



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL
SECTOR DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE LA MATRIZ INSUMO –
PRODUCTO MEXICANA, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE LEONTIEF**

PROPUESTA TRABAJO

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

PRESENTA:

M.E.R. ABAN ALONSO MORENO AGUILAR

ASESOR:

M.I. AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES

MÉXICO, CIUDAD DE MÉXICO

DICIEMBRE 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mamá y papá, a mi tía Nora, a mi abuelita Chelita y a mi hermanita Jen.

Y a mi Kari. Me haces completamente feliz shosha.

Siempre estaré agradecido por su enorme cariño y su apoyo incondicional. Los amo.

Índice

Introducción	4
Capítulo I. Marco contextual	6
1.1 Antecedentes	6
1.2 Planteamiento del problema	7
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos	9
1.4.1 General	9
1.4.2 Específicos	9
Capítulo II. El Modelo de Insumo – Producto	10
2.1 Introducción	10
2.2 Proceso Metodológico.....	12
2.3 Actualización de Datos.....	13
2.4 Descripción Teórica de la Metodología de Leontief	14
Capítulo III. Desarrollo del Modelo	17
Capítulo IV. Propuesta de mejora de eficiencia energética para la Industria Manufacturera	21
4.1 Industria del acero.....	26
4.2 Industria química.....	27
4.3 Industria del cemento.....	28
4.4 Industria de celulosa y papel.....	29
4.5 Industria del vidrio	30
4.6 Industria automotriz.....	30
4.7 Industria de alimentos y azúcar.....	31
4.8 Demanda de energía	31
Capítulo V. Resultados	34
Conclusiones	42
Bibliografía	44

Introducción

El trabajo que se realiza busca darle un enfoque distinto al que usualmente se le da a la matriz insumo – producto nacional, el cual suele centrarse únicamente en los efectos que resultan de la interacción entre los distintos sectores que conforman la economía nacional.

Como punto de inicio, se exponen los antecedentes de este trabajo con el fin de entender el propósito de las matrices insumo y su aplicación actual, de igual forma, se exponen los beneficios actuales que han tenido las medidas y acciones de eficiencia energética desarrolladas en México para poder elaborar predicciones sobre sus alcances. Igualmente, se define el problema y se presentan las limitaciones del análisis de equilibrio económico a través del modelo insumo – producto convencional. Asimismo, se expone el motivo de este trabajo y la justificación de este con el objetivo de explicar la importancia de mejorar la eficiencia energética del sector industrial y analizar la funcionalidad de desarrollar una versión alternativa del modelo económico de Leontief, donde se agregan los efectos de aplicar medidas de eficiencia energética en uno de los sectores más importantes del país: la industria manufacturera. Con el fin de evaluar el desarrollo de este trabajo y obtener los resultados esperados, se plantean los objetivos que se pretenden lograr.

En segundo término, se explica que es la matriz insumo producto, cuáles son sus principales aplicaciones, así como los requisitos para desarrollarla y las relaciones que existen dentro de la misma. Con la finalidad de empezar a desarrollar el modelo se plantea la metodología que guíe el desarrollo de este trabajo de tal manera que se alcancen los objetivos propuestos. También, se presenta la actualización de datos que han sido recolectados del INEGI y que toman como año base el 2013, por lo que, para tener datos más precisos se expone la actualización de los valores al año 2020. A modo de conocer y adaptarse a la matriz insumo - producto, se realiza una breve introducción a la notación necesaria para simbolizar las relaciones entre producción, demanda final y demanda intermedia.

Una vez introducidos los conceptos y antecedentes más importantes para entender la finalidad de la matriz insumo y enfocar el modelo económico de Leontief para el análisis de medidas de eficiencia energética en el sector de la industria manufacturera, se realizó el desarrollo del modelo, en el cual se realiza un análisis a nivel Sector, considerando 20 sectores que representan el total de la economía nacional.

Tras haber realizado el desarrollo del modelo, se detalla la propuesta de mejora de eficiencia energética para la Industria Manufacturera precisando los principales beneficios del cumplimiento de las metas de eficiencia energética establecidas para cada sector. De esta manera, se busca obtener los principales resultados en términos de ahorro económico y conocer las afectaciones que tendrían el resto de los sectores nacionales como consecuencia de la implementación de estas medidas en el sector seleccionado.

