed.), *TLCAN 20 años. ¿Celebración, desencanto o replanteamiento?* (pp. 261–278). Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Álvarez Medina, L., Carrillo J. (2018) ¿Cómo la crisis entre 2008 y 2009 afectó la reestructuración de la industria automotriz en la región del TLCAN? En C. Calderón y J. González (Eds.), *China y México en la órbita del mercado mundial del siglo XXI* (pp.131-157). El Colegio de la Frontera Norte.
- Álvarez Medina, L., González Marín, M.L. (2015) Reestructuración productiva en la industria automotriz mundial y su impacto en los costos laborales a partir de 2008. En M. L. González Marín (Ed.) *El costo de la mano de obra en la industria automotriz y sus estrategias productivas* (pp. 23-62). Universidad Nacional Autónoma de México.

- Álvarez Medina, L., Martínez, A., García, A. (2020) Discusión, conclusiones y recomendaciones. En L. Álvarez Medina, A. García y A. Martínez (Eds.), *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas* (pp. 199-208). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Andreoni, A., y Chang, H. J. (2019). The political economy of industrial policy: Structural interdependencies, policy alignment and conflict management. *Structural Change and Economic Dynamics*, 48, 136-150. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2018.10.007>
- Antonelli, C. (1998). Localized technological change, new information technology and the knowledge-based economy: The European evidence. *Journal of Evolutionary Economics*, 8(2), 177-198. <https://doi.org/10.1007/s001910050061>
- Anzolin, G., Andreoni, A., y Zanfei, A. (2020). Robot adoption and FDI driven transformation in the automotive industry. *International journal of automotive technology and management*, 20(2), 215-237.
- Anzolin, G., Andreoni, A., y Zanfei, A. (2022). What is driving robotisation in the automotive value chain? Empirical evidence on the role of FDIs and domestic capabilities in technology adoption. *Technovation*, 115, 102476.
- Arias Vázquez, A. J., Jáuregui, J. M., Jiménez Abraham, M. A., Villegas Delgado, N. O., García Domínguez, L.G. (2015). Localización geográfica y contratos colectivos en la industria automotriz. En M. L. González Marín (Ed.) *El costo de la mano de obra en la industria automotriz y sus estrategias productivas* (pp. 141-168). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arntz, M., Gregory, T., y Zierahn, U. (2017). Revisiting the risk of automation. *Economics Letters*, 159, 157-160. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.07.001>
- Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies* 29(3), 155-173. <https://doi.org/10.2307/2295952>
- Arteaga, A. (2003). *Integración productiva y relaciones laborales en la industria automotriz en México*. Plaza y Valdés.
- Artuç, E., Chaudhuri, S., y McLaren, J. (2010). Trade shocks and labor adjustment: A structural empirical approach. *American Economic Review*, 100(3), 1008-1045 <https://doi.org/10.1257/aer.100.3.1008>

- Artuc, E., Christiaensen, L., y Winkler, H. (2019). *Does Automation in Rich Countries Hurt Developing Ones? Evidence from the U.S. and Mexico*. Banco Mundial. <https://doi.org/10.1596/31425>
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA). (2023). Información estadística. Recuperado de la base de datos <http://www.amia.com.mx/>
- Aum, S., Lee, S. Y., y Shin, Y. (2018). Computerizing industries and routinizing jobs: Explaining trends in aggregate productivity. *Journal of Monetary Economics*, 97, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2018.05.010>
- Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? the history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3-30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Autor, D. H. (2022). *The labor market impacts of technological change: From unbridled enthusiasm to qualified optimism to vast uncertainty* [Working paper No. 30,074]. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w30074>
- Autor, D., y Salomons, A. (2018). *Is automation labor share–displacing? Productivity growth, employment, and the labor share*. Brookings Papers on Economic Activity. 1-87. <https://doi.org/10.1353/eca.2018.0000>
- Barbieri, L., Mussida, C., Piva, M., y Vivarelli, M. (2020). Testing the Employment and Skill Impact of New Technologies. En K. F. Zimmermann (ed.) *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics* (pp. 1-27). https://doi.org/10.1007/978-3-319-57365-6_1-1
- Basave, J. (2016). *Multinacionales mexicanas. Surgimiento y evolución*. Siglo XXI
- Becker, G. (1964). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education*. University of Chicago Press.
- Bell, M., Pavitt, K. (1992). Accumulating technological capability in developing countries. *The World Bank Economic Review*, 6(1), 257-281.
- Benchimol, P. (2019). Innovation and National State in the History of Economic Thought: Marx, Schumpeter and neo-Schumpeterians in retrospective. *Iberian Journal of the History of Economic Thought*, 6(2), 103-114. <https://doi.org/10.5209/ijhe.66191>
- Bensusán, G. (2021) Determinantes institucionales y organizacionales del salario en la industria automotriz de México. En H. García-Jiménez, J. Carrillo y G. Bensusán

