



# EL COLEGIO DE MÉXICO

## CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

### **MAESTRÍA EN ECONOMÍA**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN ECONOMÍA

#### **IMPACTO DEL SECTOR AUTOMOTRIZ EN LA ECONOMÍA MEXICANA: ENFOQUE MULTISECTORIAL**

**HÉCTOR GONZÁLEZ MAGAÑA**

**PROMOCIÓN 2021-2023**

**ASESOR:**

**DR. HORACIO ENRIQUE SOBARZO FIMBRES**

AGOSTO 2023



## **Agradecimientos**

A mis padres, Héctor y Blanca, por educarme con mucho amor y cariño, además de siempre haberme brindado todo el apoyo que pueden para cumplir mis objetivos.

A mi hermano Erving, a mi cuñada Jaimina y a mi sobrino Emilio, por su constante apoyo en mi vida académica y personal, así como su cariño.

A mi abuelita Ma. Jesús, a mi tío padrino Cheto, a mi tía madrina Chela y a mi primo Daniel por ser tan importantes en mi vida.

A Juan Carlos, a Karla y a Majo, por su amistad y por los buenos momentos que hemos vivido.

A mis amigos que conocí durante la maestría y ahora son parte importante de mi vida Raúl, Ulises, Diego, Job, Elam, Zyanya, Gabriel, Arlenne y Emilio.

A mi asesor el Dr. Horacio y a nuestro coordinador el Dr. Eneas por guiarme en esta etapa.

Por último, en este apartado quiero dedicar la tesis a mi abuelo Eligio que en paz descanse, quien me enseñó mucho a lo largo de mi vida y hubiera querido que estuviera para verme terminar esta etapa de mi vida.

## Resumen

El objetivo de este trabajo es el de elaborar una matriz de contabilidad social (SAM) con una desagregación enfocada en la industria automotriz (ramas del SCIAN 3361-3363), la cual tiene asociado un modelo general que nos sirve como estructura base de referencia, puede ser modificado y adecuado para distintos análisis orientados a las interacciones entre la economía y la industria automotriz. Como primeros resultados tenemos la caracterización de la industria automotriz usando indicadores de una matriz insumo-producto, encontramos lo siguiente: la industria depende de la economía nacional para abastecerse de materias primas para su producción, depende del resto del mundo para cubrir su demanda de insumos intermedios restante y para vender su producción como bienes de consumo final. Luego mediante la SAM elaborada realizamos una simulación la llegada de la inversión de Tesla a México como ejemplo y encontramos que: cuando la dotación de trabajo está fija se da un efecto de desplazamiento entre los sectores que no reciben inversión y los que sí, esto sucede en especial con la rama 3361 (fabricación de automóviles) y la agricultura. En el caso de las exportaciones vimos que entre mayor sea la parte de la inversión que se le destina a la rama 3361 más disminuyen las exportaciones del resto de sectores, esto se debe el resto de sectores disminuye sus exportaciones para vender su producción como insumos intermedios y se ve respaldado en la figura del consumo final. También observamos un aumento en las importaciones mayor cuando hay más inversión en la misma rama, consecuentemente los bienes compuestos aumentan más en el mismo caso. En el caso del PIB encontramos que todos los escenarios simulados dan más o menos el mismo aumento de la actividad económica. Por último, mediante el análisis de redes y el Strongest Path Analysis (SPA) encontramos que la industria automotriz tiene grandes cadenas de valor a comparación de otros sectores, a pesar que las ramas que componen a esta industria se compraron contra sectores, los cuales están muy agregados.

# Índice

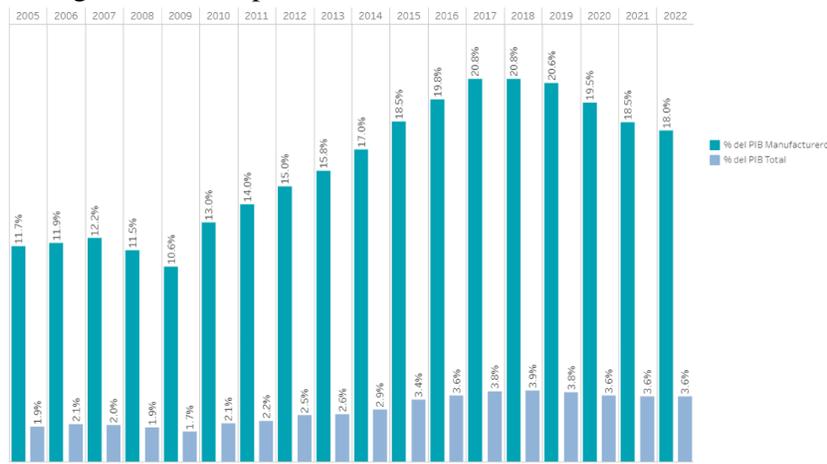
<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo I: Revisión de literatura</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo II: La Matiz Insumo-Producto</b>	<b>12</b>
<b>Capítulo III: La Matiz de Contabilidad Social y el modelo</b>	<b>31</b>
<b>Capítulo IV: Simulaciones</b>	<b>39</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>50</b>
<b>Anexo I</b>	<b>53</b>
<b>Anexo II</b>	<b>58</b>
<b>Referencias</b>	<b>70</b>

# Introducción

En los últimos años la industria automotriz mexicana ha sufrido debido a las restricciones sanitarias y a la escasez de microdispositivos esenciales para sus procesos productivos (González, 2022), adicionalmente Tesla anunció una próxima inversión en el país (Forbes, 2023). Esto nos lleva preguntarnos: ¿Cuál es la relevancia de la industria automotriz mexicana para el resto del país? ¿Qué le sucede al resto de la economía cuando esta industria enfrenta cambios exógenos?

Entonces, para empezar este trabajo vamos a comentar un poco de la importancia de la industria automotriz dentro de México y donde se ubica en el resto del mundo, con la finalidad de mostrar porque podría resultar interesante como objeto de estudio económico.

Figura 1: Participación de la industria automotriz en el PIB



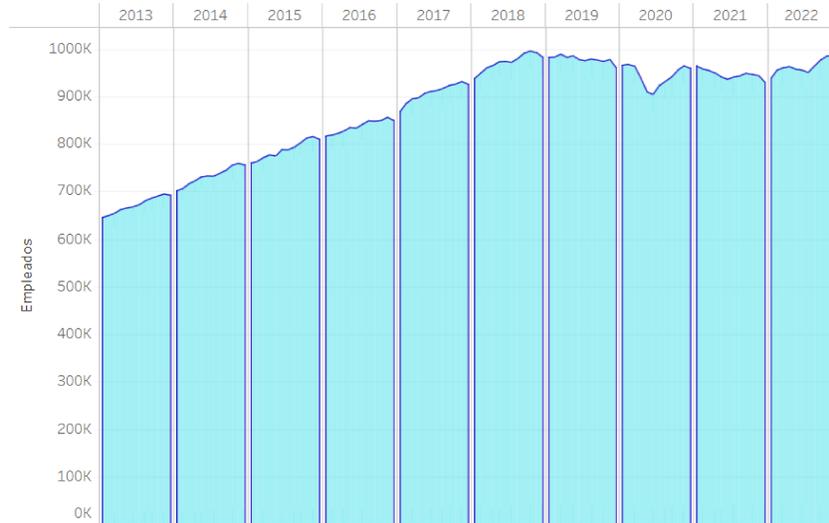
Fuente: AMIA (2023)

En la figura 1 vemos que a partir del 2015 el porcentaje del PIB que representa la industria automotriz sobrepasa el 3%, es una gran cantidad para una sola industria. Respecto al PIB manufacturero la industria automotriz representó el 20% del 2017-2019, después cayó hasta el 18% en 2022, pero incluso así sigue siendo casi una quinta parte de todo el PIB del sector manufacturero.

Vemos también en la figura 2 que desde el 2012 a 2018 la industria automotriz tuvo un crecimiento constante su número de personas empleadas en el país, después de 2018 cae un poco con un mínimo en 2020, pero en 2022 casi regresa a los niveles de 2018 de alrededor de un millón de

personas empleadas.

Figura 2: Personas empleadas por la industria automotriz



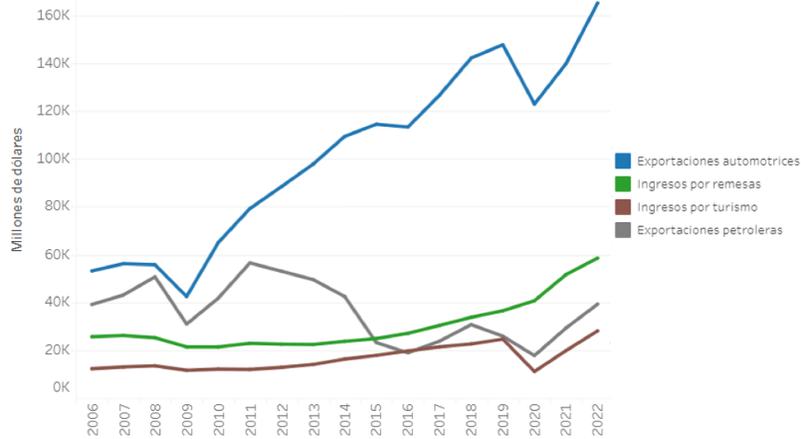
Fuente: AMIA (2023)

La caída más fuerte que presenta es en los meses siguientes al inicio de la pandemia, debemos recordar que esta industria fue afectada por las medidas de confinamiento que recortaron la oferta de ciertos componentes electrónicos para autos.

Con las dos primeras figuras (1-2) que acabamos de revisar podemos comenzar a asociar a la industria automotriz mexicana en una posición de relevancia dentro de toda la actividad económica del país, pero nos deja identificarla con mayor importancia para las manufacturas, concentra gran parte del PIB de estas y en términos de empleo en 2022 concentraba alrededor del 20% de toda la mano de obra de las manufacturas.

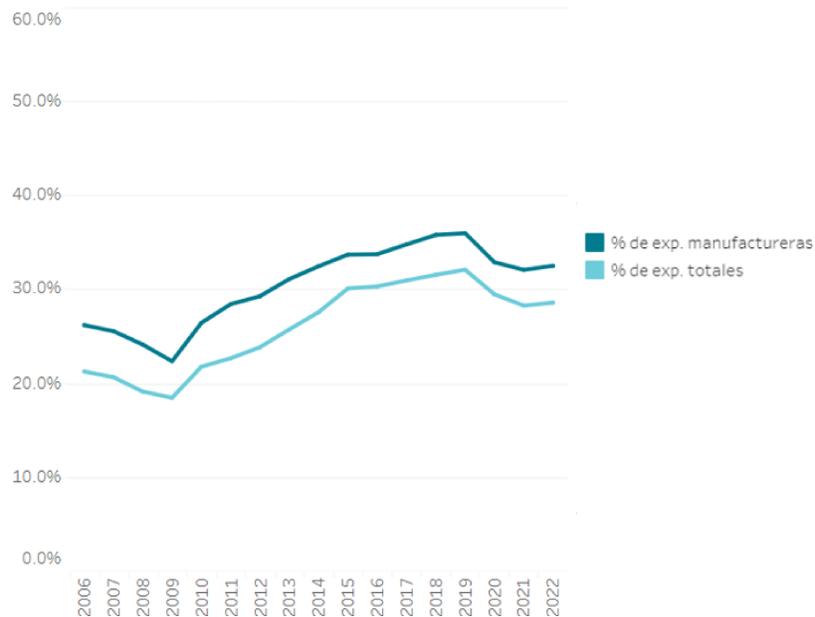
La figura 3 nos enseña como la industria automotriz genera más ingresos por las exportaciones que las remesas, el turismo y las exportaciones petroleras. Esta diferencia se vuelve mucho más grande después del 2009, donde las exportaciones de la industria automotriz crecen a un ritmo mucho mayor, tienen una considerable caída en 2020, pero para 2021 ya se recuperaron las exportaciones y para 2022 ya hay un valor mayor al máximo de 2019.

Figura 3: Industria automotriz comparada



Fuente: AMIA (2023)

Figura 4: Participación de la industria automotriz en las exportaciones

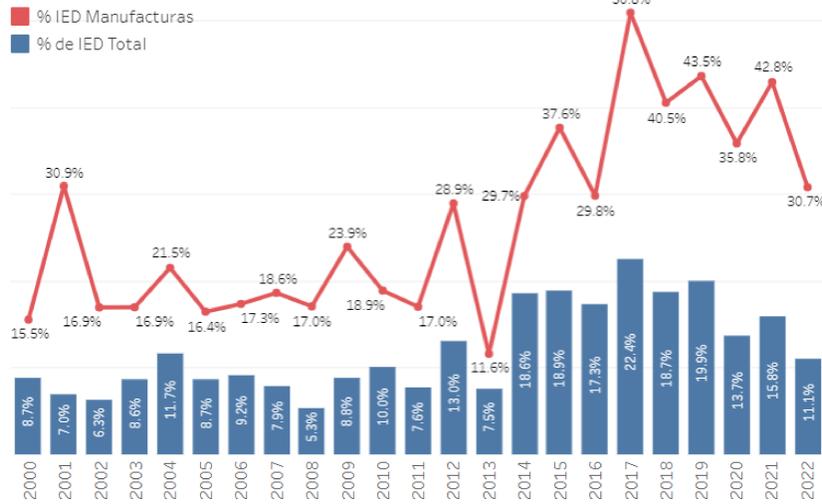


Fuente: AMIA (2023)

En la figura 4 observamos que desde el 2006 las exportaciones de la industria automotriz representan más del 20% del total de exportaciones y alrededor del 25% de las exportaciones manufactureras, esto crece hasta casi el 30% y 33% respectivamente en 2022. Existen dos caídas

importantes del porcentaje de las exportaciones totales y manufactureras que corresponde a las de la industria automotriz, en 2009 y en 2020, las cuales corresponden a una crisis internacional y a la pandemia. Esto nos parece indicar una relación de esta industria con el resto del mundo, esto se refuerza con las figuras anteriores, los periodos donde cae corresponde a estas fechas de problemas internacionales.

Figura 5: Participación de la industria automotriz en la IED

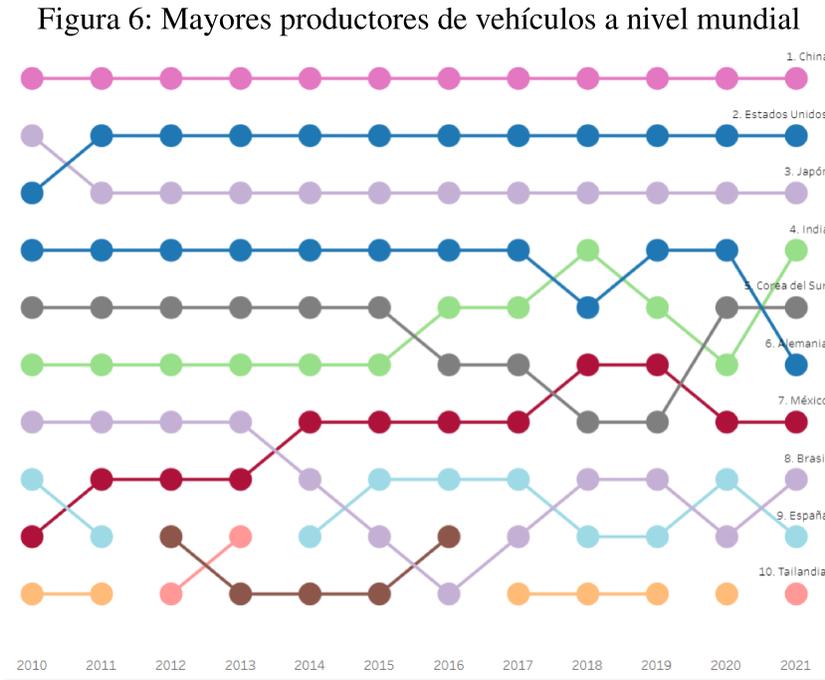


Fuente: AMIA (2023)

En 2017 la IED en la industria automotriz representó el 50% de la IED manufacturera y 22% de la total, en general del 2000 al 2022 vemos que la IED en esta industria ha sido muy alta todo el tiempo expresado en la figura 5. Esto podemos verlo como que México es un destino atractivo para que las empresas de automóviles se instalen en el país. Existen periodos donde el porcentaje que representa del total de manufacturas es bajo, se puede deber a ausencia de inversiones en la industria automotriz o a mayores inversiones en otros sectores.

Con las figuras 3-5 podemos empezar a notar una estrecha relación de la industria automotriz con el exterior, esta recibe inversión (e insumos intermedios) del exterior para exportarles vehículos, carrocerías y autopartes. Es importante mencionar que la industria automotriz en México es de orígenes en otros países, no tiene la finalidad de cubrir la demanda nacional de automóviles sino de cubrir la demanda internacional de los mismos.

Ahora pasemos a ver a los mayores productores de automóviles a nivel mundial (figura 6). Vemos que México ha avanzado de ser 9no productor a ser el 7mo productor a nivel mundial, esto quiere decir que México es un país importante para la producción de vehículos.

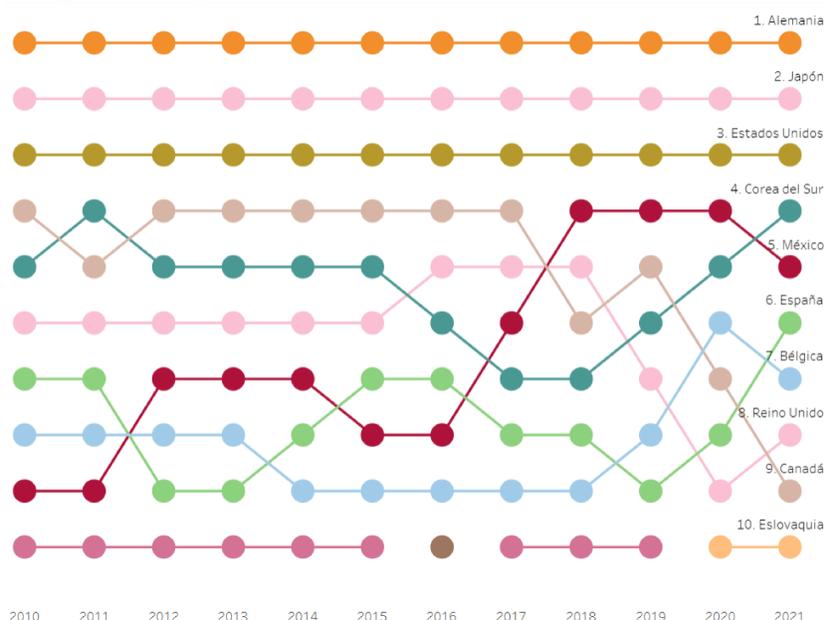


Fuente: AMIA (2023)

En la figura 7 complementamos la importancia de México como productor con la de México como un importante oferente de automóviles para el mercado internacional, como lo habíamos mencionado, nuestro país tiene un carácter exportador, busca cubrir la demanda internacional y no la local, de ahí que se produzcan tantos vehículos y se exporten muchos de igual manera. En 2022 alcanzamos el 5to lugar de mayores exportadores, superando algunos países desarrollados como Reino Unido y Canadá.

Estas dos últimas figuras (6-7) nos enseñan ahora también que la industria automotriz mexicana no solo tiene una relación con el exterior de proveedor de insumos intermedios y de bienes de consumo final, sino que también tiene una importante posición como productora y exportadora de vehículos a nivel internacional.

Figura 7: Mayores exportadores de vehículos a nivel mundial



Fuente: AMIA (2023)

Entonces, con lo anterior podemos caracterizar de manera preliminar a la industria automotriz nacional de la siguiente forma: la primera característica es que la industria es importante dentro del país, es una industria clave en las manufacturas. La segunda es que tiene una relación de dependencia con el exterior, recibe inversión extranjera y exporta vehículos. Por último no solo es dependiente en el exterior, tiene una posición muy importante como productora de vehículos en el mundo, su producción cubre una parte importante de la demanda internacional.

Ahora, nuestro enfoque de análisis no se va a limitar a estudiar la industria automotriz por sí sola, nuestro interés está en cómo cambios exógenos a esta industria afectan al resto de la economía, por lo cual nuestro enfoque de análisis va a ser uno multisectorial, es decir vamos a analizar a todas las industrias del país en conjunto. Para llevar esto a cabo requerimos de una herramienta que nos permita analizar y estudiar las relaciones intersectoriales de la economía. Por lo cual el objetivo de nuestra tesis, más allá de generar una simulación de los efectos que tienen los shocks en la industria automotriz sobre la economía, es el de generar una estructura más general y flexible que nos permita estudiar diferentes tipos de interacciones de la industria con el resto de la economía. Con esta herramienta podremos simular shocks directamente a la industria automotriz (como lo es

la inversión de Tesla) y shocks a las industrias que se relacionan con esta (disminución de oferta de ciertos bienes importados. Lo cual haremos especificando un modelo de equilibrio general, que puede ser modificado con diferentes supuestos sobre las formas funcionales concretas para adecuarse al análisis requerido y vamos a utilizar una simulación muestra (la llegada de la inversión de Tesla a México) para mostrar las capacidades del modelo.