Finalmente, se presentan los resultados de la implementación del modelo con sus respectivas correcciones y se estudian los efectos de este para exhibir un análisis de resultados que permita visualizar si se logró el cumplimiento de los objetivos planteados. Del mismo modo se presentan las conclusiones del desarrollo de este trabajo y se exponen los logros alcanzados en este proceso.

Capítulo I. Marco contextual

1.1 Antecedentes

Las matrices insumo producto, reflejan las relaciones de producción y uso de los bienes y servicios, mediante una representación ordenada y resumida del equilibrio entre la oferta y la utilización de bienes y servicios en una economía. Son una herramienta de análisis y planificación económica para un país o una región, y permiten identificar los sectores clave con mayores efectos multiplicadores sobre la economía nacional y medir los niveles de dependencia con el exterior, tanto a nivel sectorial como en términos agregados. (Coordinación General del Sistema Nacional de Información, 1979)

Durante los últimos 25 años, los programas, medidas y acciones de eficiencia energética desarrolladas en México han contribuido más a mitigar el cambio climático que las energías renovables (de Buen, 2019).

Los estimados establecidos a partir de los trabajos de colaboración de la CONUEE con la Agencia Francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía (ADEME) y ENERDATA, indican que el consumo final de energía del país sería 17% mayor sin las acciones de ahorro de energía de los últimos 25 años. Esto equivale a 380 mil barriles de petróleo diarios, 28% de la producción petrolera o 29% de las importaciones de gasolina y gas natural (de Buen, 2019).

Anteriormente, se han desarrollado modelos cuyo desarrollo se ha basado en la metodología de Leontief, para el análisis de las relaciones intersectoriales de la economía mexicana definidas por la matriz insumo – producto nacional.

1.2 Planteamiento del problema

El análisis de equilibrio económico a través del modelo insumo – producto convencional, no toma en cuenta la energía que entra y sale cuando se lleva a cabo el proceso productivo.

1.3 Justificación

Mejorar la eficiencia energética del sector industrial es crucial para disociar el crecimiento económico de los impactos ambientales y climáticos negativos del desarrollo industrial. Se ha comprobado que las mejoras en la eficiencia energética industrial es uno de los medios más importantes y rentables para lograr la mitigación de las emisiones industriales. Las inversiones en eficiencia energética suelen ser muy rentables a corto plazo en comparación con otras opciones de mitigación, ya que resultan en un beneficio económico neto para el inversor gracias al ahorro de costos casi inmediato generado por la propia eficiencia energética (Celani, Cantore, Barbier, Matteini, & Pasqualetto, 2020).

Generalmente, las perspectivas para las que se utiliza el modelo insumo - producto en México han sido para construir tablas a nivel estatal de los sectores productivos, para realizar estudios de naturaleza económica que abordan las interrelaciones de las ramas productivas, y para la identificación de sectores claves de la economía mexicana, entre otros. No obstante, la variación en la temática es poco usual (Valdez, 2009).

Un tema muy interesante desarrollado por la Universidad de Barcelona en 2009 fue un estudio de la economía mexicana para la identificación de los sectores más consumidores de energía eléctrica, las fuentes de energía más utilizadas en los procesos productivos y las actividades económicas que impulsan un mayor o menor consumo de energía eléctrica a través de la matriz de insumo – producto nacional. Sin embargo, actualmente no existen estudios que aborden y utilicen la metodología de Leontief para el análisis de factores de eficiencia energética en México.

Una de las formas de solventar este problema, desde la perspectiva insumo – producto, es poner los consumos energéticos de cada proceso productivo para calcular los valores de la energía. Así, los valores en energía nos estarán diciendo el consumo de energía que se utiliza para producir el producto que va a la demanda final y el que se usa para producir productos que son insumos de otras ramas (Valdez, 2009).