- (Eds.) *Salarios en tiempos de libre comercio ¿Ofrece la industria automotriz salarios dignos en México?* (pp. 39-66). El Colegio de la Frontera Norte.
- Bensusán, G., Gómez, W. (2017). Volkswagen de México: Un caso de articulación positiva y fuerte pero inestable entre innovación productiva y social. En J. Carrillo G. Bensusán y J. Micheli (Eds.) *¿Es posible innovar y mejorar laboralmente? Estudio de trayectorias de empresas multinacionales en México* (pp. 183-238). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Besley, T., y Case, A. (1993). Modeling technology adoption in developing countries. *American Economic Review*, 83(2), 396-402.
- Bessen, J., Goos, M., Salomons, A., y van den Berge, W. (2020). *Automation: A Guide for Policymakers*. Economic Studies at Brookings. <https://www.brookings.edu/articles/automation-a-guide-for-policymakers/>
- Bolio, E., Remes, J., Lajous, T., Manyika, J., Rossé, M., y Ramirez, E. (2014). *A tale of two Mexicos: Growth and prosperity in a two-speed economy*. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/americas/a-tale-of-two-mexicos>
- Brynjolfsson, E., y McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., y Mitchell, T. (2017). What can machine learning do? Workforce implications. *Science*, 358(6370), 1530-1534. <https://doi.org/10.1126/science.aap8062>
- Bustamante, J. (1975). El Programa Fronterizo de Maquiladoras: Observaciones para una Evaluación. *Foro Internacional*, 16(2), 183-204.
- Calderón Villarreal, C., Ochoa Adame, G. L., y Huesca Reynoso, L. (2017). Mercado laboral y cambio tecnológico en el sector manufacturero mexicano (2005-2014). *Economía, sociedad y territorio*, 17(54), 523-560.
- Camacho, J. (28 de marzo de 2023). Seis puntos para entender la inversión de BMW Group en SLP. *Líder empresarial*. Recuperado de <https://www.liderempresarial.com/seis-puntos-para-entender-la-inversion-de-bmw-group-en-slp/>
- Campos Vázquez, R. M., Campos Ortiza, G. A. (2023). Impacto de la industria automotriz en el desarrollo del Bajío en México. *Problemas del Desarrollo. Revista*

- Cárdenas, E. (1996). *La política económica de México, 1950-1994*. Fondo de Cultura Económica.
- Cárdenas, E. (2003) El proceso de industrialización acelerada en México (1929-1982). En E. Cárdenas (Ed.), *Industrialización y Estado en América Latina: la leyenda negra de la posguerra* (pp. 240-276). Fondo de Cultura Económica.
- Carrillo, J. (2007). Maquiladoras en México: ¿evolución o agotamiento? *Comercio Exterior*, 57(8), 668-81.
- Carrillo, J. (2020) Reflexiones sobre la industria automotriz, las tecnologías exponenciales y sus desafíos. En L. Álvarez Medina, A. García y A. Martínez (Eds.), *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas* (pp. 117-131). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Carrillo, J., García, P. (1987). Etapas industriales y conflictos laborales: la industria automotriz en México. 5(14), 303-340. *Estudios Sociológicos*.
<https://doi.org/10.24201/es.1987v5n14.1272>
- Carrillo, J., García-Jiménez, H., Bensusán, G. (2021) Dinamismo productivo y salarios en la industria automotriz en México. En H. García-Jiménez, J. Carrillo y G. Bensusán (Eds.) *Salarios en tiempos de libre comercio ¿Ofrece la industria automotriz salarios dignos en México?* (pp.23-36). El Colegio de la Frontera Norte.
- Carrillo, J., Martínez, A., López, O. y Díaz, M. (2023). *Impact of automation and digitalization on employment*. International Labor Organization, European Commission.
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_877324.pdf
- Casalet, M., y Stezano, F. (2020). Risks and opportunities for the progress of digitalization in Mexico. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(7), 689-704.
<https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1719643>
- Cebreros, A., Heffner-Rodríguez, A., Livas, R., y Puggioni, D. (2020). *Automation Technologies and Employment at Risk: The Case of Mexico*. Banco de México.
<https://doi.org/10.36095/banxico/di.2020.04>
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL) (2017). *La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe*.