De tal manera que en capítulo I comentaremos un poco la literatura que existe para estudiar una industria con un enfoque multisectorial o que permiten estudiar las relaciones dependientes de las diferentes industrias que componen a una economía.

En el capítulo II vamos escoger una desagregación de sectores para construir una matriz de insumo-producto (MIP), con ella vamos a calcular una serie de indicadores con un enfoque de oferta, con la finalidad de caracterizar a la industria automotriz y compararla con el resto de sectores.

En el capítulo III definiremos una matriz de contabilidad social (SAM), para luego definir un modelo de equilibrio general y ver las relaciones de la industria automotriz con el resto de sectores, por último vamos a definir formas funcionales concretas para poder realizar una simulación como muestra de los alcances del modelo.

La simulación del capítulo IV es la llegada de Tesla a México, la haremos aumentando la inversión de las cuentas de capital que conforman a la industria automotriz, vamos a ver como cambia un aumento en la inversión el valor agregado, la producción domestica, las importaciones, las exportaciones, el consumo final y el PIB, se hará para varios casos donde el monto de inversión varía entre sectores.

Por último en el anexo I trabajaremos un poco un análisis de redes para la MIP, pero utilizando un enfoque de Structural Path Analysis, lo cual nos entrega una nueva matriz para ver la importancia mediante dos indicadores que muestran las cadenas agregadas que se generan desde y hacia cada sector de nuestra desagregación.

## Capítulo I: Revisión de literatura

Existen diferentes maneras de estudiar las distintas industrias en una economía, nuestro foco no es solo analizar a la industria automotriz por separado, queremos ver su relación con el resto de la economía en el país. Por eso vamos a utilizar un enfoque de análisis multisectorial, este consiste en tomar y revisar como interactúan entre sí todos los sectores de una economía.

Para hacer un análisis multisectorial de la economía mexicana tenemos varias opciones: modelos de equilibrio general a partir de matrices insumo-producto o de contabilidad social, Structural Path Analysis y economía de redes.

Los modelos de equilibrio general a partir de una matriz insumo-producto parten de los trabajos de Leontief (1986). Requieren una matriz de insumo-producto (MIP), es un cuadro que registra las transacciones entre las diferentes industrias de una economía, se desarrolla más en el capítulo II. La MIP en México es elaborada por INEGI, no se publica con regularidad porque es una labor difícil el desarrollarla. Estos modelos de equilibrio general desarrollados a partir de una MIP se conocen como "fix-price models", en este enfoque los precios se determinan solamente por la oferta de bienes, si se quiere utilizar la demanda los supuestos pueden llegar a ser no compatibles, lo cual presenta una limitación en este tipo de modelos (Schuschny, 2005).

Nosotros vamos a utilizar la oferta para determinar los coeficientes de requerimientos totales de la matriz inversa de Leontief, con esta vamos a calcular distintos indicadores, como lo son los multiplicadores, que nos van a servir para caracterizar mejor a la industria automotriz. Algo importante es que podríamos obtener versiones alternativas de los mismos indicadores si usamos la matriz de Gosh, obtenida con un enfoque de demanda.

Para los modelos de equilibrio general aplicados (MEGA) se utiliza una matriz de contabilidad social (SAM), la cual es un cuadro que también registra las transacciones entre distintos agentes de la economía (Pyatt, 1988), una diferencia muy importante con la MIP está en como se ordena la información, una representación se verá en el capítulo III. Como mencionan Drud, Grais, y Pyatt (1986); Pyatt y Round (1979) al construir una SAM ya hay un modelo implícito que solo requiere de formas funcionales para las entradas de la matriz y algunos supuestos conocidos como reglas de cierre para poder calibrarlo. Otra principal diferencia de este tipo de modelos contra los de

"fix-price models" es que los parámetros del modelo se estiman utilizando tanto un enfoque de demanda como uno de oferta, por lo cual es un modelo más integral, no quiere decir que mejor, el modelo que sale de una MIP debemos verlo como un caso particular de un MEGA (Sobarzo, 2011).

Podemos calibrar un modelo siguiendo la subrutina HERCULES de GAMS (Drud, 1989), una vez que se tiene un modelo calibrado se pueden simular shocks al modelo para ver los efectos de equilibrio general, estos se pueden aplicar directamente a las industrias que nos interesa analizar o a sectores que están muy relacionados a estas industrias. Es posible realizar simulaciones de impacto solamente a través de los multiplicadores de una SAM con un enfoque de oferta y son similares a los obtenidos de una MIP bajo el enfoque de oferta. Tal es el caso para el trabajo de Garcia-Remigio, Cardenete, Campoy-Muñoz, y Venegas-Martínez (2020); Hernández-Solano, López-López, Yúnez-Naude, y Govea-Vargas (2021) y su análisis de la shocks en la IED de toda la economía, salvo el sector automotriz. Una diferencia clave con su trabajo y el nuestro es que tenemos una desagregación diferente de los sectores de la economía que conforman nuestra SAM.

Entonces, nuestro trabajo va a seguir una estructura de un modelo MEGA, vamos a hacer supuestos sobre una cierta forma específica de las funciones del modelo con la finalidad de mostrar lo que se puede realizar con este tipo de modelos, para simular usaremos la inversión de Tesla en el país para las cuentas que conforman a la industria automotriz, cabe destacar que podemos hacer otros supuestos o fijar reglas de cierre diferentes para simular impactos y ver como afectan al resto de la economía.

Existe otra manera de hacer análisis multisectorial con la MIP y la SAM, el cual consistiría en regionalizar las matrices y realizar la investigación sobre los efectos locales de shocks a la estructura productiva, tal es el caso de Dávila-Flores y Valdés-Ibarra (2021), que estudia el impacto del COVID con modelos SAM para diferentes regiones de México. Esto lo consigue aplicando procesos de regionalización de las matrices, por ejemplo un proceso de regionalización es el de coeficientes de localización (Klijs, Peerlings, Steijaert, y Heijman, 2016). Este tipo de análisis no es importante para nosotros porque queremos una estructura que permita modelar diferentes situaciones a nivel nacional, nuestro interés del nivel nacional se justifica en la gran participación de la industria automotriz en el resto de la economía.

Existe también la posibilidad de hacer análisis multisectorial a través de esquemas de MIP y SAM por medio de un enfoque llamado Structural Path Analysis (Defourny y Thorbecke, 1984). Lo plantean para ser usado con la estructura de datos de una SAM y consiste en identificar la transmisión de influencias económicas dentro de una estructura, otorga información más detallada al obtener multiplicadores que comparada a usar la de Pyatt y Round (1979). En los últimos años este tipo de análisis se ha trasladado y ahora SPA se realiza más con las MIPs que con SAMs, también estos enfoques de SPA y las MIPs se han usado cada vez más para evaluar impactos ambientales, tal como lo indican Xie, Zhao, y Chen (2020).

Es posible utilizar el análisis de economía de redes (Barabási, 2013) para estudiar las relaciones intersectoriales, una MIP es una matriz de adyacencia con el valor de las transacciones como pesos. De tal manera que la MIP es una red natural (Kenett y Havlin, 2015; Sonis y Hewings, 1998), sin embargo sus medidas de centralidad están sesgadas dependiendo de la desagregación porque no trabaja con distancias, esto se explora más en el anexo I.

Para solucionar este problema de medidas de centralidad sesgada al analizar la economía mediante una red de la MIP podemos recurrir a una combinación del SPA con teoría de redes (Xu, Allenby, y Crittenden, 2011; Xu y Liang, 2019). Esto consiste en primero encontrar los caminos entre dos sectores (que pasan por otros) que más valor generan, lo proponen con la matriz de coeficientes técnicos (este caso base también será explorado en el anexo I), pero es posible hacerlo con la inversa de Leontief, la matriz de Gosh y la de importaciones, lo cual nos puede arrojar resultados diferentes pero igual de enriquecedores.

Podemos usar el análisis de redes también para ver los efectos de contagio, debido a la integración y la diversificación de la economía como lo hace Elliott, Golub, y Jackson (2014), donde desarrollan una matriz para el valor que tiene una empresa a partir de lo que concentra de sí misma, lo que tiene de las demás y lo que las demás tienen de ella, esto es análogo a la matriz inversa de Leontief.

## Capítulo II: La Matiz Insumo-Producto

Vamos a utilizar 4 matrices que proporciona INEGI para la construcción de una SAM con enfoque en las industrias relacionadas al sector automotriz. Dado que INEGI aún no ha publicado para la fecha de elaboración de este trabajo las MIPs para 2023 vamos a utilizar las de 2013.

Usaremos las Matrices Insumo-Producto de industria por industria, así como las matrices de impuestos netos de subsidios de industria por industria, de origen doméstico e importadas para los dos tipos de matrices. Las matrices usadas tienen una desagregación por rama de acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2018 (SCIAN 2018).

De las matrices originales vamos a agregar las ramas de tal manera que nos permite ver claramente las relaciones de interdependencia de las ramas que comprenden al sector automotriz. Algunos de los sectores que definimos coinciden con los de la SCIAN 2018 lo cual nos servirá para corroborar que la construcción de las matrices este bien hecha. La desagregación sería la siguiente (cuadro 1-2):

Cuadro 1: Agregación de las ramas del SCIAN

Clave SCIAN	Descripción	Sector	Identificador
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	Agricultura	AGRI
21	Minería	Minería	MINE
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	Gen servicios	GENS
23	Construcción	Construcción	CONS
31-33	Industrias manufactureras (Sin algunos sectores)	Manufacturas	MANU
3311	Industria básica del hierro y del acero gubernamentales	Hierro y acero	HIYA
3313	Fabricación de productos de hierro y acero	Productos de H&A	PHYA

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2: Agregación de las ramas del SCIAN (continuación)

Clave SCIAN	Descripción	Sector	Identificador
3336	Fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones	Motores	MOTO
3344	Fabricación de componentes electrónicos	Electrónicos	ELEC
3359	Fabricación de otros equipos	Baterías	BATE
3361	Fabricación de automóviles y camiones	Automóviles	AUTO
3362	Fabricación de carrocerías y remolques	Carrocerías	CARR
3363	Fabricación de partes para vehículos automotores	Autopartes	AUTP
43	Comercio al por mayor	Mayoreo	MAYO
46	Comercio al por menor	Menudeo	MENU
48-49	Transportes, correos y almacenamiento	Transporte	TRAN
5613	Servicios de empleo	Servicios de empleo	SERE
51-93	Servicios y actividades gubernamentales	Otros servicios	OSER

Fuente: Elaboración propia.

Lo cierto es que al hacer cualquier tipo de agregación se pierde información de la MIP, sin embargo de no hacerlo la información es menos manejable y se puede volver más complicado concentrarse solo en las industrias relevantes a la industria automotriz.

Para lo siguiente vamos a seguir la notación de Schuschny (2005) con la finalidad de caracterizar a la industria automotriz en México.

Cuadro 3: Forma matricial de la información de una MIP

	Demanda Intermedia	Demanda Final	VBP
Consumo Intermedio (doméstico)	$H$	$y$	$X$
Consumo Intermedio (importado)	$M$		
Valor Agregado	$v'$		
VBP	$X'$		

Fuente: Elaboración propia con base en Schuschny (2005).

Dentro de la matriz  $H$  los componentes  $X_{ij}$  representan lo que el sector  $i$  le vende al  $j$ , la matriz

$M$  se comporta de manera similar, la demanda final se compone del consumo privado, el gasto de gobierno, la inversión y las exportaciones, el valor agregado está compuesto de los salarios, los beneficios, los impuestos netos de subsidios y el excedente bruto de operación. El  $VBP$  es el valor bruto de la producción es la suma del consumo intermedio y el valor agregado para el vendedor y para el productor es la suma de la demanda intermedia y la final ( $i, j = 1, \dots, n$ ).

Donde:

$$H = \begin{pmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{n1} & \dots & X_{nn} \end{pmatrix}; \quad M = \begin{pmatrix} m_{11} & \dots & m_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{n1} & \dots & m_{nn} \end{pmatrix}; \quad v = \begin{pmatrix} vab_1 \\ \vdots \\ vab_n \end{pmatrix}$$

$$y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_1 + G_1 + I_1 + E_1 \\ \vdots \\ C_n + G_n + I_n + E_n \end{pmatrix}; \quad X = \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$$

$$X = H\vec{1} + y = H'\vec{1} + M'\vec{1} + v$$

Aquí tenemos que  $n$  es la cantidad de sectores que integran a la economía, en nuestro caso es 18. Con esta información siguiendo el modelo de Leontief (1986) podemos obtener la matriz de coeficientes técnicos o requerimientos directos:

$$A = H\hat{x}^{-1} \quad (1)$$

Donde  $\hat{x}$  es la diagonalización del vector  $X$ , los elementos  $a_{ij}$  de la matriz  $A$  representan la proporción en la que se demanda un insumo para generar una unidad más de producto.

$$X = By = (\mathbb{I} - A)^{-1}y \quad (2)$$

$B$  es la matriz de Leontief o de requerimientos totales, directos e indirectos, cada entrada de la matriz ( $b_{ij}$ ) indica el aumento de producción necesario que debe realizar el sector  $i$  para cubrir un aumento unitario de la demanda final del sector  $j$ , esta matriz es una primera visualización de la interrelación sectorial de la economía mexicana.

Con esta matriz de Leontief vamos a calcular los multiplicadores hacia atrás ( $BL_j$ ) y hacia adelante ( $FL_i$ ) para obtener las medidas de dispersión (Rasmussen, Díaz, y cols., 1963):

$$BL_j = [\vec{1}'B]_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (3)$$

$$FL_i = [B\vec{1}]_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (4)$$

Los encadenamientos hacia atrás indican el efecto de un cambio de la demanda final del sector  $j$  sobre el resto de la economía, mientras que los encadenamientos hacia adelante indican cuanto

debe cambiar la producción del sector  $i$  para satisfacer un cambio unitario de la demanda final de todos los sectores.

Ahora vamos a obtener el poder de dispersión ( $\pi_j$ ) y la sensibilidad de la dispersión ( $\tau_i$ ):

$$\pi_j = \frac{n \vec{1}' B}{\vec{1}' B \vec{1}} = \frac{BL_j}{\bar{BL}} = \frac{n \sum_{i=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (5)$$

$$\tau_i = \frac{n B \vec{1}}{\vec{1}' B \vec{1}} = \frac{FL_i}{\bar{FL}} = \frac{n \sum_{j=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (6)$$

Estos indicadores nos dan el estímulo potencial de un incremento en la demanda final del sector  $j$  ( $\pi_j$ ) y el estímulo sobre el sector  $i$  de un aumento de la demanda final de todos los sectores ( $\tau_i$ ). El problema que tienen estas medidas es que no nos dice como estos estímulos se reparten en los sectores, asumen que se distribuyen uniformemente entre todos los sectores, por lo cual solo los usaremos para caracterizar que tipo de sectores de acuerdo con el cuadro 4.

Cuadro 4: Tipo de sector

	$\pi_j < 1$	$\pi_j \geq 1$
$\tau_i \geq 1$	Estratégicos	Clave
$\tau_i < 1$	Independientes	Impulsores

Fuente: (Schuschny, 2005).

Cuadro 5: Sectores clasificados

Sector	Tipo de sector
Agricultura	Impulsores
Minería	Estratégicos
Gen servicios	Impulsores
Construcción	Impulsores
Manufacturas	Clave
Hierro & Acero	Clave
Productos de H&A	Impulsores
Motores	Independientes
Electrónicos	Independientes
Baterías	Impulsores
Automóviles	Impulsores
Carrocerías	Impulsores
Autopartes	Impulsores
Mayoreo	Estratégicos
Menudeo	Independientes
Transporte	Impulsores
Servicios de empleo	Independientes
Otros servicios	Estratégicos

Fuente: Elaboración propia.

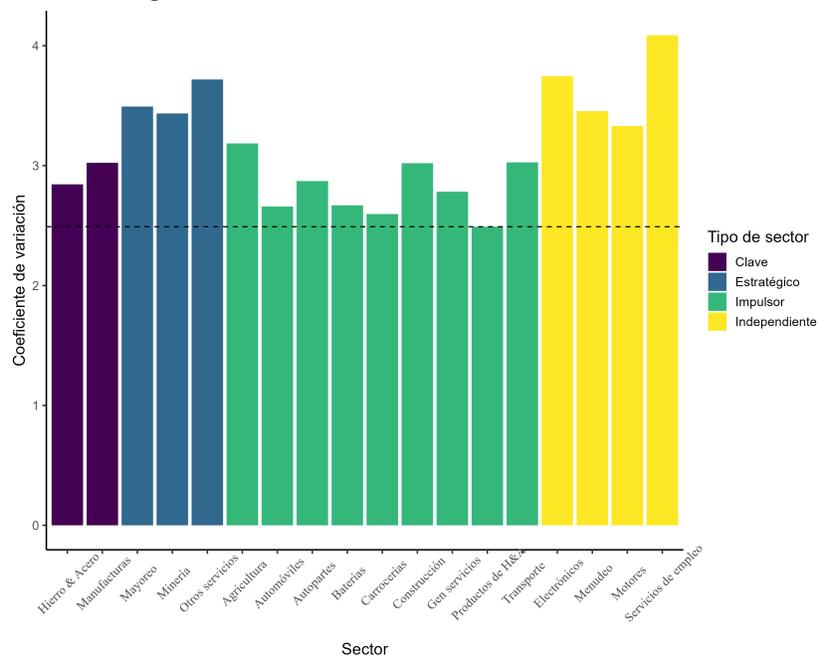
Lo más importante que podemos rescatar del cuadro 5 es que los sectores de Automóviles, Carrocerías y Autopartes son impulsores, es decir, en su mayor parte pertenecen al abastecimiento de la demanda final, la última parte del proceso productivo, tienen una gran demanda de bienes intermedios, estos sectores son los que normalmente asociamos con la industria automotriz, sin embargo, otro sector que identificamos con esta industria es el de los motores, que en este caso demanda pocos insumos intermedios de la economía y casi todo lo vende a la demanda final.

Para evitar el problema de perder la dispersión del efecto vamos a usar coeficientes de variación Schuschny (2005), veamos primero el coeficiente de variación hacia atrás:

$$\Psi_j = \frac{n}{BL_j} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( b_{ij} - \frac{BL_j}{n} \right)^2} \quad (7)$$

Entre más grande es el coeficiente de variación  $\Psi_j$  quiere decir que el sector  $j$  compra insumos intermedios a unas pocas industrias, mientras que entre más pequeño es un aumento de la demanda final de  $j$  tiene un efecto más disperso en la producción de todos los sectores de la economía.

Figura 8: Coeficiente de variación (hacia atrás)

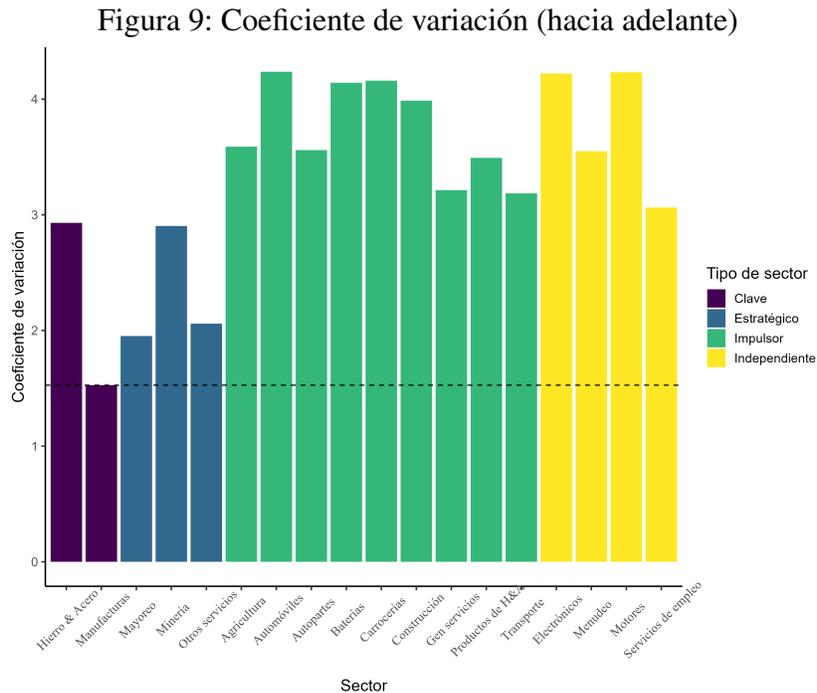


Fuente: Elaboración propia.