El presente trabajo no pretende realizar un estudio sobre el impacto de las medidas de eficiencia energética en toda la cadena de valor de los distintos sectores que componen a la economía mexicana. Por el contrario, busca centrarse únicamente en el sector de las “Industrias Manufactureras”, para detallar los efectos de la aplicación de medidas de eficiencia energética.

La idea de la tesina es plantear un uso alternativo de la matriz insumo – producto nacional, para realizar un análisis energético y económico derivado de la aplicación de medidas de eficiencia energética, utilizando la metodología de Leontief. El estudio ofrece un panorama sobre temas específicos, relacionados con el uso de la energía en el país, como son: el crecimiento de la producción, el valor agregado, el empleo y el crecimiento sectorial de acuerdo con los cambios que se propongan para los distintos sectores involucrados (nivel de inversión, regulación de contenido nacional y nivel de producción).

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Realizar un análisis energético y económico derivado de la aplicación de medidas de eficiencia energética al sector “Industrias Manufactureras” de la economía nacional, utilizando la metodología de Leontief.

1.4.2 Específicos

- Pronosticar el impacto económico que sufrirán los sectores productivos de la economía mexicana a partir de cambios en la eficiencia energética del sector de las Industrias Manufactureras.
- Introducir un enfoque basado en la matriz nacional de insumo – producto, para estimar el impacto de las mejoras en la eficiencia energética de la industria manufacturera en valor agregado, empleo y ahorro de energía entre los diversos sectores que componen la economía mexicana.

Capítulo II. El Modelo de Insumo – Producto

2.1 Introducción

La matriz insumo producto refleja la relación de producción y uso de los bienes y servicios, mediante una representación ordenada y resumida del equilibrio entre la oferta y la utilización de bienes y servicios en la economía. Es una herramienta de análisis y planificación económica para un país. Permite identificar sectores clave con mayores efectos multiplicadores sobre el ingreso y el empleo y medir los niveles de dependencia con el exterior, tanto a nivel sectorial como en términos agregados.

Esta metodología requiere considerar los siguientes supuestos:

- Cada sector produce solo un bien o servicio y lo hace bajo la misma tecnología de producción. Esto implica que cada insumo es proporcionado por un solo sector de producción, es decir, cada sector tiene una sola producción primaria, por lo que no existe producción conjunta.
- Los insumos requeridos por cada sector para la elaboración de un producto varían en la misma proporción en la que se modifica la producción sectorial, en el corto plazo.
- Si el modelo se utiliza para realizar proyecciones de precios se debe considerar que la relación de precios relativos presente en el año en el que fue elaborada la matriz se mantiene.

Al considerar que cada sector solo genera un solo producto, el resultado es que las relaciones intersectoriales corresponden a una matriz simétrica.

Este modelo relaciona la producción total de un sector con las demandas finales de todos los sectores del modelo, es decir, considera toda la cadena de reacciones que implican las transacciones intersectoriales.

A continuación, en la [Tabla 1](#), se muestra una representación de las relaciones que existen dentro de la matriz insumo – producto. Para la parte de la Demanda Intermedia, las filas de la matriz representan los insumos que requiere un sector

para su producción y las columnas representan la venta de dichos insumos intermedios.

Tabla 1. Representación de la Matriz de Insumo - Producto

Insumos	Demanda Intermedia			Demanda Final	Producto Total
	Sector 1	Sector 2	Sector 3		
Sector 1	q_{11}	q_{12}	q_{13}	df_1	q_1
Sector 2	q_{21}	q_{22}	q_{23}	df_2	q_2
Sector 3	q_{31}	q_{32}	q_{33}	df_3	q_3
Valor agregado	v_1	v_2	v_3		
Insumo Total	q_1	q_2	q_3		

Donde:

$q_{11}, q_{12}, q_{13}, q_{21}, q_{22}, q_{23}, q_{31}, q_{32}, q_{33}$ representan las relaciones intersectoriales, es decir, los flujos de la economía.

q_1, q_2, q_3 representan la producción total de dichos sectores

v_1, v_2, v_3 representan los valores agregados de cada sector

df_1, df_2, df_3 representan las demandas finales de los sectores

Visto desde el punto de vista de los ingresos, es decir, de la oferta, el producto total de cada sector resulta de la suma de la demanda intermedia más su demanda final. Y visto desde la perspectiva de los gastos, es decir, de la demanda, el insumo total (que es igual al producto total) resulta de la suma de los insumos intermedios más su valor agregado.