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/42023la-inversion-extranjera-directa-americalatina-caribe-2017>

- Chang, G., Rynhart, P., Huynh, (2016). *ASEAN in transformation: textiles, clothing, and footwear: refashioning the future*. ILO Regional Office for Asian and the Pacific, Geneva. https://www.ilo.org/actemp/publications/WCMS_579560/lang-en/index.htm
- Chiacchio, F., Petropoulos, G., y Pichler, D. (2018). *The Impact of Industrial Robots on EU Employment and Wages: A Local Labour Market Approach* [Working paper]. Bruegel. https://www.bruegel.org/sites/default/files/wp-content/uploads/2018/04/Working-Paper_02_2018.pdf
- Clemens, J., y Wither, M. (2019). The minimum wage and the Great Recession: Evidence of effects on the employment and income trajectories of low-skilled workers. *Journal of Public Economics*, 170, 53-67. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2019.01.004>
- Cohen, W. M., y Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The Economic Journal*, 99(397), 569-596.
- Contreras, O. F., Carrillo, J., Alonso, J. (2012). Local entrepreneurship within global value chains: a case study in the Mexican automotive industry. *World Development*, 40(5), 1013-1023. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.11.012>
- Contreras, O., Díaz, M. E., Carrillo, J., Bensusán, G., y Micheli, J. (2017). Ford Motor Co. en México: una plataforma de bajo costo y alta calidad para la exportación. En J. Carrillo, G. Bensusán y J. Micheli (Eds.), *¿Es posible innovar y mejorar laboralmente? Estudio de trayectorias de empresas multinacionales en México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Coombs, C. (2020). Will COVID-19 be the tipping point for the Intelligent Automation of work? A review of the debate and implications for research. *International Journal of Information Management*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102182>
- Cortés, S. (2023). *Reestructuración productiva y hegemonía en México: las industrias automotriz y electrónica en los años 1980 y 1990*. [Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México].
- Cortez, W. W., y Camargo, A. I. (2009). Labor market integration between northern Mexico and southern United States: An empirical investigation. *Ensayos Revista de Economía*, 28(1), 21-60.

- Covarrubias, A. (2015). La industria automotriz en México o la explosión de la industria en un país permisivo. En M. L. González Marín (Ed.) *El costo de la mano de obra en la industria automotriz y sus estrategias productivas* (pp. 197-230). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Covarrubias, A. (2021). El T-MEC y la tercera generación de arreglos laborales. Escenarios probables para el trabajo y la industria regional. *Norteamérica*, 16(1), 147-190. <https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2021.1.470>
- Covarrubias, A. y Bouzas, A. (2016). *Empleo y políticas sindicales en la industria automotriz de México*. Friedrich Ebert Stiftung, (7). <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/13017.pdf>
- Cruz Vargas, J.C. (20 de julio de 2022). Volkswagen de México y sindicato conjuran huelga al llegar a un acuerdo salarial. *Proceso*. Recuperado de <https://www.proceso.com.mx/economia/2022/7/20/volkswagen-de-mexico-sindicato-conjuran-huelga-al-llegar-un-acuerdo-salarial-289968.html>
- Danninger, S., y Mincer, J. (2000). Technology, unemployment, and inflation. *Research in Labor Economics*, 19, 1-28. [https://doi.org/10.1016/s0147-9121\(00\)19002-8](https://doi.org/10.1016/s0147-9121(00)19002-8)
- Dauth, W., Findeisen, S., Jens, S., y Woessner, N. (2017). *German Robots-The Impact of Industrial Robots on Workers* (No. 12306). CEPR Discussion Papers. <https://doku.iab.de/discussionpapers/2017/dp3017.pdf>
- Diebold, J. (1953). Automation—The Advent of the Automatic Factory. *Institution of Production Engineers Journal*, 32(9). <https://doi.org/10.1049/ipej.1953.0056>
- Dixon, J., Hong, B., y Wu, L. (2021). The robot revolution: Managerial and employment consequences for firms. *Management Science*, 67(9). <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3812>
- Dosi, G., Piva, M., Virgillito, M. E., y Vivarelli, M. (2021). Embodied and disembodied technological change: The sectoral patterns of job-creation and job-destruction. *Research Policy*, 50(4), 104199.
- Drucker, P. F. (1959). Long-Range Planning—Challenge to Management Science. *Management Science*, 5(3). <https://doi.org/10.1287/mnsc.5.3.238>
- Durán, C. R. (2016). *Desarrollo y estructura de la industria automotriz en México*. Friedrich Ebert Stiftung, (6).