Lo que esta figura (8) nos dice es de esperarse, los sectores clave e impulsores son los que tienen una demanda de bienes intermedios más dispersa entre todo los sectores de la economía, lo interesantes que los valores más bajos (los más cercanos a la línea del mínimo) se encuentran que 3 sectores que identificamos como la industria automotriz, con excepción de la elaboración de motores de combustión interna. Cabe señalar que el sector de baterías, que también elabora motores eléctricos tiene una demanda de bienes muy distribuida entre el resto de sectores de la economía.

Ahora vamos a usar el coeficiente de variación hacia adelante de Schuschny (2005) definido como:

$$\Theta_i = \frac{n}{FL_i} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \left( b_{ij} - \frac{FL_i}{n} \right)^2} \quad (8)$$



Fuente: Elaboración propia.

Este indicador nos dice que entre más bajo es el coeficiente más se dispersa lo que demandan

del sector  $i$  en el resto de la economía para usarlo en sus procesos productivos, pasa lo contrario entre más alto es el coeficiente en ese caso quiere decir que la demanda del sector  $i$  se concentra en pocos sectores, esto quiere decir que existen industrias que le venden toda su producción a un solo sector, es decir dependen de la demanda de este para continuar sus actividades.

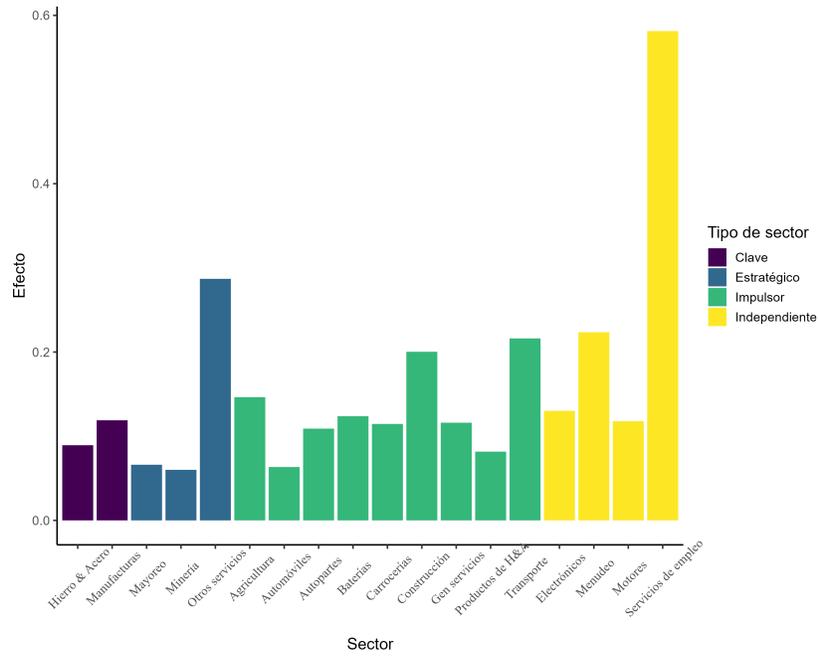
En este caso la figura 9 nos muestra que el sector automotriz tiene una demanda muy focalizada, es decir, le vende sus productos a unos pocos sectores, esto lo podíamos esperar desde que se clasificó como un sector impulsor solamente, tiene fuertes encadenamientos hacia atrás pero débiles hacia adelante. Esto se puede deber a que parte de su producción se utiliza solo para las ultimas etapas de los procesos productivos o ya se quedan como bienes de consumo final o son exportados. Junto con el coeficiente de dispersión hacia atrás vemos que la industria automotriz depende de insumos intermedios provenientes de muchos sectores, pero los otros sectores no demandan uniformemente su producción como insumo intermedio, existe una desconexión del proceso productivo de la industria automotriz con la economía mexicana.

Ahora vamos a trabajar con otros dos indicadores que propone Schuschny (2005), los cuales son los efectos sobre el salario y sobre el valor agregado, los cuales miden el impacto sobre el salario y el va de un cambio unitario de la demanda final del sector  $i$ , definimos el efecto en el salario como:

$$\vec{E}^{inc} = \vec{W}'B \quad \text{donde} \quad w_i = \frac{S_i}{X_i} \quad (9)$$

$S_i$  es el salario de cada sector  $i$ , y  $w_i$  es la proporción del valor bruto de la producción que corresponde al salario. Cuando lo calculamos para nuestros 18 sectores obtenemos la figura 10 que nos muestra cosas muy interesantes, como es natural los servicios de empleo son el sector que ante un aumento unitario de la demanda final incrementa más el salario, decimos que es natural porque este sector se basa completamente de proveer trabajadores a otras industrias. Otra característica importante que podemos notar es que las industrias que componen al sector automotriz tienen bajo impacto en el salario, esto podemos atribuirlo en su mayor parte a que son industrias intensivas en maquinaria y no mano de obra.

Figura 10: Efecto salarial



Fuente: Elaboración propia.

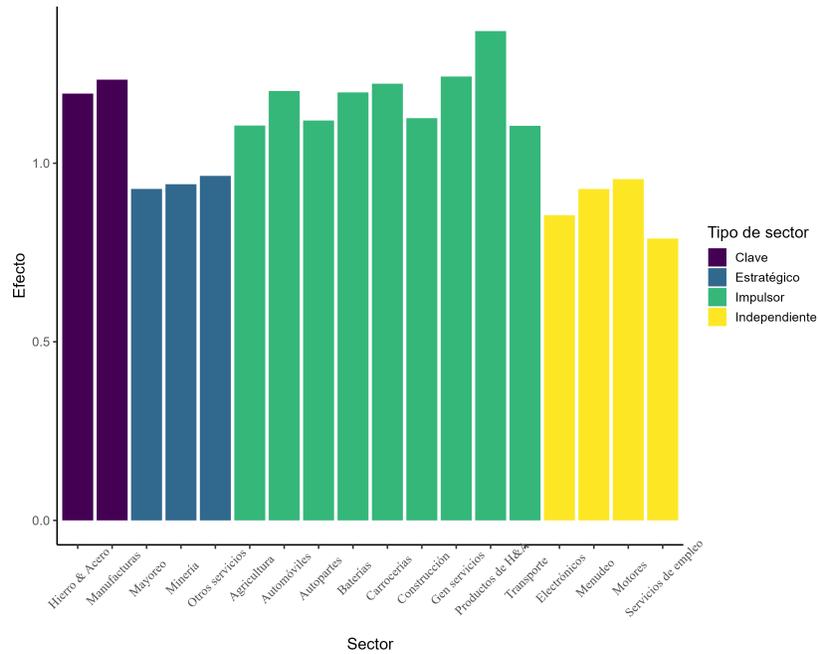
Lo anterior no debe ser tomado como algo negativo, si bien inversiones o aumentos de demanda de esta conllevan a un poco crecimiento salarial hace falta analizar los efectos de equilibrio general y de arrastre que se dan en el resto de la economía, recordando que la industria automotriz aumente su demanda final implica grandes efectos de arrastre para el resto de sectores.

Ahora definimos el efecto valor agregado como:

$$\vec{E}^{vab} = \vec{V}B \quad \text{donde} \quad v_i = \frac{vab_i}{X_i} \quad (10)$$

$v_i$  es lo que el valor agregado representa del valor bruto de la producción para cada sector  $i$  de la economía. De manera similar al anterior, este nos da el cambio en el valor agregado del sector  $i$  ante un aumento unitario de la demanda final del mismo sector y al calcularlo tenemos lo siguiente:

Figura 11: Efecto valor agregado



Fuente: Elaboración propia.

Aquí tenemos una perspectiva un poco diferente al punto anterior (figura 11), los servicios de empleo es la industria que genera menos valor agregado, mientras que las industrias que pertenecen al sector automotriz producen poco más de una unidad de valor agregado cuando su demanda final tiene un aumento unitario, eso de nuevo es sin contar los efectos de arrastre ni equilibrio general, es probable que la industria automotriz produzca grandes cadenas de valor hacia atrás, en el anexo de Structural Path Analysis (SPA) vamos a revisar esta posibilidad con mayor detalle y herramientas de teoría de redes.

Continuamos con este apartado vamos a calcular 2 tipos de medidas de concentración e interconectividad de los sectores propuestas por Soofi (1992). Primero necesitamos obtener las matrices  $C$  y  $D$ , las cuales se definen a través de la matriz de coeficientes técnicos  $A$  como:

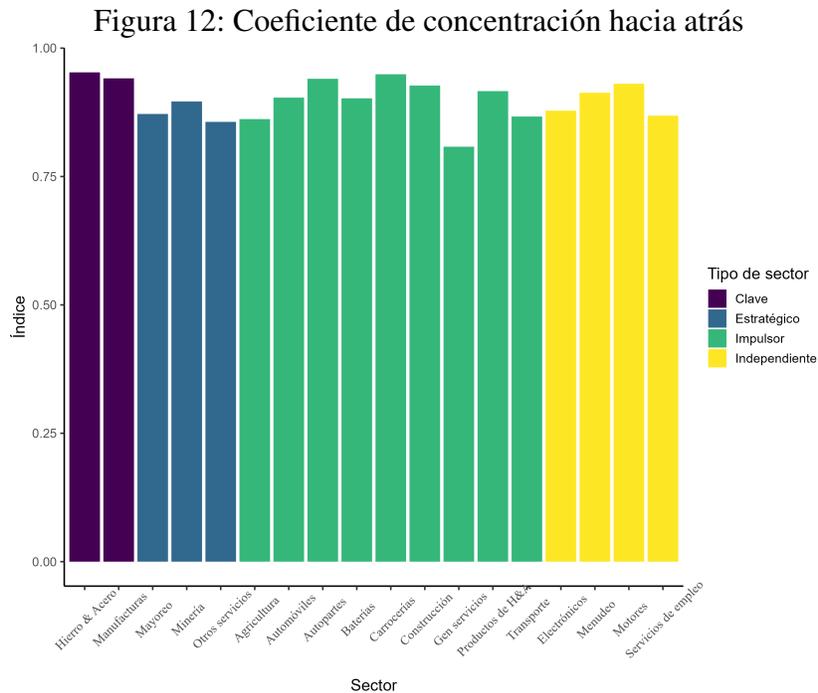
$$C = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (11)$$

$$D = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (12)$$

Primero revisamos el coeficiente de concentración hacia atrás  $G_j$ , el cual está acotado entre 0 y 1 y se define como:

$$G_j = \sqrt{\frac{n(1 - \sum_{i=1}^n (d_{ij})^2)}{n-1}} \quad (13)$$

Este indicador nos muestra que tanto se concentran las compras de un sector en otro o en el resto de la economía, este es muy parecido al coeficiente de dispersión hacia atrás de Rasmussen y cols. (1963) que vimos anteriormente. Cuando este es 0 quiere decir que el sector  $j$  compra todos los insumos a un solo sector, esto se da cuando  $d_{ij} = 1$  y  $d_{ik} = 0 \forall k \neq j$ . Cuando es 1, quiere decir que le compra la misma cantidad de insumos a todos los sectores y se denota cuando  $d_{ij} = 1/n \forall i$ .



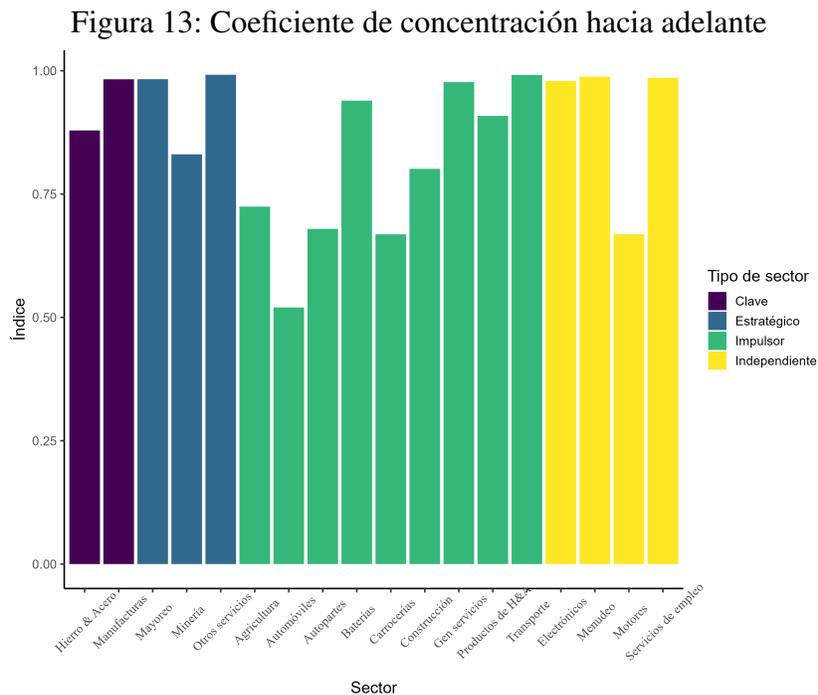
Fuente: Elaboración propia.

Lo que podemos rescatar de esta figura (12) es que todos los sectores se compran mucho entre ellos, esta gran falta de concentración se explica principalmente por el nivel de desagregación que estamos tomando, el cual es una versión modificada por sectores.

Ahora pasamos al coeficiente de concentración hacia adelante, que de igual manera está acotado entre 0 y 1 y se define como:

$$G_i = \sqrt{\frac{n \left(1 - \sum_{j=1}^n (c_{ij})^2\right)}{n-1}} \quad (14)$$

Este nos indica si un sector concentra toda la venta de su producción a un solo sector, es 0 cuando  $c_{ij} = 1$  y  $c_{ik} = 0 \forall k \neq j$  y quiere decir que el sector  $i$  le vende toda su producción al sector  $j$ , Mientras que es 1 cuando  $c_{ij} = 1/n \forall j$  y representa que el sector  $i$  le vende por igual toda su producción al resto de sectores en la economía.



Fuente: Elaboración propia.

Con este indicador también esperamos encontrar una medida sesgada por la agrupación que

tenemos de la actividad económica nacional, todos los valores cargados a 1, cuya única diferencia con el coeficiente de variación hacia adelante que explicamos antes es aquel depende de un aumento unitario de la demanda final, mientras que este no.

Encontramos algo diferente en la figura 13, vemos que el sector que más concentra la venta de su producción a unos pocos es el de automóviles terminados, autopartes y carrocerías también tienen valores bastante bajos a comparación de lo que esperábamos. Esto se puede tratar de explicar por la naturaleza a exportar del sector automotriz, es uno cuyo objetivo no es cubrir la demanda de automóviles nacional sino la internacional.

De manera adicional es interesante mencionar estas dos medidas como un problema del tipo de análisis que tomamos para elaborar nuestra SAM, al agrupar perdemos información y en el caso de los coeficientes de concentración existe un sesgo hacia coeficientes más altos entre más general sea la desagregación.

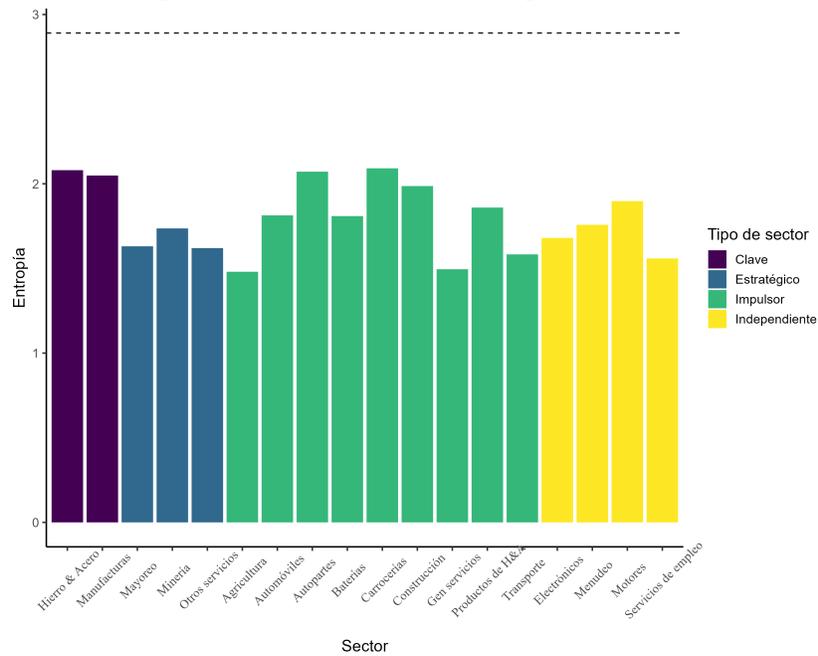
Retomamos la medida de interconectividad o entropía hacia atrás (Soofi, 1992; Zwick y Heiat, 1982)  $H_j$  definida como:

$$H_j = - \sum_{i=1}^n d_{ij} \ln(d_{ij}) \quad (15)$$

Nos muestra el rango que compra el sector  $j$  al resto de los sectores, cuando  $H_j = \ln(n)$  quiere decir que el sector  $j$  le compra la misma cantidad de producción al resto de sectores para satisfacer un incremento de demanda final de  $i$ , mientras que de ser  $H_j = 0$  el sector le compra todo a un solo sector para satisfacer un aumento unitario de la demanda final de  $i$ .

En la siguiente gráfica (figura 14) podemos ver que casi todos los sectores se encuentran entre un valor de entropía de 1,5 y 2, esto lo podemos interpretar como que las compras de ciertos sectores no son uniformes, sus demandas están concentradas en ciertos clústers o existen sectores a los cuales no les compran nada, de los que componen a la industria automotriz tenemos que el que posee mayor coeficiente de entropía hacia atrás es el de las autopartes, esto quiere decir que es un sector más dependiente en el resto de la economía para realizar su producción.

Figura 14: Coeficiente de entropía hacia atrás



Fuente: Elaboración propia.

Ahora nos concentramos en el coeficiente de entropía hacia adelante, el cual está graficado arriba, este nos dice la concentración de las ventas del sector  $i$  y se define como:

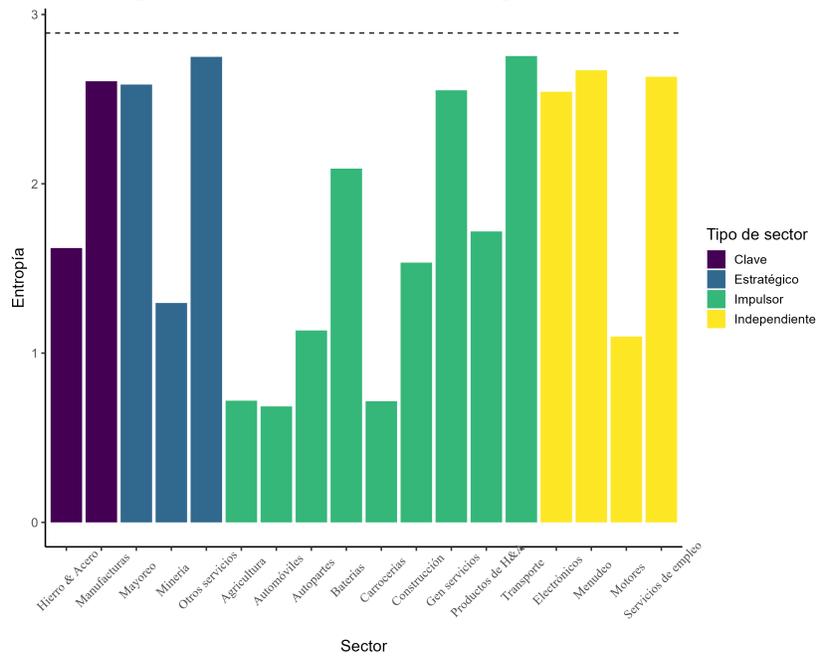
Retomamos la medida de interconectividad o entropía hacia atrás (Soofi, 1992)  $H_j$  definida como:

$$H_i = - \sum_{j=1}^n c_{ij} \ln(c_{ij}) \quad (16)$$

De igual manera que el coeficiente anterior cuando  $H_i = \ln(n)$  quiere decir que las ventas del sector  $i$  están repartidas de manera uniforme entre el resto de sectores de la economía, mientras que si es de  $H_i = 0$  entonces las ventas de  $i$  se concentran a un solo sector  $j$ .