Además de la metodología de Leontief, existen otros métodos que pueden ser utilizados para hacer un análisis energético y económico utilizando la matriz de Leontief como insumo principal. Uno de ellos, es el desarrollado por Bullard y Herendeen. En este método, se utiliza el principio de la "Conservación de la energía incorporada", y se representa por una "ecuación de balance energético". Otro enfoque es el utilizado por Wright y Krenz y en este se asume que el sistema está

conectado linealmente, y se utiliza directamente la matriz inversa de Leontief ($I - A$) (Proops, 1976). Sin embargo, es relevante mencionar que, si se desea realizar un trabajo vigente y exhaustivo con alguno de los otros métodos existentes, es necesario que los datos públicos con los que cuenta INEGI sean actualizados, ya que la matriz insumo producto disponible tiene 8 años de antigüedad.

2.2 Proceso Metodológico

El proceso metodológico general para llevar a cabo el presente trabajo se detalla a continuación:

1. Búsqueda de fuentes bibliográficas. Se priorizarán aquellas que aborden el tema específico de eficiencia energética en modelos de insumo – producto. Cabe destacar que, aunque no existe información al respecto a nivel nacional, existe importante información a nivel internacional.
2. Delimitación del entorno. La matriz insumo producto – nacional es elaborada por el INEGI y se encuentra desagregada desde los 2 hasta los 6 dígitos. Se evaluarán las posibles opciones de análisis y se elegirá la mejor para presentar los resultados.
3. Actualización de datos. Debido a que la última versión de la matriz insumo producto que publica el INEGI es la del 2013, se deberá realizar un trabajo de actualización de la matriz para llevarla a valores del 2020.
4. Descripción teórica de la metodología de Leontief. Se realizará una descripción detallada de la metodología que se utilizará para la realización de los objetivos de la tesina.

5. Tratamiento de la información. Se realizará un tratamiento en Excel de la información para poder aplicar el modelo descrito en el punto anterior.
6. Búsqueda y selección de propuestas de mejora de eficiencia energética en la industria. Se realizará una investigación de una industria manufacturera representativa a la cual se le hayan aplicado medidas de eficiencia energética para extrapolar sus resultados a nivel nacional y definir el impacto de estas medidas a nivel nacional.
7. Selección de la información más relevante. El proceso permite obtener diversas variables de salida. En este paso se definirán las que permitan alcanzar el objetivo principal de este trabajo.
8. Validación de resultados. Se definirá si los resultados obtenidos son válidos y en caso de ser necesario, se repetirá el proceso metodológico desde alguno de los puntos anteriores.
9. Presentación de resultados y conclusiones.

2.3 Actualización de Datos

El INEGI es el encargado de elaborar la matriz insumo – producto. Actualmente, los valores que considera toman como año base el 2013. Con el fin de elaborar cálculos más cercanos a la realidad, se actualizaron los valores de 2013 al año 2020, considerando un incremento en los valores que vienen en la matriz de 36.91% por efecto de la inflación, entre el periodo de abril de 2013 a abril de 2020. Este dato, fue obtenido a través de la calculadora de inflación del Índice Nacional de Precios al Consumidor del INEGI.

2.4 Descripción Teórica de la Metodología de Leontief

Introduzcamos la notación necesaria para simbolizar las relaciones entre producción, demanda final y demanda intermedia:

Con X_i , se simbolizará la producción bruta del sector i , esto es:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Con y_i se representará la demanda final correspondiente al sector i , esto es:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Con x_{ij} se representará las ventas que el sector i ha efectuado al sector j , esto es:

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Como la producción bruta de cada sector es igual a la suma de las ventas que ocurren en la demanda intermedia, más las ventas a demanda final (consumidor final), las relaciones entre producción y demanda se pueden expresar como sigue:

$$\begin{aligned} X_1 &= x_{11} + x_{12} + x_{13} + y_1 \\ X_2 &= x_{21} + x_{22} + x_{23} + y_2 \\ X_3 &= x_{31} + x_{32} + x_{33} + y_3 \end{aligned} \quad (4)$$