- Dvorkin, M., y Shell, H. (2017). *The growing skill divide in the US labor market*. Federal Reserve Bank of St. Louis. <https://www.stlouisfed.org/on-the-economy/2017/may/growing-skill-divide-us-labor-market>
- Eggleston, K., Lee, Y. S., y Iizuka, T. (2021). *Robots and Labor in the Service Sector: Evidence from Nursing Homes* [Working paper No. 28,322]. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3763850>
- Elliott, J. E. (1980). Marx and Schumpeter on Capitalism's Creative Destruction: A Comparative Restatement. *The Quarterly Journal of Economics*, 95(1). <https://doi.org/10.2307/1885348>
- Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM) (2023). Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera. INEGI. Recuperado de la base de datos <https://www.inegi.org.mx/programas/emim/2013/>
- Escamilla Trejo, A. (2018). La importancia de las MIPYMES para la industria de equipos de transporte: aspectos cualitativos. En G. González Chávez (Ed.), *Mipymes, cadenas de valor y reestructuración internacional del trabajo y el capital*. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Faber, M. (2020). Robots and reshoring: Evidence from Mexican labor markets. *Journal of International Economics*, 127, 1-34. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2020.103384>
- Fiorelli, F. (2018). Technological unemployment as frictional unemployment: From Luddite to routine-biased technological change. *Kybernetes*, 47(2), 333-342.
- Ford, M. (2015). *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*. Basic Books
- Freeman, C. y Soete, L. (1994). *Work for All or Mass Unemployment*. Pinter.
- Frey, C. B., Berger, T., y Chen, C. (2017). *Political machinery: Automation anxiety and the 2016 US presidential election*. University of Oxford.
- Frey, C. B., y Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Fu, X., Pietrobelli, C., Soete, L. (2011). The role of foreign technology and indigenous innovation in the emerging economies: technological change and catching

- Fujigaki Cruz, E. (2013). Luces y sombras de la industria en el siglo XX mexicano (1880-1982). En E. Fujigaki Cruz (coord.) *México en el siglo XX. Pasajes Históricos*. Facultad de Economía (pp. 25-48). Universidad Nacional Autónoma de México
- Fujigaki Cruz, E. (2015). *Pensamiento sobre la industria en México. Apuntes desde la historia económica*. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, G. (23 de junio de 2020). 29 fotos históricas para recordar a la primera fábrica de autos en México. *Motorpasión*. Recuperado de <https://www.motorpasion.com.mx/industria/asi-fue-primera-fabrica-autos-mexico-era-ford-comenzo-1925>
- García-Jiménez, H. y Carrillo, J. (2021) Conclusiones. En H. García-Jiménez, J. Carrillo y G. Bensusán (Eds.) *Salarios en tiempos de libre comercio ¿Ofrece la industria automotriz salarios dignos en México?* (pp. 239-248). El Colegio de la Frontera Norte.
- Goldman Sachs (2023). *Generative AI could raise global GDP by 7%*. <https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/generative-ai-could-raise-global-gdp-by-7-percent.html>
- González Arévalo, A. L. (2015) La inversión extranjera directa en la rama automotriz. En M. L. González Marín (Ed.), *El costo de la mano de obra en la industria automotriz y sus estrategias productivas* (pp. 169-196). Universidad Nacional Autónoma de México.
- González Marín, M. L. y García Domínguez, L. G. (2015) El abaratamiento de la mano de obra en la industria automotriz en México de 1998 a 2012. En M. L. González Marín (Ed.), *El costo de la mano de obra en la industria automotriz y sus estrategias productivas* (pp. 63-90). Universidad Nacional Autónoma de México.
- González Pérez, G. (2022). Automatización y dinámica del mercado laboral en la industria automotriz en México. *Economía: teoría y práctica*, (56), 67-104. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/562022/gonzalez>
- Gracida Romo, E. M. (1994). *El programa industrial de la revolución*. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Gracida Romo, E. M. (1997). "La industria en México, 1950-1980". En M. E. Romero Sotelo (Ed.), *La industria mexicana y su historia. Siglos XVIII, XIX y XX* (pp.419-494). Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Graetz, G., y Michaels, G. (2018). Robots at work. *Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753-768. https://doi.org/10.1162/rest_a_00754
- Haber, S. (2010). Mercado interno, industrialización y banca 1890-1929. En S. K. Ficker (Ed.), *Historia económica general de México: de la colonia a nuestros días* (pp. 411–436). El Colegio de México. <https://doi.org/10.2307/j.ctv47wf39.17>
- Hansen, L. D. T. (2020). The Origins of the Maquila Industry in Mexico. En H. Knortz y M. Schulte Beerbühl (Eds.), *Migrationsforschung – interdisziplinär & diskursiv* (pp.124-140). <https://doi.org/10.14220/9783737011563.123>
- Hicks, J. R. (1963[1932]). *The theory of wages*. Springer. Macmillan.
- Hitomi, K. (1994). Automation—its concept and a short history. *Technovation*, 14(2), 121-128.
- Hirvonen, J., Stenhammar, A., y Tuhkuri, J. (2022). *Policy Brief: New Evidence on the Effect of Technology on Employment and Skill Demand*. The Research Institute of the Finnish Economy. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4081625>
- Hualde, A. (2020) Economía digital, trabajo y empleo: un modelo para armar. En L. Álvarez Medina, A. García y A. Martínez (Eds.), *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas* (pp. 31-54). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia (2023). Taller de ensamblaje de la fábrica Renault en Ciudad Sahagún. http://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/fotografia:421172
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018), Colección de Estudios Sectoriales y Regionales. Conociendo a la industria automotriz https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825106829.pdf
- International Federation of Robotics (2021). Executive Summary World Robotics 2020 Industrial Robots. https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Industrial_Robots_1.pdf