Lo interesante que encontramos en la figura 15 es que aquí podemos ver que sectores le venden a muy pocos, como lo son los 3 que componen a la industria automotriz, esto se debe de nuevo al carácter exportador de la industria, si existiera para satisfacer la demanda nacional entonces esperaríamos ver una mayor interconectividad de las ventas de la industria.

Figura 15: Coeficiente de entropía hacia adelante



Fuente: Elaboración propia.

Lo que debemos quedarnos de esta parte es que seguimos reafirmando el carácter exportador de la industria automotriz así como su gran interdependencia de compras al resto de sectores, la industria usa muchos insumos locales que tienen efectos de arrastre en el resto de la economía.

Vamos a proceder a realizar un último análisis insumo producto, ahora concentrado en el aspecto de importaciones y exportaciones. Lo primero que haremos será definir la matriz de  $A^T$  que es la matriz de coeficientes técnicos totales, la cual surge de:

$$A^T = (H + M)\hat{x}^{-1} \quad (17)$$

Y con la matriz de coeficientes técnicos totales y la doméstica, antes calculada como  $A$ , vamos a obtener la matriz de coeficientes técnicos  $A^m$  (Chenery, Robinson, Syrquin, y Feder, 1986):

$$A^m = A^T - A \quad (18)$$

Con esta matriz de coeficientes técnicos importados podemos seguir a Chenery y cols. (1986) para obtener la matriz  $Q$ , cuyas entradas  $q_{ij}$  representan lo que se requiere importar de  $i$  para cubrir la producción nacional de una unidad de  $j$ , se define como:

$$Q = A^m B \quad (19)$$

Con esta matriz podemos obtener dos indicadores similares a los de encadenamientos hacia atrás y hacia adelante:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n q_{ij} \quad (20)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad (21)$$

De manera similar a como lo hicimos con la primer tipología de sectores estos nuevos indicadores (que explicaremos más adelante) pueden ser usados para crear una nueva tipología de sectores, de acuerdo a sus necesidades de bienes importados (cuadro 6):

Cuadro 6: Tipo de sector II

	$Q_j > \sum_{j=1}^n Q_j/n$	$Q_j \leq \sum_{j=1}^n Q_j/n$
$Q_i > \sum_{i=1}^n Q_i/n$	Tipo II	Tipo I
$Q_i \leq \sum_{i=1}^n Q_i/n$	Tipo III	Tipo IV

Fuente: Elaborado a partir de Schuschny (2005).

El tipo I se refiere a que los sectores demandan muchos bienes y es un bien que necesita ser importado mucho para servir de insumo intermedio en otros sectores. El tipo II se refiere a que es un bien que la economía necesita importar mucho, pero para ser producido de manera nacional no requiere de muchos bienes importados. El tipo III se refiere a los sectores que necesitan muchos bienes importados para cubrir su producción, pero no es necesario que sean importados para cubrir las producciones nacionales. Por último el tipo IV son aquellos productos cuya demanda como insumos intermedios se cubre de manera nacional y no requieren de muchos insumos importados.

Aplicando la nueva clasificación a nuestra agregación de la economía mexicana obtenemos lo siguiente:

Cuadro 7: Sectores clasificados II

Sector	Tipo de sector
Agricultura	IV
Minería	IV
Gen servicios	IV
Construcción	IV
Manufacturas	II
Hierro & Acero	I
Productos de H&A	III
Motores	II
Electrónicos	II
Baterías	III
Automóviles	III
Carrocerías	III
Autopartes	II
Mayoreo	IV
Menudeo	IV
Transporte	IV
Servicios de empleo	IV
Otros servicios	IV

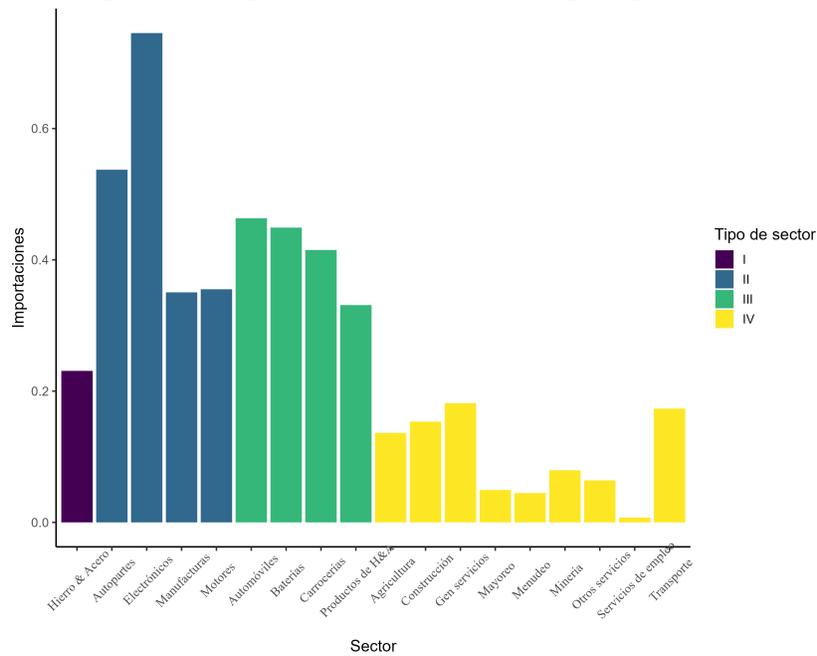
Fuente: Elaboración propia.

Lo más interesante para resaltar de la clasificación (cuadro 7) es que el sector de autopartes es de tipo II, es decir, es muy demandado como insumo importado y demanda muchos insumos importados, lo más seguro es que sea muy demandado por los otros dos sectores de la industria automotriz: carrocerías y automóviles. Estos últimos dos son de tipo III, es decir demandan muchos insumos importados, pero tienen muy poca demanda de estos como insumos intermedios, esto probablemente va encaminado a que estos sectores producen bienes de consumo final o de las últimas etapas de procesos productivos (caso de las carrocerías).

Otra cosa importante para resaltar, es que el único sector que tiene de clasificación el tipo I es la de hierro y acero, entonces aquí podemos identificar una necesidad local de producción de H&A que se cubre con importaciones, así como una necesidad de insumos intermedios para la producción nacional de este sector.

Volviendo a los indicadores que salen a partir de  $Q$ , veamos primero  $Q_j$ , este indicador quiere decir lo que necesita importar toda la economía para producir de manera nacional una unidad de bien del sector  $j$ , cuando lo graficamos se ve de la siguiente manera:

Figura 16: Importación total necesaria para producir  $j$

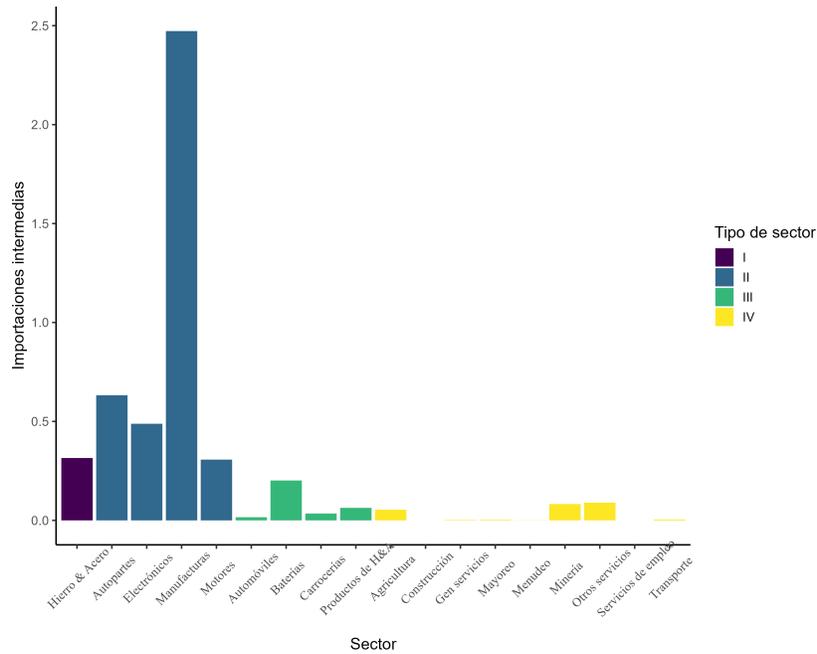


Fuente: Elaboración propia.

Podemos confirmar en la figura 16 que desde la tabla de clasificación de sectores por importaciones, ya era evidente que los 3 sectores de la industria automotriz son demandantes naturales de insumos intermedios importados. Esto nos da dos resultados interesantes, el primero es que la demanda de insumos intermedios de la industria automotriz no es cubierta en su totalidad por productos domésticos, requiere de muchos insumos importados a comparación del resto de la economía. El segundo es la visión de que México es un destino atractivo para ciertas partes de los procesos de fabricación de la industria automotriz, que parecen estar en las últimas partes del proceso productivo de elaboración de vehículos.

Vamos a ver el indicador  $Q_i$ , este nos dice la cantidad de producto que necesita aumentar el sector  $i$  para cubrir un cambio unitario de la demanda final del resto de sectores, entre más alto sea  $Q_i$  significa que es un producto que le economía como conjunto necesita importar más, es decir, la necesidad de este no se cubre bien de manera nacional.

Figura 17: Importación necesaria de  $i$  para un aumento de la DF



Fuente: Elaboración propia.

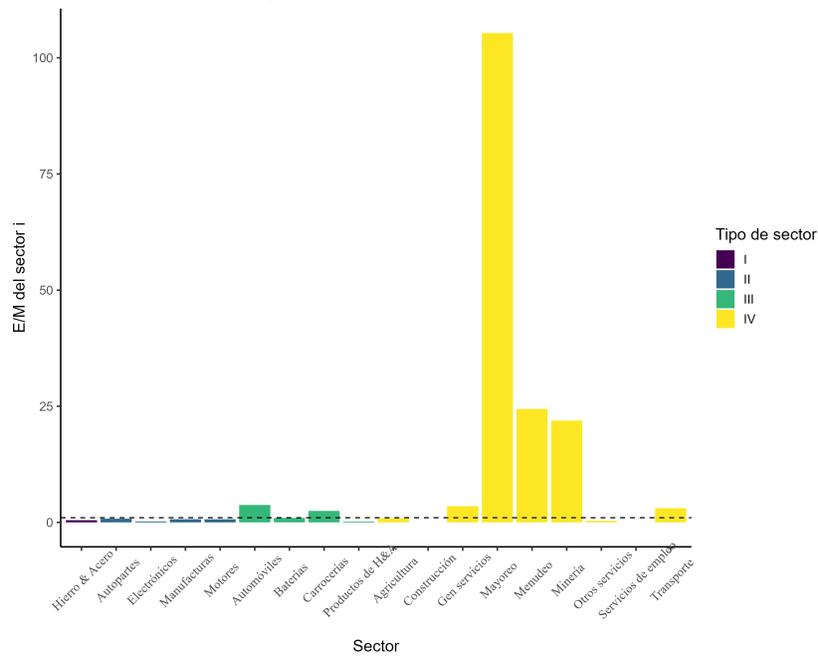
Como lo mencionamos arriba, se requiere de poca importaciones de los bienes de los sectores de automóviles y carrocerías, y al igual que mencionábamos arriba, esto puede tener origen en que el carácter de estos dos sectores de bienes de consumo final o casi terminados con la intención de ser utilizados para cubrir la demanda internacional de estos productos. El sector de autopartes es el que es más requerido como bien importado respecto a los otros dos, este si se usa en más procesos intermedios por más sectores.

Como último indicador de esta sección vamos a utilizar el de tasa de cobertura de Schuschny (2005), la cual define de la siguiente manera:

$$TC = \frac{E_i}{M_i} \quad (22)$$

Mide de una manera muy básica el grado de competitividad de cada sector, cuando  $TC_i > 1$  se dice que el sector  $i$  nacional tiene una ventaja comparativa respecto al mundo y al graficarlo obtenemos:

Figura 18: Tasa de cobertura



Fuente: Elaboración propia.

Lo interesante de esta figura 18 es que el sector de carrocerías y el de automóviles tienen una  $TC > 1$ , es decir, es mejor exportarlos desde México que importarlos a este, esto es señalar de una cierta ventaja comparativa que venimos viendo desde cuadros anteriores.

Para las autopartes tenemos que importan casi lo mismo que exportan, esto puede indicar que para este sector no existe realmente una ventaja comparativa, pero no implica que el mundo tiene una respecto a México. también vemos que los sectores que más exportan de lo que importan son los de comercio al por mayor y al por menor.

Hemos terminado la caracterización de la industria automotriz mexicana a través de la MIP, en este capítulo encontramos que el sector automotriz tiene un gran consumo de bienes intermedios mexicanos e importados, pero existe cierta desconexión de la industria hacia la economía mexicana, sus productos no son tan usados como bienes intermedios en los procesos productivos de la economía mexicana. Como bien mencionábamos esto se debe al carácter de exportadora que tiene la industria automotriz, no se instaló en México para cubrir la demanda nacional de vehículos sino para reducir costos y cubrir la demanda internacional de los mismos.

## Capítulo III: La Matiz de Contabilidad Social y el modelo

En este apartado vamos a construir una Matriz de Contabilidad Social (SAM) a partir de la MIP que definimos en el capítulo anterior, como mencionan Casares, García-Salazar, y Sobarzo (2017); Drud y cols. (1986) elaborar una SAM con una cierta desagregación nos permite concentrarnos en ciertos efectos sectores en específico y como se relacionan con el resto de la economía.

Para nuestra SAM vamos a usar las cuentas de valor agregado, actividades, doméstico, exportaciones, bienes compuestos, consumo final, estas se componen cada una por los 18 sectores que planteamos para la desagregación de la MIP.

Cuadro 8: SAM (parte I)

	Valor agregado	Actividades	Doméstico	Exportaciones
Valor agregado		X		
Actividades			X	X
Doméstico				
Exportaciones				
Importaciones				
Bienes compuestos		X		
Consumo final				
Factores productivos	X			
Ingreso de los hogares				
Consumo de los hogares				
Inversión/Ahorro				
Impuestos	X	X		X
Ingresos de gobierno				
Gasto de gobierno				
Resto del mundo				
Suma				

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9: SAM (parte II)

	Importaciones	Bienes compuestos	Consumo final	Factores productivos
Valor agregado				
Actividades				
Doméstico		X		
Exportaciones				
Importaciones		X		
Bienes compuestos			X	
Consumo final				
Factores productivos				
Ingreso de los hogares				X
Consumo de los hogares				
Inversión/Ahorro				
Impuestos	X	X	X	X
Ingresos de gobierno				
Gasto de gobierno				
Resto del mundo	X			
Suma				

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10: SAM (parte III)

	Ingreso de los hogares	Consumo de los hogares	Inversión Ahorro	Impuestos
Valor agregado				
Actividades				
Doméstico				
Exportaciones				
Importaciones				
Bienes compuestos				
Consumo final		X	X	
Factores productivos				
Ingreso de los hogares				
Consumo de los hogares	X			
Inversión/Ahorro	X			
Impuestos				
Ingresos de gobierno				X
Gasto de gobierno				
Resto del mundo				
Suma				

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente vamos a usar una cuenta para los factores productivos, que se divide en trabajo y capital, a su vez la de capital se va a componer de una cuenta para el capital de toda la economía y 3 cuentas para cada sector de la industria automotriz. La cuenta de ingreso de los hogares se compone de ingresos al salario, ingresos al capital e ingreso de los hogares, usamos también una cuenta para consumo de los hogares, inversión/ahorro, impuestos (directos e indirectos), ingresos de gobierno, gasto de gobierno y una cuenta para las interacciones con el resto del mundo. De tal manera que nosotros vamos a utilizar la desagregación de la economía presentada en los cuadros 8-11.

Cuadro 11: SAM (parte IV)

	Ingresos de gobierno	Gasto de gobierno	Resto del mundo	Suma
Valor agregado				
Actividades				
Doméstico				
Exportaciones			X	
Importaciones				
Bienes compuestos				
Consumo final		X		
Factores productivos				
Ingreso de los hogares				
Consumo de los hogares				
Inversión/Ahorro	X		X	
Impuestos				
Ingresos de gobierno				
Gasto de gobierno	X			
Resto del mundo				
Suma				

Fuente: Elaboración propia.

Esta matriz se entiende de la siguiente manera:, la primer columna de valor agregado representa la transferencia de valor agregado que se da a los factores productos (trabajo y capital) y el impuesto que pagan por ello. Las actividades de cada sector generan valor agregado para cada sector y usan bienes compuestos para generar este valor, a su vez pagan impuestos.

La columna de doméstico paga a las actividades por los bienes generados de manera nacional (sin contar importaciones), la de exportaciones le transfiere el valor de lo que se exporta de cada

sector y paga sus impuestos.

La columna de importaciones indica los impuestos que pagan por importar y lo que cada sector le paga al resto del mundo por estas importaciones. Los bienes compuestos pagan impuestos y le transfieren valor a la parte producida de manera doméstica y a la parte importada.

La de consumo final paga a los bienes compuestos que se destinan para esta parte y no como insumos intermedios, además de pagar sus respectivos impuestos por consumir. Los factores productivos pagan o se reparten a los hogares y pagan los impuestos directos al capital y al trabajo.

El ingreso de los hogares destina una parte de este al consumo de los hogares y otra al ahorro/inversión. El consumo de los hogares paga por bienes de consumo final a los sectores. Lo mismo sucede con el ahorro/inversión, esta cuenta paga por bienes de consumo final.

Los impuestos son recibidos por el gobierno como ingresos. El gobierno entonces utiliza el valor de la cuenta de ingresos de gobierno para ahorrar/invertir y otra parte para su gasto de gobierno. El gobierno usa su gasto para adquirir bienes de consumo final de los sectores. Por último el resto del mundo paga por las exportaciones que compra de cada sector y los respectivos impuestos de estas exportaciones.

Como ya mencionamos arriba las columnas hacen compras o transfieren valor a las filas, para ser más formales vamos a usar la notación de Drud y cols. (1986); Pyatt (1988). De tal manera que tenemos una SAM denotada por  $T$ , cuyas entradas  $t_{ij}$  indican las transferencias de valor de la cuenta  $j$  a la  $i$ , resultando una matriz es de dimensión  $k \times k = 141 \times 141$ .

Una propiedad importante de las SAM es que la suma de las filas y la suma de las columnas debe ser igual, esta suma es conocida como el ingreso de la cuenta ( $y_i$ ) y se ve de la siguiente manera (Drud, Grais, y Pyatt, 1983):

$$\sum_{i=1}^k t_{ij} = \sum_{j=1}^k t_{ij} = y_i \quad (23)$$

El proceso de elaborar una SAM ya tiene un cierto tipo de modelo para la economía (Drud y cols., 1983; Pyatt, 1988), en específico vamos a utilizar un enfoque llamado "Transaction Value"(TV). El enfoque TV consiste en representar cada entrada  $t_{ij}$  como una función del precio y

del ingreso de la siguiente forma:

$$t_{ij} = t_{ij}(y; p, f, \lambda) \quad (24)$$

Donde  $p$  representa el vector de precios de los bienes,  $f$  es el vector de precio de los factores productivos y  $\lambda$  es el tipo de cambio. En particular vamos a usar una versión modificada de Drud y cols. (1986) y de donde se sigue como guía las formas funcionales específicas que usaremos. Para la nueva versión de  $t_{ij}$  incluimos el tiempo  $\theta$  y un vector de parámetros  $p_i$ , y tiene la siguiente forma:

$$t_{ij} = t_{ij}(p, y, x; \pi, \theta) \quad (25)$$

Podemos expresar  $t_{ij}$  como  $t_{ij} = p_{ij}q_{ij}$ , donde  $q_{ij}$  es la cantidad que viene de  $q_{ij} = y_i/p_{ij}$ , también es importante hacer el supuesto de que solo existe un precio para todas las columnas, es decir,  $p_i = p_{ij} \forall i, j$ , esto quiere decir que todas cuentas adquieren al mismo precio el bien  $i$ .

Ahora debemos de definir la forma funcional específica de nuestras entradas  $t_{ij}$ . La manera de desarrollarlo es que la cuenta viene dada por la columna y la fila separadas por un guión:  $j - i$ .