Que en términos matriciales queda:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Ahora bien, elaboremos lo que se conoce como la matriz de coeficientes técnicos, también llamada matriz de coeficientes de requisitos directos o indirectos por unidad de producción bruta. Comenzamos diciendo que en cada transacción existen dos sectores: un sector vendedor, que indicamos con el subíndice "i" y el sector comprador que representamos con el subíndice "j". Relacionando cada X_{ij} (ventas del sector i al sector j) con la producción bruta X_j del sector vendedor, efectuamos

el cociente $\frac{X_{ij}}{X_j}$ que define el coeficiente técnico a_{ij} . Quedando entonces la **matriz de coeficientes técnicos** definida:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Quedando la ecuación matricial original de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Que en términos más sencillos se resume a:

$$X = A \cdot X + y \quad (8)$$

Donde X es la **matriz de producción bruta**, A es la **matriz de coeficientes técnicos** e y es la **matriz de demanda final**.

Hemos supuesto que los coeficientes a_{ij} no varían durante un cierto. Ello nos permite utilizar el sistema de ecuaciones matricial antes descrito para determinar el nivel de producción bruta que se requiere en cada sector para satisfacer la demanda final prevista para el período siguiente. Podemos reescribir entonces la ecuación matricial de la siguiente manera:

$$y = (I - A) \cdot X \quad (9)$$

Podemos observar que X es la solución de un sistema de ecuaciones lineales donde $I - A$ es la matriz de coeficientes, la cual resulta ser la **Matriz de Leontief**.

Una inversión que se realice en México incrementaría la demanda y de acuerdo con la ecuación de Leontief, un crecimiento calculable en la demanda de todos los otros sectores, ya que el sector i utiliza la producción de los otros sectores y obviamente el crecimiento de todos los sectores sería el impacto del incremento de la demanda del sector i en la producción total nacional agregada.

Ahora bien, si quisiéramos predecir el aumento en la demanda final para un periodo futuro, despejamos entonces de la ecuación matricial anterior la matriz de producción bruta, quedando entonces:

$$X = (I - A)^{-1} \cdot y \quad (10)$$

A la matriz $(I - A)^{-1}$ se le conoce como **Matriz inversa de Leontief**.

Tomando en cuenta los incrementos previstos en la demanda final de un escenario que implica definir la inversión adicional y cómo se está gastando, se obtiene una nueva matriz de demanda final, que resulta de sumar estos incrementos, con la demanda final inicial:

$$y' = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_{1+} \\ y_{2+} \\ y_{3+} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1' \\ y_2' \\ y_3' \end{bmatrix} \quad (11)$$

La matriz y' se denomina demanda proyectada, y para satisfacerla, se debe generar una producción bruta X' , quedando finalmente la ecuación matricial:

$$X' = (I - A)^{-1} \cdot y' \quad (12)$$

Con esta ecuación se puede calcular el incremento total en cada uno de los sectores al producirse un incremento en la inversión desglosada en sus componentes.

Capítulo III. Desarrollo del Modelo

El modelo considera un análisis a nivel Sector, el cual considera un desagregado de 20 sectores que representan el total de la economía nacional:

11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza

21 - Minería

22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final

23 - Construcción

31-33 - Industrias manufactureras

43 - Comercio al por mayor

46 - Comercio al por menor

48-49 - Transportes, correos y almacenamiento

51 - Información en medios masivos

52 - Servicios financieros y de seguros

53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles

54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos

55 - Corporativos

56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación

61 - Servicios educativos

62 - Servicios de salud y de asistencia social

71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos

72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas

81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales

93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales

Al ser la Industria Manufacturera el objeto de estudio del presente trabajo, se realizó un análisis de la información que se tiene por parte del INEGI sobre la matriz de insumo – producto nacional a 2 dígitos, ver [Figura 1](#).