- International Federation of Robotics, Statistical Department (IFR). (2022). Executive Summary World Robotics 2021 Industrial Robots. https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2021.pdf
- International Society for Automation. (2023). *What is Automation?* <https://www.isa.org/about-isa/what-is-automation>
- Keynes, J. M. (1930). Economic possibilities for our children. *Essays in Persuasion*. 358-373.
- Keynes, J. M. (1939). Relative Movements of Real Wages and Output. *Economic Journal*. 49, 34-51.
- Knight, A. (2010). "La Revolución Mexicana: su dimensión económica, 1900-1930". En Sandra Kuntz (coord.), *Historia económica general de México* (pp. 473-499). El Colegio de México.
- Kugler, A., Kugler, M., y Rodrigo, R. (2018). *The future of work in Latin America: Robots, employment, turnover, and wages*. Working paper.
- Laranja, M., Uyarra, E., y Flanagan, K. (2008). Policies for science, technology and innovation: Translating rationales into regional policies in a multi-level setting. *Research Policy*, 37(5), 823-835. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.03.006>
- Larriva, J., Vega, A. (1982). El comercio exterior de la industria automovilística en México. Evolución y perspectivas. *Comercio Exterior*. 32(12). 1358-1363.
- Lee, K. F. (2018). *AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order*. Houghton Mifflin.
- Leigh, N. G., Kraft, B., y Lee, H. (2020). Robots, skill demand and manufacturing in US regional labour markets. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 13(1), 77-97. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsz019>
- Lewis, W. A. (1954). Economic Development with Unlimited Supplies of Labour. *The Manchester School*, 22(2), 139-191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x>
- Lima, F. F. H. (1993). La flexibilización contractual en la industria automotriz de México. *Polis*, 1(1), 131-154.

- Linares Zarco, J (2018) El espacio de los salarios y de los robots en la industria automotriz en México. En I. Egurrola, J. E., L. Rózga, E. Ryszard (Eds.), *Dinámica Económica y Procesos de Innovación en el Desarrollo Regional* (pp.168-189). Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional.
- Lundvall, B. Å., Borrás, S. (2005). The Oxford handbook of innovation. En *Science, technology and innovation policy*. (pp. 599-631). Oxford University Press.
- Malone, T. W., Rus, D., y Laubacher, R. (2020). *Artificial Intelligence and the Future of Work*. MIT Task Force on Work of the Future. <https://workofthefuture.mit.edu/research-post/artificial-intelligence-and-the-future-of-work/>
- Mankiw, N. G., Romer, D., y Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 107(2), 407-437. <https://doi.org/10.2307/2118477>
- Mann, K., y Püttmann, L. (2021). Benign Effects of Automation: New Evidence from Patent Texts. *The Review of Economics and Statistics*. https://doi.org/10.1162/rest_a_01083
- Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Batra, P., Ko, R., y Sanghvi, S. (2017). *Workforce transitions in a time of automation*. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/~media/BAB489A30B724BECB5DEDC41E9BB9FAC.ashx>
- Márquez, B. Y. (2022). Unemployment in the Industry with the Arrival of Robotics in Mexico. En J. L. García Alcaraz y A. Realyvásquez Vargas (Eds.), *Algorithms and Computational Techniques Applied to Industry* (pp. 145-162). Springer International Publishing.
- Martín Granados, V. M. A. y González Alvarado, T.E. (2015) Salario en el sector automotriz y estrategias empresariales. En M. L. González Marín (ed.), *El costo de la mano de obra en la industria automotriz y sus estrategias productivas* (pp. 91-118). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martín Granados, V. M. A. y González Alvarado, T.E. (2015) Vínculos empresariales del sector autopartes mexicano y subcontratación laboral. En M. L. González Marín (ed.), *El costo de la mano de obra en la industria automotriz y sus estrategias productivas*. (pp. 231-262). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martín, M. A. (2011). Los estímulos fiscales y otros programas de apoyo a la industria automotriz en México y en China. En I. Rueda, I., y M. L. Álvarez (Eds.), *La*

industria automotriz en época de crisis: efectos económicos, financieros y sociales (pp. 231-262). Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Martínez, A. (2020) *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas*. En L. Álvarez Medina, A. García y A. Martínez (Eds.), *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas* (pp. 199-208). Universidad Nacional Autónoma de México.