Las siguientes cuentas de valor agregado-factores productivos, bien compuesto-doméstico y bien compuesto-importaciones, tienen una forma tipo CES, que significa que los elementos  $t_{ij}$  tienen tecnología de producción con elasticidad de sustitución y retornos constantes, la cual está dada de la siguiente manera:

$$t_{ij} = a_{ij}^0 f_{ij}(\theta) \left( \frac{p_i}{p_j} \right)^{1-\sigma_j} y_j \quad (26)$$

Donde  $a_{ij} = t_{ij}/y_j$  es la proporción que  $t_{ij}$  representa del ingreso de la cuenta,  $a_{ij}^0$  la denota para el año base,  $\sigma_j = \frac{1}{1+p_j}$  es la elasticidad de sustitución, la cual debemos de definir para calibrar el modelo y  $f_{ij}(\theta)$  es una función del tiempo.

Ahora para el siguiente conjunto de cuentas: actividades-valor agregado, actividades-bien compuesto, doméstico-actividades, exportaciones-actividades y consumo final-bien compuesto, estas

tienen forma de Leontief, es un caso especial de la CES anterior donde  $\sigma_j = 0$ , quiere decir que los insumos son complementarios y se define como:

$$t_{ij} = a_{ij}^0 f_{ij}(\theta) \left( \frac{p_i}{p_j} \right) y_j \quad (27)$$

Donde  $a_{ij} = q(ij)/q_j$  que es conocido como coeficiente de Leontief, con 0 indicando que es para el año base y representa la proporción que ocupa la cantidad  $ij$  del total  $j$ .

Para todas las cuentas  $j$ —impuestos indirectos tenemos la siguiente especificación:

$$t_{ij} = \left( \frac{\tau_j(\theta)}{1 + \tau_j(\theta)} \right) y_i \quad (28)$$

Donde el ingreso del impuesto  $\tau_j(\theta)$  es expresado como una proporción del ingreso  $y_i$ .

Para las cuentas de importaciones-resto del mundo, estas representan una oferta de bienes para nuestra economía, por lo cual usaremos una versión modificada de CES con forma de Leontief (27), y se ve de la siguiente manera:

$$t_{ij} = a_{ij} \left( \frac{x\pi(\theta)}{p_j} \right) y_j \quad (29)$$

La diferencia está en que nos deshicimos de la función de tiempo  $f_{ij}(\theta)$  y se reemplaza  $p_i$  por  $x\pi(\theta)$ , donde  $\pi(\theta)$  es el precio del bien importado en moneda extranjera y  $x$  el tipo de cambio.

Para las cuentas de factores-ingreso de los hogares, las proporciones en que se reparten los ingresos de los factores a cada cuenta de los hogares es determinada al inicio de cada periodo, de tal manera que son fijas, tienen la siguiente especificación:

$$t_{ij} = a_{ij}^0 f_{ij}(\theta) y_i \quad \text{tal que} \quad \sum_i a_{ij}^0 f_{ij}(\theta) = 1 \quad (30)$$

En esta ecuación  $a_{ij}^0 f_{ij}(\theta)$  mide la proporción que  $i$  tiene de  $j$ ,  $a_{ij}^0$  mide la distribución de los ingresos del factor en el periodo base.

Pasemos a las cuentas de gasto de los hogares-consumo final e inversión/ahorro-consumo final

se determina por la forma funcional:

$$t_{ij} = t_{ij}^0 f_{ij}(\theta) p_i \quad (31)$$

Esta ecuación (31) viene de  $t_{ij} = p_i q_{ij}$  e implica que  $q_{ij}$  sigue un camino exógeno dado por  $t_{ij}^0 f_{ij}(\theta)$ .

Como no tenemos cuentas de transferencias de ingresos del gobierno nos centraremos solo en las cuentas de gasto de gobierno-consumo final, las cuales tienen la siguiente forma funcional:

$$t_{ij} = \left( \frac{t_{ij}^0 f_{ij}(\theta) p_i}{\sum_i t_{ij}^0 f_{ij}(\theta) p_i} \right) y_j \quad (32)$$

Como última cuenta a definir tenemos la del exterior-exportaciones, la cual definimos como:

$$t_{ij} = t_{ij}^0 f_{ij}(\theta) p_i^{1-\eta_i} (x\pi_i)^{\eta_i} \quad (33)$$

Donde  $\eta_i$  es la elasticidad precio de la demanda del mismo bien de exportación  $i$ ,  $f_{ij}(\theta)$  captura los cambios de la demanda mundial de un bien  $i$ .

Para poder calibrar el modelo necesitamos de reglas de cierre para poder tener un sistema de ecuaciones determinado, las reglas que escogimos fueron que la cantidad de los 5 factores productivos sea fija y el precio del consumo final también sea fijo. Los parámetros del año base  $t_{ij}^0, a_{ij}^0, y_i^0$  y  $\tau_j(0)$  se calculan con los valores de la SAM que elaboramos, los parámetros como  $\sigma_j, \eta_i$  pueden ser estimados con datos de series de tiempo, sin embargo como indica Drud y cols. (1986) esto no necesariamente es lo más eficiente, por lo cual nosotros los escogimos. Para calibrar el modelo vamos a utilizar la subrutina HERCULES dentro del programa GAMS (General Algebraic Modeling System) (Drud, 1989).

Una vez que se tienen estimados los parámetros se procede a modificar la cuenta de capital de los factores correspondientes a los sectores de automóviles, carrocerías y autopartes. Con ello se estiman los cambios en los valores de las cuentas.

Es importante notar que los resultados de las simulaciones son muy dependientes a la forma

funcional específica que le damos a cada cuenta de la SAM. Como veremos en el siguiente capítulo, al dejar libre el precio del factor trabajo el modelo actúa como si la mano de obra fuera limitada, entonces hay desplazamientos de esta entre sectores. Así que otro ejercicio interesante sería dejar fijo este precio para ver las modificaciones a la cantidad de trabajo en los sectores.

## Capítulo IV: Simulaciones

Una vez que hemos establecido el modelo a utilizar y lo hemos calibrado vamos a realizar las simulaciones de efectos de equilibrio general de lo que sucedería en la economía con la llegada de Tesla a México. Se espera que la inversión del proyecto sea de 5,000 millones de dólares a 10,000 millones de dólares, de tal manera que haremos 2 series de simulaciones considerando ambos valores.

Lo siguiente es llevar los montos de inversión a pesos de 2013 con la finalidad de no tener una inversión sobrestimada. Para esto utilizamos el tipo de cambio FIX reportado por BANXICO para el 1ro de marzo de 2023, que es de 18.17 pesos por dólar. Lo siguiente fue obtener de INEGI el VBP para 2022 a precios de 2013 y la serie de INPC mensual, con la última llevamos la inversión a precios del 2013. Luego tomamos lo que esta inversión representa del VBP del 2022 y usamos ese porcentaje para calcular el equivalente del VBP del 2013.

Con esto obtuvimos que la inversión oscilará entre 53,014 y 106,027 millones de pesos (con Inf y Sup, respectivamente como código de identificación en las tablas), para cada monto vamos a realizar 5 simulaciones de distintos escenarios. El primer escenario (E1) es lo que pasa si el monto total de inversión se va a la rama de automóviles. El escenario (E2) es lo que pasa si toda la inversión es en la rama de las autopartes. El siguiente escenario (E3) es lo que pasa si se distribuye un tercio de la inversión a cada rama de la industria automotriz, automóviles, carrocerías y autopartes. Luego para el próximo (E4) la inversión se va a repartir dependiendo de lo que aporta el capital de cada rama al total de la industria automotriz, igual entre las 3 ramas anteriores. En el último escenario (E5) se reparte de manera discrecional el incremento entre las 3 ramas, mejor ilustrado en el cuadro 12.

Algo a resaltar es que no incluimos un escenario donde la inversión se fuera en su totalidad a la de carrocerías, esto se debe a que como la actividad total de la rama es muy pequeña a comparación del monto de inversión, al correr el modelo para su calibración en GAMS los precios de esta rama tienen a 0, evitando así que nuestro modelo tenga solución (Drud, 1989).

Cuadro 12: Escenarios a simular

		Automóviles	Carrocerías	Autopartes
% de la inversión recibido	E1	100 %	0 %	0 %
	E2	0 %	0 %	100 %
	E3	33 %	33 %	33 %
	E4	62 %	2 %	36 %
	E5	60 %	10 %	30 %
% de cambio en el capital Inf	E1	27 %	0 %	0 %
	E2	0 %	0 %	46 %
	E3	9 %	311 %	15 %
	E4	17 %	17 %	17 %
	E5	16 %	93 %	14 %
% de cambio en el capital Sup	E1	54 %	0 %	0 %
	E2	0 %	0 %	93 %
	E3	18 %	623 %	31 %
	E4	33 %	33 %	33 %
	E5	32 %	187 %	28 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13: Cambio en el valor agregado (inversión de 5,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.14 %	0.03 %	-0.06 %	-0.09 %	-0.10 %
Minería	-0.15 %	-0.17 %	-0.18 %	-0.21 %	-0.21 %
Gen servicios	0.02 %	0.56 %	0.27 %	0.27 %	0.25 %
Construcción	-0.36 %	-0.10 %	-0.16 %	-0.26 %	-0.25 %
Manufacturas	0.06 %	0.36 %	0.16 %	0.19 %	0.17 %
Hierro y acero	1.30 %	1.72 %	1.80 %	1.71 %	1.89 %
Productos de H&A	1.15 %	2.95 %	2.17 %	2.16 %	2.22 %
Motores	0.28 %	0.09 %	0.07 %	0.19 %	0.15 %
Electrónicos	0.04 %	0.98 %	0.40 %	0.46 %	0.39 %
Baterías	-0.05 %	0.21 %	0.01 %	0.03 %	0.00 %
Automóviles	21.51 %	0.39 %	7.84 %	14.24 %	13.48 %
Carrocerías	4.90 %	0.39 %	46.17 %	11.36 %	33.64 %
Autopartes	2.31 %	14.82 %	6.67 %	8.08 %	6.95 %
Mayoreo	1.46 %	0.43 %	0.72 %	1.13 %	1.08 %
Menudeo	-0.21 %	-0.09 %	-0.11 %	-0.17 %	-0.16 %
Transporte	-0.02 %	0.13 %	0.05 %	0.05 %	0.04 %
Servicios de empleo	0.31 %	0.96 %	0.57 %	0.64 %	0.60 %
Otros servicios	-0.22 %	0.00 %	-0.07 %	-0.14 %	-0.13 %
Promedio	1.79 %	1.31 %	3.68 %	2.20 %	3.33 %

Fuente: Elaboración propia.

Lo primero que podemos notar en el cuadro 13 es que el mejor escenario para una inversión de 5,000 millones de dólares es cuando se reparte de manera uniforme la inversión entre las 3 ramas de la industria automotriz, el cual corresponde a E3, con un valor promedio de 3,68 % de crecimiento del valor agregado en promedio. Otro punto importante a resaltar es que cuando más se invierte en la rama de automóviles más pierde valor agregado la agricultura, esto también sucede con el sector de construcción.

Además es importante que mencionemos que las caídas son bastante pequeñas, lo mismo en el caso de los aumentos, los únicos sectores donde cambia más el valor agregado es en aquellos que reciben inversión directa.

Cuadro 14: Cambio en el valor agregado (inversión de 10,000 mdlls)

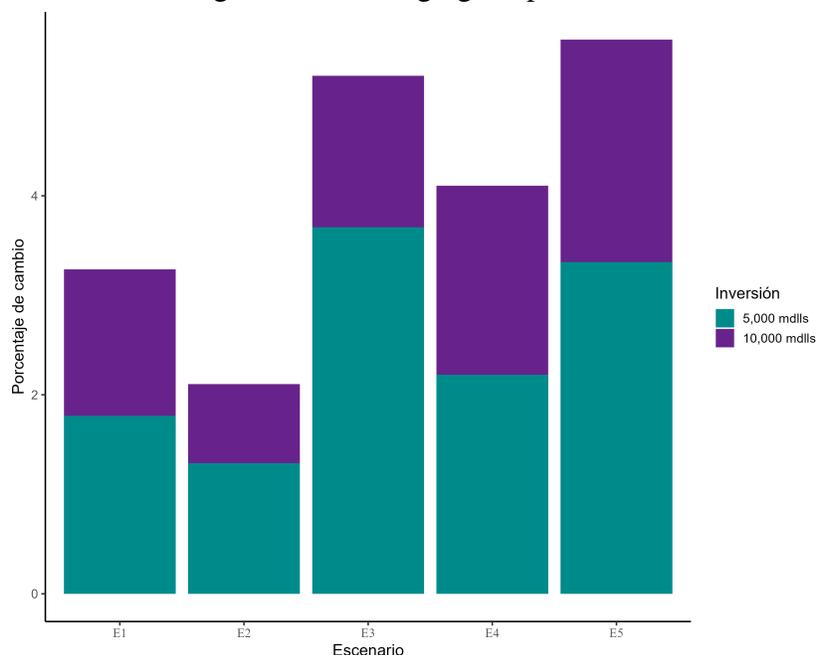
Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.22 %	0.06 %	-0.13 %	-0.15 %	-0.16 %
Minería	-0.21 %	-0.24 %	-0.31 %	-0.36 %	-0.36 %
Gen servicios	0.04 %	0.89 %	0.42 %	0.49 %	0.46 %
Construcción	-0.68 %	-0.17 %	-0.37 %	-0.51 %	-0.49 %
Manufacturas	0.13 %	0.58 %	0.28 %	0.36 %	0.33 %
Hierro y acero	2.42 %	2.78 %	2.97 %	3.19 %	3.42 %
Productos de H&A	2.10 %	4.74 %	3.56 %	3.98 %	4.04 %
Motores	0.59 %	0.16 %	0.24 %	0.39 %	0.35 %
Electrónicos	0.10 %	1.56 %	0.67 %	0.84 %	0.74 %
Baterías	-0.03 %	0.35 %	0.03 %	0.08 %	0.04 %
Automóviles	39.05 %	0.58 %	19.20 %	26.72 %	26.04 %
Carrocerías	8.85 %	0.61 %	53.39 %	21.21 %	49.96 %
Autopartes	4.20 %	23.76 %	11.54 %	14.76 %	13.18 %
Mayoreo	2.69 %	0.71 %	1.60 %	2.14 %	2.08 %
Menudeo	-0.40 %	-0.15 %	-0.24 %	-0.32 %	-0.31 %
Transporte	-0.06 %	0.19 %	0.07 %	0.08 %	0.07 %
Servicios de empleo	0.56 %	1.55 %	0.98 %	1.18 %	1.13 %
Otros servicios	-0.42 %	-0.01 %	-0.18 %	-0.27 %	-0.26 %
Promedio	3.26 %	2.11 %	5.21 %	4.10 %	5.57 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuando vemos los resultados de la inversión de 10,000 millones de dólares en el valor agregado (cuadro 14) encontramos que el sector de agricultura y construcción disminuyen más entre más se invierte en el sector de automóviles. Un cambio importante es que ahora el escenario con mejor crecimiento promedio del valor agregado es el E5, con un valor de 5,57 %, esto indica un cierto

threshold de inversión, que hace que sea mejor invertir de acuerdo al tamaño de la industria en lugar de invertir uniforme a a prtir de montos más grandes de inversión.

Figura 19: Valor agregado promedio



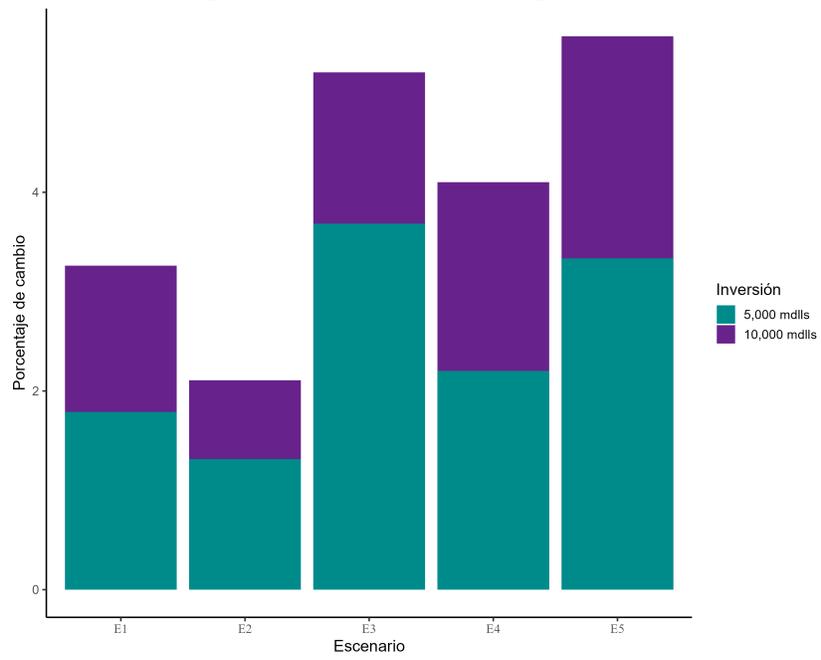
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 19 podemos ver justo lo que mencionamos, la simulación nos da evidencia de que existe un valor entre 5,000 y 10,000 millones de dólares de inversión donde es mejor para la economía en su totalidad el repartir esa inversión de manera más proporcional al tamaño del sector en el país.

Otro punto interesante es que como mencionamos en el capítulo anterior, al dejar libre el precio del trabajo el modelo actúa como si tuviera una cantidad fija de mano de obra, esto produce un efecto de desplazamiento de mano de obra de ciertos sectores como agricultura o construcción hacia los de la industria automotriz.

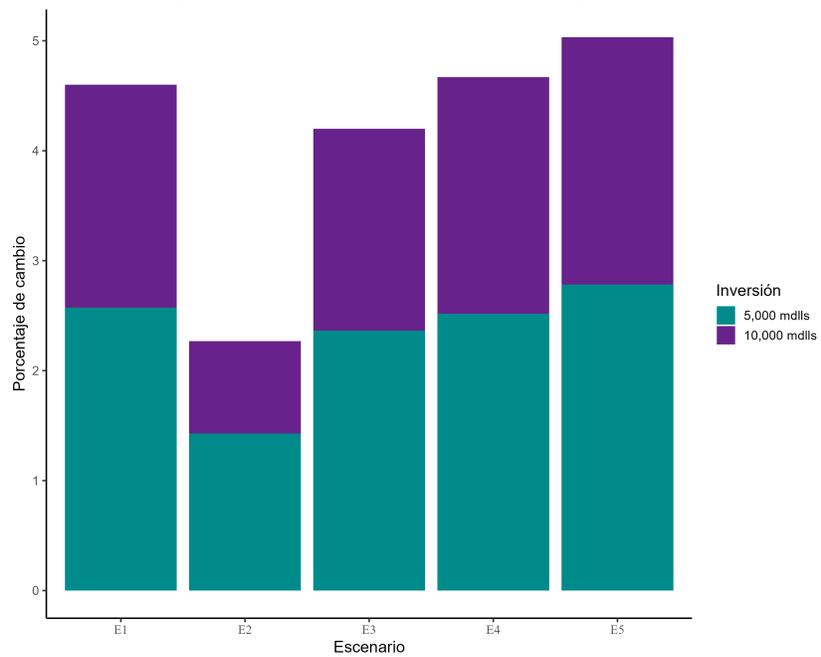
Pasamos a ver la producción total promedio en la figura 20, para esta parte de la simulación las tablas están en el anexo II. En esta podemos ver el mismo caso que en el valor agregado promedio, parece existir un threshold a partir del cual invertir en los sectores de acuerdo a su participación en el producto es mejor que hacerlo de manera uniforme.

Figura 20: Producción total promedio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21: Producción doméstica promedio



Fuente: Elaboración propia.

En la producción doméstica (figura 21) encontramos que esta aumenta más en el escenario 5 en ambos montos de inversión, con el segundo mejor caso el escenario 3. Se mantiene la caída en ambos de la agricultura y la construcción entre más crece el sector de automóviles.

Esta simulación también nos muestra un poco de las relaciones de interdependencia de ciertos sectores, observamos que cuando el de las autopartes incrementa más el sector de productos hierro y acero aumenta más, esto podemos explicarlo porque al aumentar la demanda de insumos para las autopartes debe incrementarse la producción local de productos de hierro y acero para cubrir esta, veremos más adelante que esta demanda extra no solo se cubre con producción local sino con bienes importados también.

Vamos a dejar las tablas de las exportaciones porque estas tienen información que es de mayor utilidad si es presentada de manera desagregada.