Matriz de Coeficientes									
A									
0.08273327	0.00000022	0.00000000	0.00014223	0.04403504	0.00000000	0.00000086	0.00000001	0.00000001	0.00000000
0.00080154	0.00290067	0.01387187	0.01253879	0.06376312	0.00000000	0.00000329	0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.01686052	0.01132137	0.05055460	0.00305863	0.01574946	0.00516626	0.01814368	0.00413247	0.00646803	0.00327151
0.00001319	0.00453411	0.01142772	0.06088447	0.00093625	0.00104366	0.00080981	0.00292432	0.00072476	0.00234438
0.13243988	0.04668330	0.18205085	0.13034759	0.16047844	0.02662190	0.03213461	0.12420006	0.02204210	0.01080196
0.04510247	0.01339093	0.03053757	0.04183416	0.06636363	0.00900643	0.00642639	0.02075719	0.00368173	0.00284603
0.01029665	0.00263386	0.00663453	0.00367736	0.01395093	0.00140433	0.00151324	0.00400104	0.00174064	0.00037800
0.00744201	0.00551168	0.00921721	0.01204902	0.01630718	0.01959180	0.01213624	0.03587953	0.01471178	0.00872843
0.00057610	0.00160368	0.00226433	0.01085192	0.00538038	0.00708353	0.00675017	0.00688578	0.04518103	0.01107521
0.00351473	0.00218974	0.00522863	0.01078134	0.00342310	0.01001798	0.00542706	0.00214731	0.01330363	0.06658961
0.00100608	0.01313133	0.00147579	0.00375356	0.00707193	0.01366533	0.02410333	0.01324821	0.05116374	0.02620735
0.00032534	0.01950861	0.00744202	0.01036092	0.00833945	0.00662469	0.00530782	0.00545824	0.02598615	0.07660201
0.00000053	0.01072477	0.00040360	0.00005180	0.00231055	0.03085232	0.00986221	0.00343027	0.01995547	0.01431481
0.00134276	0.01269844	0.00876214	0.00742435	0.02123993	0.02777153	0.03844109	0.02809733	0.05154534	0.08443154
0.00000000	0.00000055	0.00000000	0.00000024	0.00004584	0.00003578	0.00000502	0.00000001	0.00000056	0.00027203
0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000019	0.00001464	0.00000000	0.00000018	0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00001418	0.00000008	0.00000634	0.00000846	0.00000000	0.00402660	0.00000000
0.00017125	0.00160164	0.00051771	0.00254529	0.00160126	0.00211173	0.00153413	0.01122960	0.0115582	0.00272342
0.00110748	0.00465435	0.00304171	0.00629844	0.00261046	0.00253108	0.00178914	0.01445312	0.00603634	0.00467268
0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00171229

Figura 1. Matriz de Coeficientes a nivel Sector (2 dígitos)

Con la matriz de coeficientes, se desarrolló la matriz de Leontief, ver [Figura 2](#), y posteriormente se calculó su inversa, ver [Figura 3](#).