Martínez, M. (17 de Septiembre de 2023). Se solidarizan sindicatos de la Liga Sindical Obrero Mexicana con huelguistas de la UAW de EU. *El Economista*. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/empresas/Se-solidarizan-sindicatos-de-la-Liga-Sindical-Obrero-Mexicana-con-huelguistas-de-la-UAW-de-EU-20230917-0011.html>

Martínez, J. (2008) "La protección de los derechos de propiedad intelectual, la innovación y el desarrollo". En Martínez, J. (Ed.), *Generación y protección del conocimiento. Propiedad intelectual, innovación y desarrollo económico*. Comisión Económica Para América Latina.

Marx, K. (1976[1855]). *Elementos fundamentales para la crítica de la Economía Política (Borrador) 1857-1858 Vol. 3*. Siglo XXI.

Marx, K. (1991[1867]). *El Capital. Primer tomo*. Fondo de Cultura Económica.

Meléndez, S. (2022). La inversión extranjera directa en la industria automotriz en México y su efecto en las Mipymes. En S. Ortiz, (Ed.), *Inversión extranjera directa y desarrollo económico en América Latina: una lectura crítica*. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Minian, I., y Martínez Monroy, Á. (2018). El impacto de las nuevas tecnologías en el empleo en México. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 49(195). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.195.64001>

Miranda, A. V. (2007). La industria automotriz en México: Antecedentes, situación actual y perspectivas. *Contaduría y administración*, (221), 209-246.

Montiel, H. Y. (1987). *Industria Automotriz y automatización: el caso de VW de México*. CIESAS.

Moore, P.V., Upchurch, M., Whittaker, X. (2018). Humans and Machines at Work: Monitoring, Surveillance and Automation in Contemporary Capitalism. En P. V. Moore, M. Upchurch, X. Whittaker (Eds.), *Humans and Machines at Work*.

Dynamics of Virtual Work. Palgrave Macmillan, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-58232-0_1

Morales, R. (10 de febrero de 2019). México logra el sexto sitio en producción automotor. *El Economista*. Recuperado de <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-logra-sexto-sitio-en-produccion-automotor-20190210-0100.html>

Moreno Brid, J. C. (1996). *Mexico's auto industry after NAFTA: a successful experience in restructuring?* (Working Paper No. 232). Helen Kellogg Institute for International Studies. <https://kellogg.nd.edu/documents/1527>

Morgan, G., y Hauptmeier, M. (2014). Varieties of Institutional Theory in Comparative Employment Relations. En A. Wilkinson, G. Wood y R. Deeg (Eds.), *The Oxford Handbook of Employment Relations*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199695096.013.009>

Muro, M., Maxim, R., Whiton, J., y Hathaway, I. (2019). *How machines are affecting people and places*. Metropolitan Policy Program at Brookings. <https://www.brookings.edu/articles/automation-and-artificial-intelligence-how-machines-affect-people-and-places/>

Nelson R. (2018). Economics from an evolutionary perspective. En R. Nelson (Ed.) *Modern Evolutionary Economics. An Overview*. Cambridge University Press.

Nelson, R. y Winter, S. G. (1982). *An evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press.

North, D.C. (1993). Institutions and credible commitment. *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 149(1), 11-23.

Ochoa Valladolid, K. (2005). "México y la cuenca del Pacífico". Análisis. La industria automotriz de México: las expectativas de competitividad del sector de autopartes. *México y la Cuenca del Pacífico*. 26(8), 33-58.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, Eurostat. (2018). *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. <https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>

Olsen, T. L., y Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing and Service Operations Management*, 22(1), 113-122. <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0796>