Cuadro 15: Cambio en exportaciones (inversión de 5,000 mdlls)

Sectores	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.26 %	-0.66 %	-0.50 %	-0.55 %	-0.54 %
Minería	-0.35 %	-0.82 %	-0.62 %	-0.68 %	-0.67 %
Gen servicios	-0.27 %	-0.50 %	-0.43 %	-0.47 %	-0.47 %
Manufacturas	-0.15 %	-0.24 %	-0.22 %	-0.25 %	-0.25 %
Hierro y acero	-0.29 %	-0.59 %	-0.47 %	-0.53 %	-0.52 %
Productos de H&A	-0.24 %	-0.44 %	-0.37 %	-0.42 %	-0.41 %
Motores	-0.17 %	-0.06 %	-0.15 %	-0.17 %	-0.18 %
Electrónicos	-0.09 %	0.27 %	0.05 %	0.05 %	0.02 %
Baterías	-0.14 %	-0.04 %	-0.12 %	-0.14 %	-0.15 %
Automóviles	27.19 %	0.45 %	9.76 %	17.87 %	16.90 %
Carrocerías	-8.30 %	0.01 %	78.19 %	8.62 %	49.77 %
Autopartes	-2.40 %	21.51 %	7.38 %	7.74 %	6.27 %
Mayoreo	-0.36 %	-0.85 %	-0.64 %	-0.70 %	-0.69 %
Menudeo	-0.25 %	-0.65 %	-0.50 %	-0.55 %	-0.54 %
Transporte	-0.25 %	-0.14 %	-0.27 %	-0.30 %	-0.32 %
Otros servicios	-0.20 %	-0.49 %	-0.41 %	-0.44 %	-0.44 %
Promedio	0.84 %	1.05 %	5.67 %	1.82 %	4.24 %

Fuente: Elaboración propia.

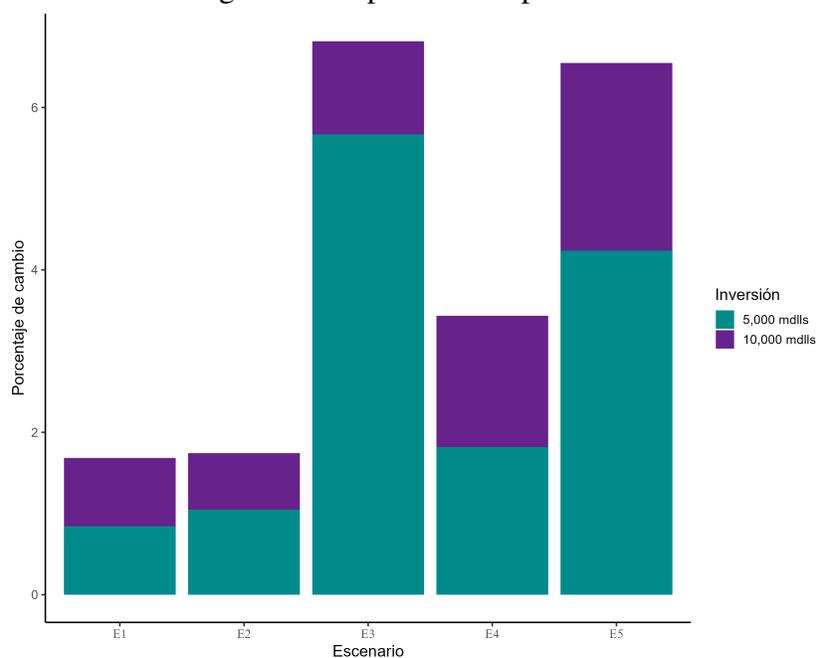
Lo primero que salta a nuestra de vista de los cuadros 15 y 16 es que invertir el monto completo en el sector de automóviles (E1) provoca una caída de las exportaciones de todos los demás sectores de la economía.

Cuadro 16: Cambio en exportaciones (inversión de 10,000 mdlls)

Sectores	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.34 %	-0.97 %	-0.82 %	-0.93 %	-0.91 %
Minería	-0.48 %	-1.23 %	-1.02 %	-1.17 %	-1.15 %
Gen servicios	-0.36 %	-0.74 %	-0.71 %	-0.80 %	-0.80 %
Manufacturas	-0.20 %	-0.34 %	-0.37 %	-0.41 %	-0.42 %
Hierro y acero	-0.39 %	-0.87 %	-0.78 %	-0.89 %	-0.88 %
Productos de H&A	-0.33 %	-0.65 %	-0.62 %	-0.71 %	-0.70 %
Motores	-0.23 %	-0.07 %	-0.26 %	-0.28 %	-0.30 %
Electrónicos	-0.10 %	0.44 %	0.07 %	0.11 %	0.07 %
Baterías	-0.18 %	-0.05 %	-0.21 %	-0.23 %	-0.25 %
Automóviles	49.91 %	0.69 %	24.16 %	33.83 %	32.94 %
Carrocerías	-14.78 %	0.01 %	81.29 %	15.87 %	68.72 %
Autopartes	-4.27 %	34.73 %	11.25 %	13.89 %	11.74 %
Mayoreo	-0.49 %	-1.27 %	-1.05 %	-1.20 %	-1.18 %
Menudeo	-0.30 %	-0.93 %	-0.81 %	-0.91 %	-0.90 %
Transporte	-0.31 %	-0.18 %	-0.45 %	-0.48 %	-0.51 %
Otros servicios	-0.20 %	-0.68 %	-0.65 %	-0.71 %	-0.71 %
Promedio	1.68 %	1.74 %	6.81 %	3.44 %	6.55 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 22: Exportaciones promedio



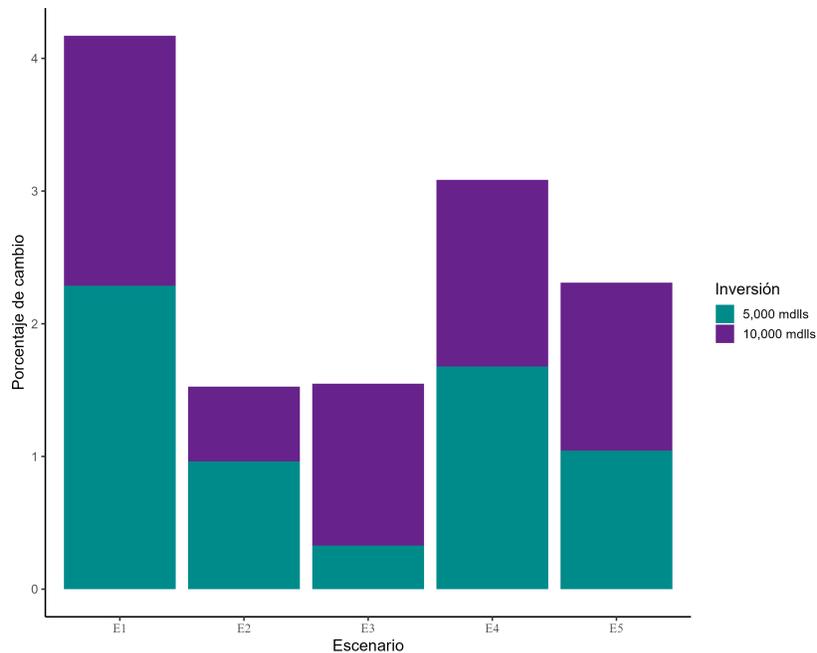
Fuente: Elaboración propia.

Esta caída de las exportaciones debemos entenderla mediante diferentes mecanismos, el primero es el del efecto desplazamiento que existe en con ciertos sectores, al disminuir su producción disminuyen sus exportaciones. El otro mecanismo va encaminado al carácter de sector impulsor que tiene el de automóviles, si recordamos el capítulo II, el sector de automóviles fue caracterizado como impulsor, esto quiere decir que es un sector que demanda muchos insumos intermedios y su producción no es muy demandada como insumo intermedio por otros sectores.

Para los otros escenarios vamos a tener resultados parecidos, casi todas las exportaciones del resto de sectores caen (en algunos pocos casos no sucede esto), pero en todos las exportaciones promedio aumentan. De solo haber mostrado el cambio promedio por escenario hubiéramos visto incrementos que esconden las caídas de muchos sectores.

Cuando se invierte en los otros sectores de la industria automotriz tenemos que las exportaciones suben más, puesto que el aumento de producción de los sectores de carrocerías y autopartes no es absorbido en su totalidad por el incremento de la demanda del sector de automóviles.

Figura 23: Importaciones promedio



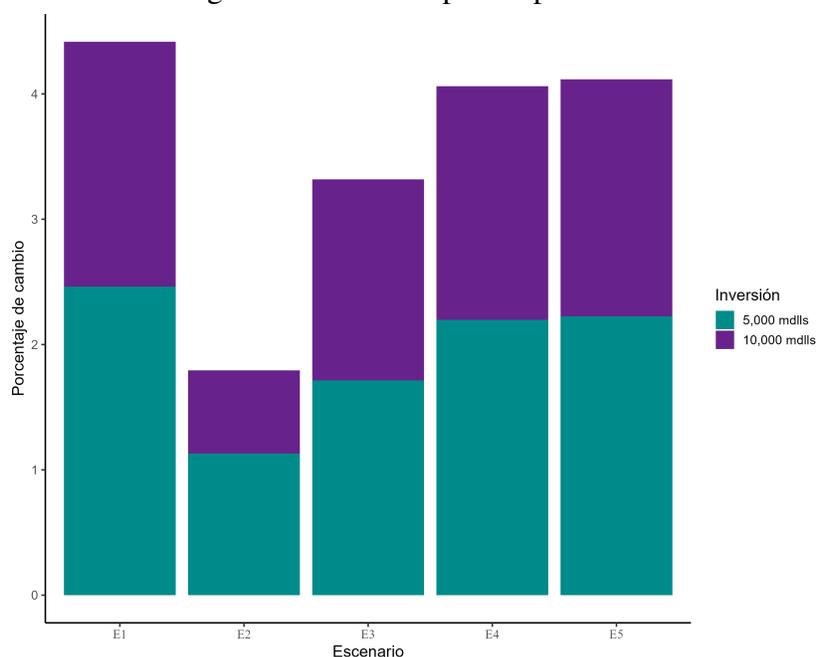
Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar también que los sectores que reciben inversión crecen tanto en sus exportaciones

que esto compensa las caídas. Además de que ilustra el sentido que tiene la industria automotriz en el país, la cual es la de abastecer la demanda internacional y no la nacional.

En la figura 23 notamos algo parecido a lo anterior, el escenario donde más crecen las importaciones promedio es cuando todo se invierte en el sector de automóviles. Esto debido al carácter de demandante que tiene el sector, como no cubre todo su nuevo aumento de demanda con el mercado local recurre al externo para cubrir esta. Esto se refuerza cuando vemos que entre mayor es la inversión en el sector de automóviles mayor es el cambio en las importaciones promedio.

Figura 24: Bien compuesto promedio

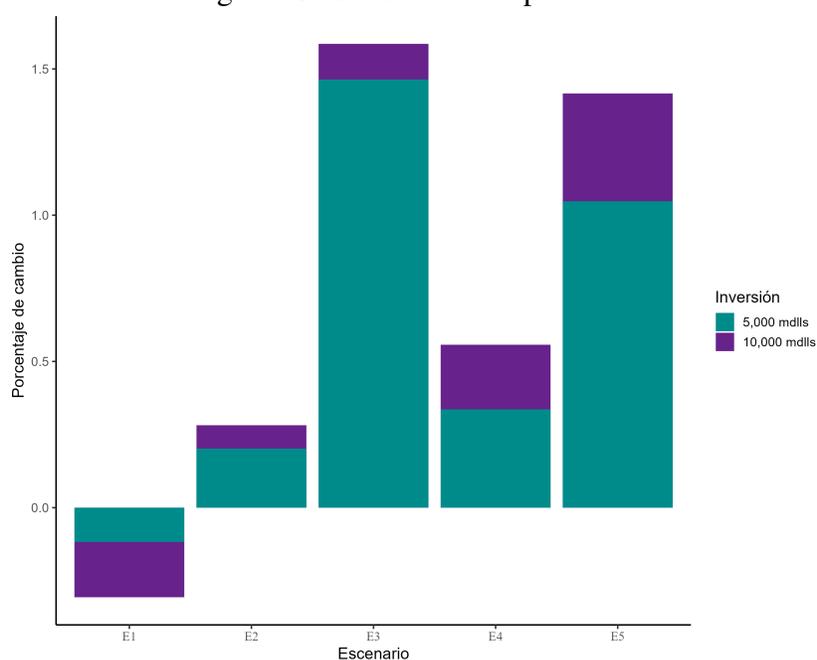


Fuente: Elaboración propia.

En el bien compuesto (figura 24) vamos a encontrar información de la que ya hemos hablado, el bien compuesto es la parte producida domésticamente de un bien más la parte importada. De tal suerte que, el escenario con mayor cambio en el bien compuesto es el E1, al aumentar la inversión en el sector de automóviles solamente crece su producción y su demanda de bienes, la cual cubre una parte con importaciones, ya que aunque disminuye el consumo final (incluidas las exportaciones) del resto de sectores este desplazamiento de bienes no satisface todo el aumento de demanda del sector.

Pasamos al consumo final promedio (figura 25), donde podemos ver que el consumo cae en el primer escenario (E1), esto quiere decir que al subir la inversión del sector de automóviles se usan más producción del resto de sectores como insumos intermedios en lugar de ser vendidos como bienes de consumo final. Esto lo vimos en la figura de las exportaciones, pero lo mismo sucede con lo destinado a consumo privado, inversión y gasto de gobierno. En ambos montos de inversión el mejor escenario para el consumo final promedio es el de repartir la inversión de manera uniforme entre los sectores, el siguiente mejor escenario es el E3.

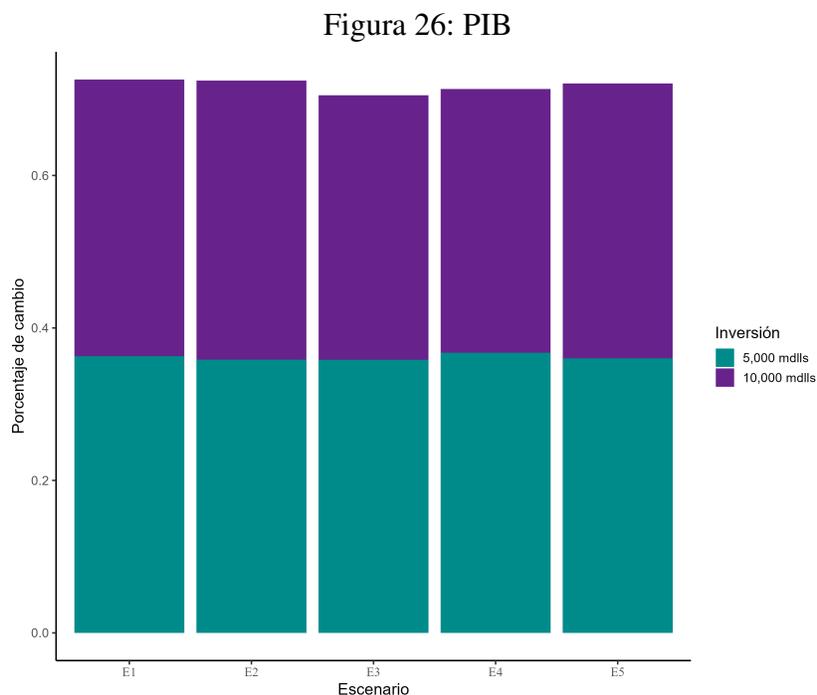
Figura 25: Consumo final promedio



Fuente: Elaboración propia.

Otra cosa que podemos resaltar es que existe muy poca diferencia entre los cambios porcentuales de ambos montos de inversión respecto al consumo final, sobretodo en el escenario 3, esto resulta interesante considerando que un monto de inversión es el doble del otro. Esto seguramente se debe a que entre más inversión a los sectores de carrocerías y autopartes la producción de estos se usa como bienes de consumo final, es decir son exportados ya que no son tan usados en otros procesos productivos (son bienes muy especializados para una industria), lo cual palea el efecto que podría tener su inversión sobre el consumo final.

Por último en este capítulo, vamos a ver lo que sucedió con el PIB en la figura 26, en esta vemos que la inversión en los 5 escenarios para los dos montos diferentes genera básicamente el mismo efecto sobre el PIB. Esto nos indica que para el agregado de la economía el modelo que especificamos no distingue mucho entre cada escenario, y cada uno de estos tiene el mismo efecto agregado sobre el PIB.



Fuente: Elaboración propia.

Sin el resto de cuadros y figuras de la simulación o el análisis del capítulo II, podríamos concluir de manera equivocada que los 5 escenarios producen los mismos efectos, esta es una de las ventajas que nos dan los modelos de equilibrio general como el que usamos nosotros (uno a partir de una SAM), captura como los shocks, en este caso a la industria automotriz, afectan no solo a la cuenta involucrada sino a todos los demás y como este efecto afecta a la cuenta que recibió el shock original, nos presenta un buen primer acercamiento a conocer las relaciones de interdependencia que tiene la economía y los sectores que la integran. De igual manera no podemos dejar de mencionar que nuestros resultados son dependientes de los parámetros y formas funcionales concretas que utilizamos, sin embargo, calcularlos escapa de los alcances del trabajo.

## Conclusiones

A manera de recapitulación, la industria automotriz en México comprende gran parte de las exportaciones totales y las de manufactures, al igual que con la IED, representa un gran porcentaje del PIB manufacturero y una parte considerable del total. A nivel internacional la industria es la 7ma mayor productora de vehículos y la 5ta mayor exportadora. Es decir, esta industria no solo es interior dentro de nuestro país, lo es también en el contexto de proveedores de autos en el mundo, la industria tiene una naturaleza hacia las exportaciones.

A lo anterior le añadimos que la relación de la industria automotriz con el resto de sectores está fragmentada, por un lado es una gran demandante de insumos intermedios para sus procesos productivos y por otro lado tenemos que gran parte de su producción se destina a las exportaciones y al resto de cuentas de consumo final. Es decir demanda muchos bienes de la economía, pero los bienes que produce no son muy demandados por otros sectores nacionales. Ante un incremento de la demanda final de un sector la industria automotriz no necesita aumentar mucho su producción para cubrir este incremento, pero ante un incremento en la demanda final de la industria automotriz el resto de sectores sí tienen que aumentar más su producción.

Además de ser una gran demandante de insumos intermedios nacionales también lo es de insumos intermedios importados, tiene una relación en ambos lados con el resto del mundo, demanda muchos bienes importados y exporta mucho. Esto vuelve a la industria susceptible a shocks de oferta y demanda externos, como lo que ocurrió en la pandemia y ejemplifica Garcia-Remigio y cols. (2020).

Es una industria que genera mucho valor agregado cuando se modifica su demanda final, pero no empleo, en otras palabras, es intensiva en capital pero no en mano de obra. No es una industria que nos sirva para política económica si esta tiene fines de disminuir el desempleo, pero no por esto deja de ser una industria importante, con una modificación a la SAM podemos tener otro modelo donde modificamos la cantidad de empleo para ver los efectos de equilibrio general que tienen los shock en la industria para el empleo.

Como ejemplo de una aplicación del modelo de equilibrio general que definimos con la SAM en el capítulo III simulamos la futura inversión de Tesla en México. Bajo el supuesto de que la

oferta laboral es limitada tenemos un desplazamiento de actividad entre las cuentas, los sectores como agricultura pierden valor agregado y disminuyen su producción pero la industria automotriz los incrementa.

Vemos también como un incremento de la inversión de la industria automotriz implica un aumento de la cantidad de bienes importados y disminuye las exportaciones del resto de bienes, esto sucede para cubrir el aumento de demanda de insumos que tiene esta industria. Demostrando que ante un shock en la inversión se dejan de exportar ciertos bienes para cubrir las necesidades de la industria automotriz, en el caso de solo invertir en la rama de automóviles, este desplazamiento de las exportaciones no es suficiente y se requiere usar de insumos intermedios.

Ante los distintos escenarios vimos que hay ciertos thresholds donde al aumentar el monto invertido cambian los mejores escenarios, no crecen de manera proporcional al aumento del monto invertido. Esto es importante porque si usamos estos resultados para tomar una decisión de inversión, el escenario elegido puede cambiar ante diferentes montos a invertir.

Una limitación importante es que podemos tener supuestos muy rígidos como el de precios  $p_{ij} = p_j$ , que no son necesariamente consistentes con el mundo real, sin embargo, de no tener estos supuestos puede llegar a ser muy difícil de resolver un modelo o en algunos casos imposible. Por esto la mejor opción es hacer los supuestos más consistentes con el tipo de análisis que se quiere realizar.

Estas limitaciones no se quedan solo con el modelo de la SAM, también están presentes en la MIP, para calcular la matriz inversa de Leontief  $B$  requerimos de adoptar un enfoque de oferta, que como mencionamos, no es necesariamente compatible con el de demanda, adicional debemos suponer la misma tecnología dentro de cada sector. Incluso la desagregación que hicimos requiere supuestos para que sea consistente, uno es que para agrupar dos sectores y que uno absorba si las actividades de estos sectores mantienen una proporción constante.