- Ordóñez, S. (2020). *Sector electrónico-informático y de las telecomunicaciones, y el desarrollo en México*. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México
- Ordoñez, S. (2023). *Revolución tecnológica-industrial, núcleos dinámicos y México*. Working Paper.
- Ordóñez, S., y Montiel, P. (2010). La Revolución Mexicana como revolución pasiva y el intento de conformación de un nuevo bloque histórico en México. Una lectura desde Gramsci. *Cuadrivio. Hic Et Vbiqve*, (2).
- Ozdenoren, H. (2020). Occupational Networks and Automation [Tesis de Doctorado, Carnegie Melon University].
- Palafox, R., Monroy, P., y Montiel, Y. (1988). Reconversión automotriz y resistencia obrera en Volkswagen de México. *Momento Económico*, (40), 6-10.
- Palma, J. G. (2014). De-industrialisation, 'premature' de-industrialisation, and the Dutch-disease. *Revista NECAT-Revista do Núcleo de Estudos de Economia Catarinense*, 3(5), 7-23.
- Patiño-Valencia, B., Villalba-Morales, M. L., Acosta-Amaya, M., Villegas-Arboleda, C., y Calderón-Sanín, E. (2022). Towards the conceptual understanding of social innovation and inclusive innovation: a literature review. *Innovation and Development*, 12(3). <https://doi.org/10.1080/2157930X.2020.1859215>
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6). [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0)
- Pérez, C. (2005). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Siglo XXI.
- Pérez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185-202. <https://doi.org/10.1093/cje/bep051>
- Pérez, C. (2016). Teoría y políticas de innovación como blanco móvil. En A. Erbes y D. Suárez (Eds.), *Repensando el Desarrollo Latinoamericano: Una Discusión desde los Sistemas de Innovación* (pp. 293-317). Universidad Nacional General Sarmiento.
- Pineda, M. (26 de abril de 2023). En 2022 creció 50.67 % la importación de robots industriales en México. *Modern Machine Shop Mexico*. Recuperado de

<https://www.mms-mexico.com/noticias/post/en-2022-crecio-5067-la-importacion-de-robots-industriales-en-mexico>

- Plumwongrot, P., y Pholphirul, P. (2022). Are Robots stealing jobs? Empirical evidence from 10 developing countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 32(2), 1-17. <https://doi.org/10.1080/10438599.2022.2051020>
- Puga, C. (2008). La controversia sobre el proteccionismo en México. En M. A. Romero Sotelo, (Ed.), *Algunos debates sobre política económica en México siglos XIX y XX*. (pp. 195-239). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez, C. Q., y Marinaro, P. (2019). The remaking of the Mexican labor movement in the automotive industry. *Journal of Labor and Society*, 22(1), 9-23. <https://doi.org/10.1111/wusa.12413>
- Ramos, M. E., Garza-Rodríguez, J., y Gibaja-Romero, D. E. (2022). Automation of employment in the presence of industry 4.0: The case of Mexico. *Technology in Society*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101837>
- Reyes, J., Sánchez, G., y Martínez, M.E. (2018). La instalación de Audi en México: la precariedad laboral como fundamento. En E. de la Garza Toledo y M. Hernández Romo (Eds.), *Configuraciones productivas y laborales en la tercera generación de la Industria Automotriz terminal en México* (pp. 107-130). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Reynolds, C. (1977). ¿Por qué el desarrollo estabilizador de México fue en realidad desestabilizador? en *El Trimestre Económico*. 176, 997-1023.
- Ricardo, D. (2014[1817]). *On the Principles of Political Economy, and Taxation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107589421>
- Rivera, M. A. (2002). La integración de México a la economía global. En J. Basave, A. Dabat, C. Morera, M. A. Rivera, y F. Rodríguez (Eds.), *Globalización y alternativas incluyentes para el siglo XXI*. Porrúa.
- Rivera, M. A. (2009). México en la economía global: reinserción, aprendizaje y coordinación. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 32(127), 75-105. <https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2001.127.7408>
- Rodrik, D. (2016). Premature deindustrialization. *Journal of Economic Growth*, 21(1), 1-33. <https://doi.org/10.1007/s10887-015-9122-3>
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*. Free Press.

- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5). <https://doi.org/10.1086/261420>
- Ros, J. (2013). Introducción a “Repensar el desarrollo económico, el crecimiento y las instituciones”. *Economía UNAM*, 10(30). [https://doi.org/10.1016/s1665-952x\(13\)72200-x](https://doi.org/10.1016/s1665-952x(13)72200-x)
- Ruiz, A. D. L. A. R. (2019). Diferencias entre el TLCAN y el T-MEC y sus posibles impactos para México. *Perfiles de las Ciencias Sociales*, 7(13).
- Sánchez Daza, G., y Martínez de Ita, M. E. (2023). Cambios y retos en las relaciones laborales. México 2018-2022. *Revista de Ciencias Sociales*, 36(52), 107-134.
- Sánchez Gálvez, M. D. (2022). Estrés hídrico en el Estado de Guanajuato, el papel de la industria automotriz y la inversión extranjera directa: caracterización económica (2010 - 2020) [Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México].
- Sánchez González, K. (2022) Calidad del empleo en la cadena de valor automotriz en México: un análisis regional [Tesis de Doctorado, El Colegio de la Frontera Norte].
- Sandoval, S. (2012). Gobernabilidad y ascenso en la cadena de valor: discusión conceptual. *Análisis Económico*, 27(66), 7-23.
- Sandoval, S. (2019). Upgrading y competencia: reflexiones para firmas y países en desarrollo. *Economía UNAM*, 15(48), 213-248.
- Secretaría de Economía (2012). *Industria automotriz. Monografía*. Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Monografia_Industria_Automotriz_MARZO_2012.pdf
- Secretaría de Economía (2023). Robots industriales N.C.O.P. Recuperado de la base de datos. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/industrial-robots-nec>
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. Harper and Brothers.
- Schumpeter, J. A. (1978[1912]). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Fondo de Cultura Económica.
- Smith, A. (1994[1776]). *Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. Alianza.