Estas limitaciones son procesos naturales que se resultan de tratar de modelar la economía, también son resultado de limitar los escenarios donde los modelos no tienen soluciones. Sin embargo, debemos tomarlos como lo que son, una representación simplificada de la realidad que nos ayuda a no navegar a ciegas dentro de distintos escenarios. Lo importante está en buscar tener los supues-

tos más razonables que se puedan tener, es decir, que tengan un sentido económico justificable, con esto podemos hacer muchos tipos de experimentos que nos otorgan resultados preliminares y tomar decisiones con mayor grado de consciencia.

Como siguientes pasos, ahora que tenemos una SAM base con enfoque en la industria automotriz, vamos a buscar seleccionar mejores formas funcionales concretas para simular la entrada de Tesla al país y el impacto de la interrupción de las cadenas de importaciones por la pandemia de COVID-19, adicional vamos a buscar estimar los parámetros de elasticidades con series de tiempo reales. Otra posibilidad de investigación importante es la de regionalizar la SAM y ver los efectos regionales de una inversión de la industria automotriz o una interrupción de importaciones. También estamos esperando que salga la MIP para 2023 y poder actualizar nuestro modelo a uno con información más reciente sin requerir métodos de actualización.

Con el análisis de redes del anexo I, vemos que cuando la industria automotriz (que esta compuesta de ramas) es comparada contra el resto de sectores de la economía esta tiene cadenas de valor bastante grandes y a niveles similares, comparables con las de otros sectores que tienen un mayor grado de agregación, lo cual quiere decir que a pesar de estar más que nada unida a la economía mexicana por medio de sus compras de insumos los efectos de arrastre que genera son muy importantes.

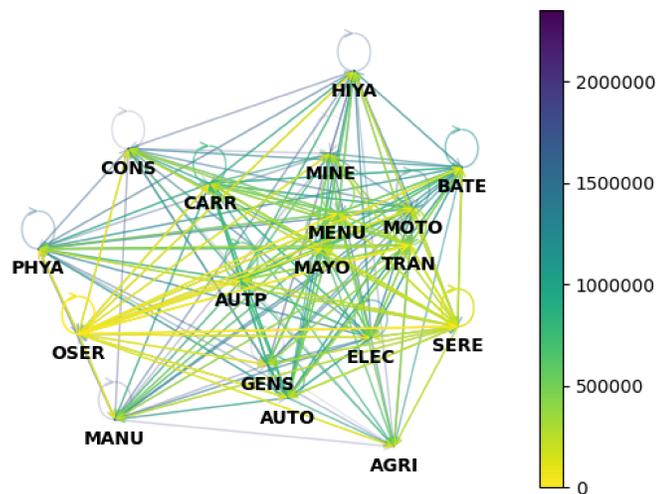
Por último, sería muy interesante seguir la línea de economía de redes para analizar las relaciones intersectoriales, en este trabajo solo revisamos una medida de centralidad, faltaría ver más temas como comunidades u otras medidas de centralidad con un enfoque de SPA, al igual que ver los cambios en los resultados cuando utilizamos la matriz de Leontief en lugar de la de coeficientes técnicos o la de importaciones. También nos sería posible estudiar como se afectan las cadenas de valor cuando se modifican las transacciones de la industria automotriz y las demás permanecen constantes, así como ver los efectos de contagio ante la caída de un sector si aumentamos o disminuimos la integración y la diversidad.

## Anexo I

Al momento de analizar una MIP con economía de redes vamos a encontrar ciertos problemas. Dependiendo de la desagregación que utilicemos, las medidas que calculemos estarán sesgadas. En particular este problema se presenta entre más agrupada este la matriz, cuando esto sucede existen muchos más caminos entre dos nodos, lo cual hace que las medidas tiendan a los valores extremos de 0 o 1.

En la siguiente figura se muestra la red dirigida para la desagregación de la MIP que usamos en este trabajo:

Figura 27: Red de los sectores en México



Fuente: Elaboración propia.

Lo primero que notamos en la figura 27 es que existe una conexión entre cada nodo de la red, es decir, cada sector de la economía comercia al menos un poco con los demás y consigo mismo. Un factor que nos ayuda a ver un poco de diferencias es el color de la línea, el cual identifica el valor de la relación que existe entre nodos.

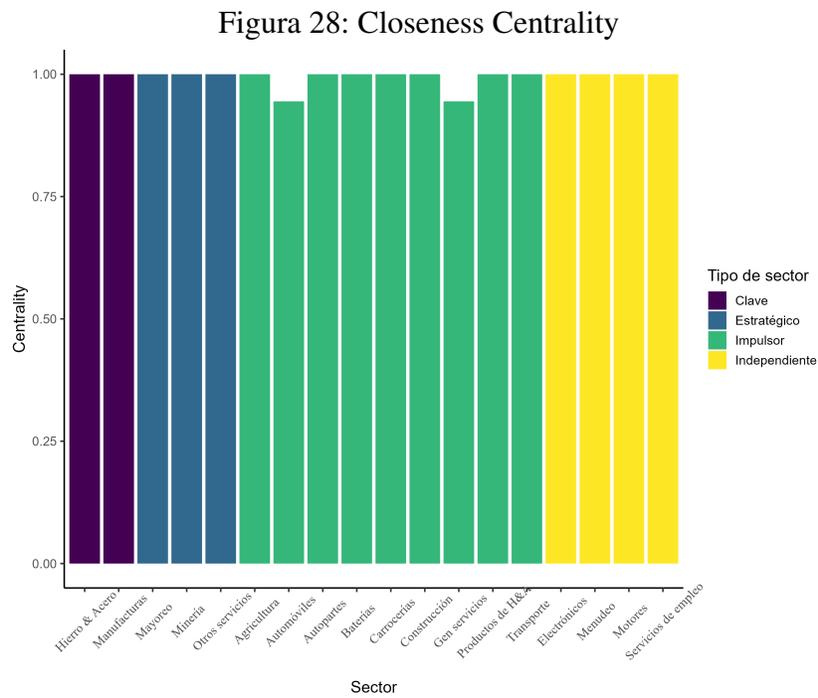
Como es una red dirigida hay dos tipos de enlaces para cada nodo, los que salen del nodo y los

que terminan en el, en términos económicos las líneas que van de  $i$  a  $j$  son las compras que  $i$  hace de  $j$ , mientras que las líneas que salen de  $i$  a  $j$  son las compras que  $j$  hace de  $i$ .

Como ya mencionamos, al tener una red tan conectada vamos a ver medidas de centralidad sesgadas ante un análisis de redes convencional. Para ejemplificar esto vamos a usar el concepto de Closeness Centrality (Freeman, 1978):

$$C(u) = \frac{n - 1}{\sum_{v=1}^{n-1} d(v, u)} \quad (34)$$

$C(u)$  es la Closeness Centrality estandarizada (entre 0 y 1) para el nodo  $u$ ,  $d(v, u)$  representa el camino más corto entre los nodos  $v$  y  $u$ , nos dice que tan cerca está el nodo  $u$  de los demás nodos. En la siguiente figura vemos los resultados de la  $C(u)$  para todos los sectores de nuestra MIP:



Fuente: Elaboración propia.

Como mencionábamos la Closeness Centrality para casi todos los sectores se fue al valor extremo de 1, esto quiere decir que existe un camino directo (transacción) entre casi todos los sectores de la economía, haciendo que la distancia mínima sea de 1 entre casi cada par de sectores. Esto

representa el problema porque vuelve un poco trivial los resultados de un análisis de redes convencional,

Con la Betweenness Centrality (Brandes, 2008) pasa algo similar, al tener que casi todos los nodos están conectados, esto causa que el sector  $u$  nunca sea un punto intermedio entre dos nodos distintos, por lo tanto tienen una  $BC(u)$  de 0.

Para esto encontramos una posible solución, vamos a usar el Structural Path Analysis en la MIP, primero vamos a encontrar Strongest Path para cada par de sectores de la economía propuesto por Xu y cols. (2011) y el cual define como:

$$s_{ij} = \prod a_{ik_1} a_{k_1 k_2} \cdots a_{k_m j} \quad (35)$$

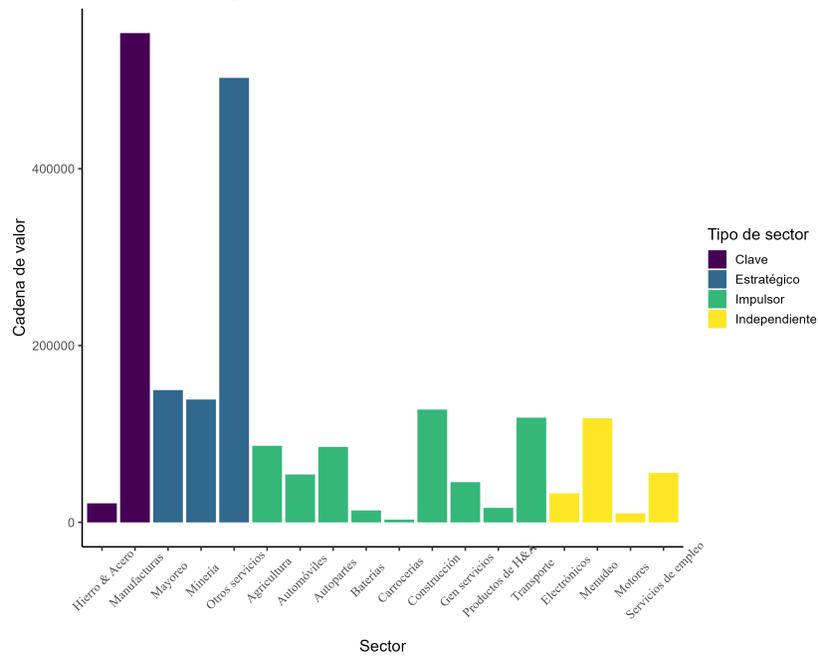
Donde el SP de  $i$  a  $j$  se define como:  $P_{ij} = \{k_1, \dots, k_m\}$  y  $i \neq k_1 \neq \dots \neq k_m \neq j$ , calculado con la matriz de coeficientes técnicos  $A$ , nos dice el camino más importante de todos los posibles caminos que ofertan de un sector a otro. Se obtuvo con una versión modificada del algoritmo de Dijkstra.

Con la matriz  $S$  de SP podemos definir dos tipos de medidas de centralidad, Downstream Closeness y Upstream Closeness (Xu y Liang, 2019), la primera se define como:

$$C_i^D = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n X_j s_{ij} \quad (36)$$

Esta nos mide el valor promedio de todos los SP que comienzan en el sector  $i$ , nos dice la importancia de  $i$  como oferente para los otros sectores. Lo primero que podemos notar en la figura 29 es que los sectores de manufacturas y otros servicios de empleo son muy importantes como oferentes en la economía, con cadenas de valor promedio bastante altas. Vemos también que la industria automotriz no es tan relevante en esta medida, esto se puede deber a que su producción está muy concentrada en satisfacer la demanda extranjera como ya hemos mencionado con anterioridad. De igual manera es importante notar que la desagregación que tenemos sesga un poco las medidas, la industria automotriz está conformada por ramas y está siendo comparada contra sectores, pero incluso con ese problema ahora somos capaces de usar el análisis de redes para estudiar la economía a través de una MIP, nos permite ver diferencias entre sectores.

Figura 29: Downstream Closeness



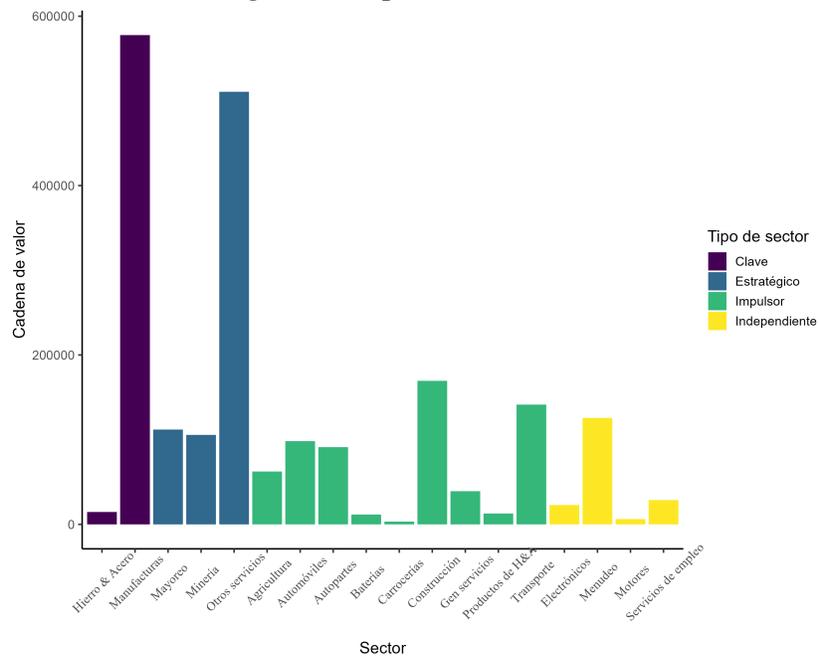
Fuente: Elaboración propia.

Ahora vamos a pasar a ver la medida para Upstream Closeness, la cual se define como:

$$C_j^U = \frac{1}{n-1} X_j \sum_{i=1}^n s_{ij} \quad (37)$$

Esta medida de centralidad nos indica el valor promedio de los SP que terminan en  $j$ , muestra la importancia que tiene el sector  $j$  como demandante para el resto de la economía. De nueva cuenta vemos que los sectores de la industria automotriz parecen tener cadenas de valor bastante bajas a comparación del resto de sectores. Sin embargo este es un resultado engañoso, la industria automotriz en nuestra desagregación está conformada por ramas (a pesar que les hemos llamado sectores por simplicidad a lo largo del trabajo), mientras que el resto por sectores, lo cual causa una disparidad en el valor.

Figura 30: Upstream Closeness



Fuente: Elaboración propia.

No nos es muy relevante este problema de agregación en nuestro análisis, nuestro principal objetivo de esta sección es simplemente mostrar una alternativa que permite usar el estudio de redes aplicado a relaciones intersectoriales como la MIP. Algo interesante para seguir trabajando sería estudiar como disminuyendo el valor de un sector o eliminándolo afecta a las cadenas de valor del resto de sectores, esto nos daría una idea de la importancia del sector en la red, así como utilizar estas medidas con diferentes combinaciones de desagregación.