- Smith, J. E. (2020). *Smart machines and service work: automation in an age of stagnation*. Reaktion Books.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Stapleton, K. (2019). Automation, Global Value Chains and Development: What do we know so far? *Pathways for Prosperity Commission Background Paper Series*, 23(26).
- Sweezy, P. M. (2018[1942]). *Theory of capital development*. New York University Press.
- Tapia Alba, J. A., y Chiatchoua, C. (2020). Los salarios en México como factor de competencia desleal en la industria automotriz, 2003-2019. *Muuch Xímbal*. 11. <https://doi.org/10.26457/mxcj.v0i11.2735>
- Vázquez, R. M. C., y Ortiza, G. A. C. (2023). Impacto de la industria automotriz en el desarrollo regional en México. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 54(213). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2023.213.69963>
- Vicencio Miranda, A. (2015). La industria automotriz en México. Antecedentes, situación actual y perspectivas. *Contaduría y Administración*, 221, 211-248. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2007.726>
- Wang, W. (2020). Applied research of industrial robots in automotive intelligent manufacturing production line. *Journal of Physics: Conference Series*. 1550(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1550/4/042061>
- Woirol, G. R. (1996). *The technological unemployment and structural unemployment debates*. Greenwood Publishing Group.
- Yeh, C. C. R., Wong, C. C. J., Chang, W. W. V., y Lai, C. C. S. (2020). Labor displacement in artificial intelligence era: A systematic literature review. *Taiwan Journal of East Asian Studies*, 17(2), 25-75. [https://doi.org/10.6163/TJEAS.202012_17\(2\).0002](https://doi.org/10.6163/TJEAS.202012_17(2).0002)
- Zanello, G., Fu, X., Mohnen, P., Ventresca, M. (2016). The creation and diffusion of innovation in developing countries: A systematic literature review. *Journal of Economic Surveys*, 30(5), 884-912. <https://doi.org/10.1111/joes.12126>
- Zhao, Q., Li, Z., Zhao, Z., y Ma, J. (2019). Industrial policy and innovation capability of strategic emerging industries: empirical evidence from Chinese new energy vehicle industry. *Sustainability*, 11(10), 2785. <https://doi.org/10.3390/su11102785>

Anexos

TABLE 2 EFFECTS OF ROBOTS ON EMPLOYMENT AND WAGES: LONG DIFFERENCES						
LONG DIFFERENCES, 1990–2007						
	Weighted by Population				Excludes Zones with the Highest Exposure	Unweighted
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
A. Change in Employment-to-Population Ratio, 1990–2007						
Exposure to robots	–.445 (.094)	–.414 (.076)	–.434 (.057)	–.448 (.059)	–.572 (.138)	–.516 (.118)
Observations	722	722	722	722	712	722
R ²	.27	.46	.66	.67	.66	.62
B. Change in Log Hourly Wages, 1990–2007						
Exposure to robots	–1.220 (.163)	–1.017 (.126)	–.874 (.134)	–.884 (.132)	–.779 (.274)	–.932 (.205)
Observations	87,100	87,100	87,100	87,100	85,776	87,100
R ²	.32	.33	.33	.33	.33	.08
Covariates						
Census divisions	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Demographics		✓	✓	✓	✓	✓
Industry shares			✓	✓	✓	✓
Trade, routine jobs				✓	✓	✓

Anexo 1. Resultados de Acemoglu y Restrepo (2020) Esta tabla presenta estimaciones de los efectos de la exposición a robots en el empleo y los salarios. El panel A presenta estimaciones de diferencias largas para los cambios en la relación empleo-población para 1990–2007. El panel B presenta estimaciones de diferencias largas para los cambios en el logaritmo de los salarios por hora para 1990–2007.