## Anexo II

Cuadro 17: Cambio en producción total (inversión de 5,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.14 %	0.03 %	-0.06 %	-0.09 %	-0.10 %
Minería	-0.15 %	-0.17 %	-0.18 %	-0.21 %	-0.21 %
Gen servicios	0.02 %	0.56 %	0.27 %	0.27 %	0.25 %
Construcción	-0.36 %	-0.10 %	-0.16 %	-0.26 %	-0.25 %
Manufacturas	0.06 %	0.36 %	0.16 %	0.19 %	0.17 %
Hierro y acero	1.30 %	1.72 %	1.80 %	1.71 %	1.89 %
Productos de H&A	1.15 %	2.95 %	2.17 %	2.16 %	2.22 %
Motores	0.28 %	0.09 %	0.07 %	0.19 %	0.15 %
Electrónicos	0.04 %	0.98 %	0.40 %	0.46 %	0.39 %
Baterías	-0.05 %	0.21 %	0.01 %	0.03 %	0.00 %
Automóviles	21.51 %	0.39 %	7.84 %	14.24 %	13.48 %
Carrocerías	4.90 %	0.39 %	46.17 %	11.36 %	33.64 %
Autopartes	2.31 %	14.82 %	6.67 %	8.08 %	6.95 %
Mayoreo	1.46 %	0.43 %	0.72 %	1.13 %	1.08 %
Menudeo	-0.21 %	-0.09 %	-0.11 %	-0.17 %	-0.16 %
Transporte	-0.02 %	0.13 %	0.05 %	0.05 %	0.04 %
Servicios de empleo	0.31 %	0.96 %	0.57 %	0.64 %	0.60 %
Otros servicios	-0.22 %	0.00 %	-0.07 %	-0.14 %	-0.13 %
Promedio	1.79 %	1.31 %	3.68 %	2.20 %	3.33 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 18: Cambio en producción total (inversión de 10,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.22 %	0.06 %	-0.13 %	-0.15 %	-0.16 %
Minería	-0.21 %	-0.24 %	-0.31 %	-0.36 %	-0.36 %
Gen servicios	0.04 %	0.89 %	0.42 %	0.49 %	0.46 %
Construcción	-0.68 %	-0.17 %	-0.37 %	-0.51 %	-0.49 %
Manufacturas	0.13 %	0.58 %	0.28 %	0.36 %	0.33 %
Hierro y acero	2.42 %	2.78 %	2.97 %	3.19 %	3.42 %
Productos de H&A	2.10 %	4.74 %	3.56 %	3.98 %	4.04 %
Motores	0.59 %	0.16 %	0.24 %	0.39 %	0.35 %
Electrónicos	0.10 %	1.56 %	0.67 %	0.84 %	0.74 %
Baterías	-0.03 %	0.35 %	0.03 %	0.08 %	0.04 %
Automóviles	39.05 %	0.58 %	19.20 %	26.72 %	26.04 %
Carrocerías	8.85 %	0.61 %	53.39 %	21.21 %	49.96 %
Autopartes	4.20 %	23.76 %	11.54 %	14.76 %	13.18 %
Mayoreo	2.69 %	0.71 %	1.60 %	2.14 %	2.08 %
Menudeo	-0.40 %	-0.15 %	-0.24 %	-0.32 %	-0.31 %
Transporte	-0.06 %	0.19 %	0.07 %	0.08 %	0.07 %
Servicios de empleo	0.56 %	1.55 %	0.98 %	1.18 %	1.13 %
Otros servicios	-0.42 %	-0.01 %	-0.18 %	-0.27 %	-0.26 %
Promedio	3.26 %	2.11 %	5.21 %	4.10 %	5.57 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19: Cambio en producción doméstica (inversión de 5,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.12 %	0.14 %	0.01 %	-0.02 %	-0.03 %
Minería	-0.02 %	0.25 %	0.10 %	0.10 %	0.09 %
Gen servicios	0.03 %	0.57 %	0.27 %	0.28 %	0.26 %
Construcción	-0.36 %	-0.10 %	-0.16 %	-0.26 %	-0.25 %
Manufacturas	0.16 %	0.64 %	0.35 %	0.40 %	0.36 %
Hierro y acero	1.85 %	2.51 %	2.58 %	2.48 %	2.72 %
Productos de H&A	1.25 %	3.21 %	2.36 %	2.35 %	2.41 %
Motores	5.28 %	1.69 %	2.54 %	4.18 %	3.88 %
Electrónicos	0.12 %	1.36 %	0.59 %	0.69 %	0.59 %
Baterías	1.11 %	3.68 %	1.87 %	2.35 %	2.07 %
Automóviles	12.64 %	0.29 %	4.82 %	8.56 %	8.13 %
Carrocerías	15.90 %	0.71 %	19.50 %	13.64 %	20.20 %
Autopartes	6.53 %	8.85 %	6.04 %	8.39 %	7.56 %
Mayoreo	2.09 %	0.87 %	1.20 %	1.77 %	1.69 %
Menudeo	-0.21 %	-0.07 %	-0.09 %	-0.16 %	-0.14 %
Transporte	-0.01 %	0.15 %	0.08 %	0.08 %	0.07 %
Servicios de empleo	0.31 %	0.96 %	0.57 %	0.64 %	0.60 %
Otros servicios	-0.22 %	0.00 %	-0.07 %	-0.14 %	-0.13 %
Promedio	2.57 %	1.43 %	2.36 %	2.52 %	2.78 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20: Cambio en producción doméstica (inversión de 10,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.20 %	0.23 %	-0.02 %	-0.03 %	-0.05 %
Minería	-0.03 %	0.41 %	0.16 %	0.18 %	0.16 %
Gen servicios	0.04 %	0.91 %	0.43 %	0.51 %	0.47 %
Construcción	-0.68 %	-0.17 %	-0.37 %	-0.51 %	-0.49 %
Manufacturas	0.28 %	1.01 %	0.59 %	0.72 %	0.68 %
Hierro y acero	3.39 %	4.04 %	4.26 %	4.60 %	4.90 %
Productos de H&A	2.28 %	5.14 %	3.87 %	4.33 %	4.39 %
Motores	9.61 %	2.70 %	5.71 %	7.82 %	7.49 %
Electrónicos	0.21 %	2.17 %	0.99 %	1.25 %	1.11 %
Baterías	2.05 %	5.91 %	3.36 %	4.32 %	3.94 %
Automóviles	22.05 %	0.40 %	11.44 %	15.61 %	15.25 %
Carrocerías	28.54 %	1.11 %	30.15 %	25.65 %	34.33 %
Autopartes	11.77 %	13.95 %	11.79 %	15.54 %	14.47 %
Mayoreo	3.80 %	1.39 %	2.52 %	3.31 %	3.23 %
Menudeo	-0.41 %	-0.12 %	-0.22 %	-0.30 %	-0.29 %
Transporte	-0.04 %	0.22 %	0.12 %	0.13 %	0.12 %
Servicios de empleo	0.56 %	1.55 %	0.98 %	1.18 %	1.13 %
Otros servicios	-0.42 %	-0.01 %	-0.18 %	-0.26 %	-0.25 %
Promedio	4.60 %	2.27 %	4.20 %	4.67 %	5.03 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21: Cambio en importaciones (inversión de 5,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.03 %	0.36 %	0.17 %	0.16 %	0.15 %
Minería	0.09 %	0.53 %	0.31 %	0.32 %	0.31 %
Gen servicios	0.12 %	0.74 %	0.42 %	0.44 %	0.42 %
Construcción	-0.28 %	0.05 %	-0.04 %	-0.12 %	-0.11 %
Manufacturas	0.23 %	0.76 %	0.46 %	0.52 %	0.49 %
Hierro y acero	1.95 %	2.71 %	2.74 %	2.66 %	2.89 %
Productos de H&A	1.33 %	3.36 %	2.49 %	2.49 %	2.56 %
Motores	5.36 %	1.72 %	2.61 %	4.27 %	3.98 %
Electrónicos	0.16 %	1.22 %	0.57 %	0.66 %	0.58 %
Baterías	1.18 %	3.71 %	1.94 %	2.42 %	2.15 %
Automóviles	-0.12 %	0.06 %	0.05 %	-0.01 %	0.01 %
Carrocerías	21.03 %	0.71 %	-10.48 %	9.04 %	-1.79 %
Autopartes	7.83 %	-1.25 %	2.33 %	4.42 %	4.34 %
Mayoreo	2.21 %	1.16 %	1.41 %	2.01 %	1.93 %
Menudeo	-0.12 %	0.15 %	0.07 %	0.03 %	0.04 %
Transporte	0.08 %	0.20 %	0.17 %	0.18 %	0.18 %
Servicios de empleo	0.30 %	0.99 %	0.62 %	0.69 %	0.65 %
Otros servicios	-0.15 %	0.16 %	0.07 %	0.01 %	0.02 %
Promedio	2.29 %	0.96 %	0.33 %	1.68 %	1.04 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22: Cambio en importaciones (inversión de 10,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.09 %	0.55 %	0.25 %	0.28 %	0.26 %
Minería	0.13 %	0.83 %	0.50 %	0.57 %	0.55 %
Gen servicios	0.16 %	1.16 %	0.67 %	0.78 %	0.74 %
Construcción	-0.59 %	0.04 %	-0.16 %	-0.28 %	-0.26 %
Manufacturas	0.38 %	1.19 %	0.78 %	0.93 %	0.89 %
Hierro y acero	3.52 %	4.34 %	4.54 %	4.91 %	5.21 %
Productos de H&A	2.40 %	5.37 %	4.09 %	4.58 %	4.64 %
Motores	9.74 %	2.74 %	5.85 %	7.97 %	7.65 %
Electrónicos	0.26 %	1.94 %	0.96 %	1.19 %	1.08 %
Baterías	2.14 %	5.94 %	3.47 %	4.44 %	4.07 %
Automóviles	-0.31 %	0.06 %	0.01 %	-0.07 %	-0.04 %
Carrocerías	39.23 %	1.10 %	-3.33 %	16.73 %	3.41 %
Autopartes	14.24 %	-1.83 %	5.99 %	8.27 %	8.29 %
Mayoreo	3.97 %	1.83 %	2.88 %	3.73 %	3.64 %
Menudeo	-0.31 %	0.19 %	0.05 %	0.00 %	0.01 %
Transporte	0.07 %	0.28 %	0.27 %	0.29 %	0.29 %
Servicios de empleo	0.48 %	1.55 %	1.03 %	1.22 %	1.17 %
Otros servicios	-0.36 %	0.22 %	0.03 %	-0.03 %	-0.02 %
Promedio	4.17 %	1.53 %	1.55 %	3.08 %	2.31 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23: Cambio en producción de bien compuesto (inversión de 5,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.10 %	0.17 %	0.03 %	0.01 %	0.00 %
Minería	-0.02 %	0.26 %	0.11 %	0.10 %	0.09 %
Gen servicios	0.03 %	0.57 %	0.27 %	0.28 %	0.26 %
Construcción	-0.36 %	-0.10 %	-0.16 %	-0.26 %	-0.25 %
Manufacturas	0.19 %	0.69 %	0.39 %	0.45 %	0.42 %
Hierro y acero	1.89 %	2.60 %	2.65 %	2.56 %	2.79 %
Productos de H&A	1.27 %	3.25 %	2.40 %	2.39 %	2.45 %
Motores	5.36 %	1.72 %	2.61 %	4.27 %	3.97 %
Electrónicos	0.15 %	1.26 %	0.57 %	0.67 %	0.58 %
Baterías	1.17 %	3.70 %	1.93 %	2.42 %	2.14 %
Automóviles	8.38 %	0.22 %	3.27 %	5.74 %	5.46 %
Carrocerías	17.18 %	0.71 %	11.03 %	12.45 %	14.18 %
Autopartes	7.21 %	3.37 %	4.05 %	6.27 %	5.84 %
Mayoreo	2.09 %	0.87 %	1.20 %	1.77 %	1.70 %
Menudeo	-0.21 %	-0.07 %	-0.09 %	-0.16 %	-0.14 %
Transporte	0.00 %	0.15 %	0.08 %	0.08 %	0.08 %
Servicios de empleo	0.31 %	0.96 %	0.57 %	0.64 %	0.60 %
Otros servicios	-0.22 %	0.00 %	-0.07 %	-0.13 %	-0.12 %
Promedio	2.46 %	1.13 %	1.71 %	2.20 %	2.23 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24: Cambio en producción de bien compuesto (inversión de 10,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.18 %	0.28 %	0.02 %	0.02 %	0.00 %
Minería	-0.03 %	0.43 %	0.17 %	0.19 %	0.18 %
Gen servicios	0.04 %	0.91 %	0.43 %	0.51 %	0.47 %
Construcción	-0.68 %	-0.17 %	-0.37 %	-0.51 %	-0.49 %
Manufacturas	0.32 %	1.09 %	0.67 %	0.81 %	0.77 %
Hierro y acero	3.45 %	4.17 %	4.38 %	4.73 %	5.03 %
Productos de H&A	2.32 %	5.21 %	3.93 %	4.40 %	4.46 %
Motores	9.73 %	2.74 %	5.84 %	7.97 %	7.64 %
Electrónicos	0.24 %	2.00 %	0.97 %	1.21 %	1.09 %
Baterías	2.13 %	5.94 %	3.47 %	4.44 %	4.06 %
Automóviles	14.40 %	0.29 %	7.65 %	10.34 %	10.12 %
Carrocerías	31.18 %	1.11 %	20.67 %	23.32 %	25.68 %
Autopartes	13.07 %	5.29 %	8.68 %	11.63 %	11.15 %
Mayoreo	3.80 %	1.40 %	2.52 %	3.31 %	3.23 %
Menudeo	-0.41 %	-0.12 %	-0.22 %	-0.30 %	-0.29 %
Transporte	-0.04 %	0.22 %	0.12 %	0.13 %	0.13 %
Servicios de empleo	0.56 %	1.55 %	0.98 %	1.18 %	1.13 %
Otros servicios	-0.42 %	-0.01 %	-0.18 %	-0.26 %	-0.25 %
Promedio	4.42 %	1.79 %	3.32 %	4.06 %	4.12 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25: Cambio en consumo final (inversión de 5,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.42 %	-0.15 %	-0.20 %	-0.32 %	-0.30 %
Minería	-0.41 %	-0.24 %	-0.25 %	-0.36 %	-0.34 %
Gen servicios	-0.46 %	-0.14 %	-0.21 %	-0.34 %	-0.32 %
Construcción	-0.37 %	-0.11 %	-0.18 %	-0.28 %	-0.27 %
Manufacturas	-0.41 %	-0.04 %	-0.13 %	-0.25 %	-0.23 %
Hierro y acero	-0.36 %	-0.08 %	-0.14 %	-0.24 %	-0.23 %
Productos de H&A	-0.38 %	-0.08 %	-0.15 %	-0.26 %	-0.24 %
Motores	-0.30 %	0.03 %	-0.05 %	-0.15 %	-0.13 %
Electrónicos	-0.36 %	0.07 %	-0.06 %	-0.17 %	-0.15 %
Baterías	-0.37 %	0.03 %	-0.07 %	-0.19 %	-0.17 %
Automóviles	8.16 %	0.18 %	3.16 %	5.58 %	5.30 %
Carrocerías	-3.48 %	0.03 %	23.97 %	2.97 %	16.10 %
Autopartes	-0.92 %	4.72 %	1.62 %	1.59 %	1.28 %
Mayoreo	-0.41 %	-0.25 %	-0.26 %	-0.38 %	-0.35 %
Menudeo	-0.45 %	-0.19 %	-0.24 %	-0.37 %	-0.34 %
Transporte	-0.44 %	-0.02 %	-0.15 %	-0.28 %	-0.26 %
Servicios de empleo	-0.36 %	0.00 %	-0.12 %	-0.22 %	-0.21 %
Otros servicios	-0.35 %	-0.13 %	-0.17 %	-0.27 %	-0.26 %
Promedio	-0.12 %	0.20 %	1.46 %	0.34 %	1.05 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26: Cambio en consumo final (inversión de 10,000 mdlls)

Sector	E1	E2	E3	E4	E5
Agricultura	-0.80 %	-0.27 %	-0.46 %	-0.62 %	-0.60 %
Minería	-0.77 %	-0.39 %	-0.52 %	-0.69 %	-0.67 %
Gen servicios	-0.88 %	-0.24 %	-0.48 %	-0.66 %	-0.64 %
Construcción	-0.70 %	-0.20 %	-0.40 %	-0.54 %	-0.52 %
Manufacturas	-0.80 %	-0.10 %	-0.35 %	-0.51 %	-0.49 %
Hierro y acero	-0.70 %	-0.16 %	-0.34 %	-0.49 %	-0.47 %
Productos de H&A	-0.74 %	-0.15 %	-0.36 %	-0.51 %	-0.49 %
Motores	-0.63 %	0.00 %	-0.20 %	-0.32 %	-0.31 %
Electrónicos	-0.74 %	0.06 %	-0.23 %	-0.36 %	-0.35 %
Baterías	-0.76 %	0.00 %	-0.26 %	-0.40 %	-0.38 %
Automóviles	13.96 %	0.24 %	7.40 %	10.02 %	9.79 %
Carrocerías	-6.39 %	0.01 %	24.58 %	5.30 %	21.16 %
Autopartes	-1.74 %	7.26 %	2.29 %	2.71 %	2.27 %
Mayoreo	-0.78 %	-0.42 %	-0.54 %	-0.71 %	-0.69 %
Menudeo	-0.85 %	-0.31 %	-0.52 %	-0.70 %	-0.67 %
Transporte	-0.85 %	-0.05 %	-0.39 %	-0.54 %	-0.53 %
Servicios de empleo	-0.68 %	0.00 %	-0.30 %	-0.43 %	-0.41 %
Otros servicios	-0.67 %	-0.21 %	-0.39 %	-0.53 %	-0.51 %
Promedio	-0.31 %	0.28 %	1.59 %	0.56 %	1.42 %

Fuente: Elaboración propia.

## Referencias

- AMIA. (2023). *Estadísticas*. Descargado de <https://amia.com.mx/>
- Barabási, A.-L. (2013). Network science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371(1987), 20120375. doi: 10.1098/rsta.2012.0375
- Brandes, U. (2008). On variants of shortest-path betweenness centrality and their generic computation. *Social Networks*, 30(2), 136-145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2007.11.001>
- Casares, E. R., García-Salazar, M. G., y Sobarzo, H. (2017). Las matrices de contabilidad social como base de datos y soporte de modelos multisectoriales. *EconoQuantum*.
- Chenery, H. B., Robinson, S., Syrquin, M., y Feder, S. (1986). *Industrialization and growth*. Oxford University Press New York.
- Defourny, J., y Thorbecke, E. (1984). Structural path analysis and multiplier decomposition within a social accounting matrix framework. *The Economic Journal*, 94(373), 111–136.
- Drud, A. (1989). Hercules a modeling system with knowledge about economics. *Computer Science in Economics and Management*, 2(1), 83–99. doi: 10.1007/bf00454706
- Drud, A., Grais, W., y Pyatt, G. (1983). The transaction value approach : a systematic method of defining economywide models based on social accounting matrices. *World Bank*.
- Drud, A., Grais, W., y Pyatt, G. (1986). Macroeconomic modeling based on social-accounting principles. *Journal of Policy Modeling*, 8(1), 111-145. doi: [https://doi.org/10.1016/0161-8938\(86\)90007-4](https://doi.org/10.1016/0161-8938(86)90007-4)
- Dávila-Flores, A., y Valdés-Ibarra, M. (2021, 1). Mexico. economic costs of the closing of “non-essential” activities due to the covid-19 pandemic. multisectoral and regional analysis using sam models. *Economía teoría y práctica*, 15-44. doi: 10.24275/ETYP/AM/NE/E052020/Davila
- Elliott, M., Golub, B., y Jackson, M. O. (2014). Financial networks and contagion. *American Economic Review*, 104(10), 3115–3153. doi: 10.1257/aer.104.10.3115
- Forbes. (2023, Mar). *La mitad de la inversión de tesla en méxico favorecerá a empresas del país*. Descargado de <https://www.forbes.com.mx/la-mitad-de-la-inversion-de-tesla-en-mexico-repercutiria-en-empresas-del-pais/>

- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- García-Remigio, C. M., Cardenete, M. A., Campoy-Muñoz, P., y Venegas-Martínez, F. (2020, 6). Assessment of the impact of the automotive industry in the Mexican economy: An approach through social accounting matrices. *Trimestre Económico*, 87, 437-461. doi: 10.20430/ETE.V87I346.852
- González, L. (2022, Jan). Producción automotriz mexicana ligó cuatro años a la baja en el 2021. *El economista*.
- Hernández-Solano, A., López-López, J., Yúnez-Naude, A., y Govea-Vargas, Y. (2021, 7). *Mexico. socioeconomic effects of covid-19 and policy options: a multisectoral approach*.
- Kenett, D. Y., y Havlin, S. (2015). Network science: A useful tool in economics and finance. *Mind amp; Society*, 14(2), 155–167. doi: 10.1007/s11299-015-0167-y
- Klijs, J., Peerlings, J., Steijaert, T., y Heijman, W. (2016). Regionalising input-output tables: comparison of four location quotient methods. *Impact assessment in tourism economics*, 43–65.
- Leontief, W. (1986). *Input-output economics*. Oxford University Press.
- Pyatt, G. (1988). A sam approach to modeling. *Journal of Policy Modeling*, 10, 327-352.
- Pyatt, G., y Round, J. I. (1979). Accounting and fixed price multipliers in a social accounting matrix framework. *The Economic Journal*, 89(356), 850–873.
- Rasmussen, P. N., Díaz, I. G., y cols. (1963). Relaciones intersectorales. *Biblioteca de ciencias sociales. Sección primera, economía*.
- Schuschny, A. R. (2005). *Temas sobre el modelo de insumo-producto : teoría y aplicaciones* (Vol. 37). Naciones Unidas, CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas.
- Sobarzo, H. (2011). Modelo de insumo-producto en formato de matriz de contabilidad social estimación de multiplicadores e impactos para México, 2003. *economía mexicana nueva época*, XX, 237-280.
- Sonis, M., y Hewings, G. J. (1998). Economic complexity as network complication: Multiregional input-output structural path analysis. *The Annals of Regional Science*, 32(3), 407–436. doi: 10.1007/s001680050081
- Soofi, A. S. (1992). Industry linkages, indices of variation and structure of production: an interna-

- tional comparison. *Economic Systems Research*, 4, 349-376.
- Xie, R., Zhao, Y., y Chen, L. (2020). Structural path analysis and its applications: Literature review. *National Accounting Review*, 2(1), 83–94. doi: 10.3934/nar.2020005
- Xu, M., Allenby, B. R., y Crittenden, J. C. (2011). Interconnectedness and resilience of the u.s. economy. *Advances in Complex Systems*, 14. doi: <https://doi.org/10.1142/S0219525911003335>
- Xu, M., y Liang, S. (2019). Input–output networks offer new insights of economic structure. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 527, 121178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121178>
- Zwick, M., y Heiat, A. (1982). Entropy measures in input-output analysis.

## Índice de cuadros

1.	Agregación de las ramas del SCIAN . . . . .	12
2.	Agregación de las ramas del SCIAN (continuación) . . . . .	13
3.	Forma matricial de la información de una MIP . . . . .	13
4.	Tipo de sector . . . . .	15
5.	Sectores clasificados . . . . .	15
6.	Tipo de sector II . . . . .	26
7.	Sectores clasificados II . . . . .	27
8.	SAM (parte I) . . . . .	31
9.	SAM (parte II) . . . . .	32
10.	SAM (parte III) . . . . .	32
11.	SAM (parte IV) . . . . .	33
12.	Escenarios a simular . . . . .	40
13.	Cambio en el valor agregado (inversión de 5,000 mdlls) . . . . .	40
14.	Cambio en el valor agregado (inversión de 10,000 mdlls) . . . . .	41
15.	Cambio en exportaciones (inversión de 5,000 mdlls) . . . . .	44
16.	Cambio en exportaciones (inversión de 10,000 mdlls) . . . . .	45
17.	Cambio en producción total (inversión de 5,000 mdlls) . . . . .	58
18.	Cambio en producción total (inversión de 10,000 mdlls) . . . . .	59
19.	Cambio en producción doméstica (inversión de 5,000 mdlls) . . . . .	60
20.	Cambio en producción doméstica (inversión de 10,000 mdlls) . . . . .	61
21.	Cambio en importaciones (inversión de 5,000 mdlls) . . . . .	62
22.	Cambio en importaciones (inversión de 10,000 mdlls) . . . . .	63
23.	Cambio en producción de bien compuesto (inversión de 5,000 mdlls) . . . . .	64
24.	Cambio en producción de bien compuesto (inversión de 10,000 mdlls) . . . . .	65
25.	Cambio en consumo final (inversión de 5,000 mdlls) . . . . .	66
26.	Cambio en consumo final (inversión de 10,000 mdlls) . . . . .	67

## Índice de figuras

1.	Participación de la industria automotriz en el PIB . . . . .	2
2.	Personas empleadas por la industria automotriz . . . . .	3
3.	Industria automotriz comparada . . . . .	4
4.	Participación de la industria automotriz en las exportaciones . . . . .	4
5.	Participación de la industria automotriz en la IED . . . . .	5
6.	Mayores productores de vehículos a nivel mundial . . . . .	6
7.	Mayores exportadores de vehículos a nivel mundial . . . . .	7
8.	Coficiente de variación (hacia atrás) . . . . .	16
9.	Coficiente de variación (hacia adelante) . . . . .	17
10.	Efecto salarial . . . . .	19
11.	Efecto valor agregado . . . . .	20
12.	Coficiente de concentración hacia atrás . . . . .	21
13.	Coficiente de concentración hacia adelante . . . . .	22
14.	Coficiente de entropía hacia atrás . . . . .	24
15.	Coficiente de entropía hacia adelante . . . . .	25
16.	Importación total necesaria para producir $j$ . . . . .	28
17.	Importación necesaria de $i$ para un aumento de la DF . . . . .	29
18.	Tasa de cobertura . . . . .	30
19.	Valor agregado promedio . . . . .	42
20.	Producción total promedio . . . . .	43
21.	Producción doméstica promedio . . . . .	43
22.	Exportaciones promedio . . . . .	45
23.	Importaciones promedio . . . . .	46
24.	Bien compuesto promedio . . . . .	47
25.	Consumo final promedio . . . . .	48
26.	PIB . . . . .	49
27.	Red de los sectores en México . . . . .	53
28.	Closeness Centrality . . . . .	54
29.	Downstream Closeness . . . . .	56
30.	Upstream Closeness . . . . .	57