Matriz de Leontief									
I - A									
0.917260727	-2.23481E-07	0	-0.00014223	-0.04403504	0	-8.60052E-07	-5.32636E-09	-1.12848E-08	0
-0.000801538	0.997099328	-0.013871866	-0.01253879	-0.069769122	0	-3.29467E-06	0	0	-2.72973E-08
-0.016860516	-0.011321371	0.949445397	-0.003058627	-0.01574946	-0.005166264	-0.018143682	-0.004132467	-0.006468033	-0.003271506
-1.31915E-05	-0.00459411	-0.011427721	0.939115525	-0.000936246	-0.001043657	-0.000809809	-0.002924924	-0.000724756	-0.002344378
-0.13243988	-0.046683301	-0.182050847	-0.130347594	0.839521559	-0.026621901	-0.032134614	-0.124200065	-0.022042104	-0.010801959
-0.045102469	-0.013390929	-0.030537567	-0.041834161	-0.066363631	0.99099357	-0.006426985	-0.020757188	-0.009681735	-0.002846029
-0.010296648	-0.002633861	-0.006634533	-0.003677962	-0.013950932	-0.001404389	0.998486761	-0.004001037	-0.001740642	-0.000378
-0.007442007	-0.005511684	-0.009217215	-0.012049016	-0.016307183	-0.0195918	-0.012136236	0.964120469	-0.014711778	-0.008728428
-0.000576101	-0.001603877	-0.002264331	-0.010851919	-0.005380376	-0.007083526	-0.006750166	-0.006885785	0.954818974	-0.01075208
-0.003514732	-0.002189736	-0.005228831	-0.010781336	-0.003423103	-0.010017983	-0.005427056	-0.002147315	-0.01330363	0.933410185
-0.00100608	-0.013131331	-0.001475786	-0.003753555	-0.00707193	-0.013665333	-0.024109334	-0.013248206	-0.051163739	-0.026207349
-0.000325342	-0.019508611	-0.007442016	-0.010360925	-0.008339445	-0.006624689	-0.005307823	-0.005458243	-0.025988146	-0.076802008
-5.87374E-07	-0.010724769	-0.0004038	-5.17986E-05	-0.002310551	-0.030852325	-0.00986221	-0.003430274	-0.019955467	-0.014314805
-0.001342764	-0.01269844	-0.008762143	-0.007424353	-0.021239934	-0.027771529	-0.038441089	-0.028097335	-0.051545938	-0.084431537
0	-5.5426E-07	0	-2.4127E-07	-4.58421E-05	-3.57772E-05	-5.01862E-06	-1.12445E-08	-5.62361E-07	-0.000272027
0	0	0	-1.88274E-07	-1.46356E-05	0	-1.77942E-07	0	0	-2.3945E-06
0	0	0	-1.41801E-05	-8.01443E-08	-6.34261E-06	-8.46102E-06	0	-0.004026596	-5.88137E-06
-0.000171246	-0.001601636	-0.000517708	-0.002545287	-0.001601256	-0.002111728	-0.001534129	-0.0112298	-0.01155816	-0.002723422
-0.001107481	-0.004654353	-0.003041707	-0.006298441	-0.002610457	-0.002531079	-0.001789136	-0.014453122	-0.006036337	-0.004672675
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.00171229

Figura 2. Matriz de Leontief

Inversa de Leontief	(I-A)-1											
1.0991056	0.0031597	0.0116321	0.0087725	0.0586512	0.0020448	0.0023941	0.0080623	0.0020861	0.001331	0.0006352	0.0023162	
0.0141854	1.0077491	0.0318408	0.0260761	0.0858531	0.0030648	0.0037726	0.0117482	0.0030158	0.0020144	0.0010236	0.0035064	
0.0237451	0.0142541	1.0590215	0.0083325	0.0241385	0.0076895	0.0211378	0.0090128	0.0100991	0.0070926	0.0045538	0.0161326	
0.0007715	0.0054687	0.0135563	1.0656265	0.0023529	0.0016666	0.0015098	0.003938	0.0017222	0.0035576	0.0039674	0.0047157	
0.1852408	0.0653119	0.2419079	0.1784762	1.2210625	0.0419468	0.0493645	0.1652998	0.0407546	0.0267184	0.0129982	0.0460209	
0.0640631	0.0197989	0.0513275	0.0592725	0.0879252	1.0140683	0.011864	0.0352365	0.0157628	0.007869	0.0044526	0.0139516	
0.0143304	0.0039786	0.0110017	0.0133684	0.0184706	0.0024397	1.0026459	0.0070328	0.0029936	0.001404	0.0009085	0.002882	
0.0138734	0.0084715	0.0166161	0.0190525	0.0255689	0.0229367	0.0149996	1.0421963	0.0190716	0.0132966	0.0038735	0.0162947	
0.0028449	0.0035089	0.0054142	0.0148792	0.0091295	0.0092236	0.0086583	0.0099025	1.0502888	0.0166432	0.0077924	0.0298616	
0.0063332	0.0049769	0.0085194	0.0148968	0.0076135	0.0156589	0.0082847	0.0049479	0.0189028	1.0755649	0.0087078	0.0124266	
0.0048915	0.016418	0.0066559	0.0162021	0.0140989	0.0170829	0.0271744	0.0185315	0.0591867	0.0356689	1.0211639	0.0508576	
0.00463	0.0224399	0.0128264	0.0162949	0.0152201	0.0111059	0.0086344	0.0098732	0.0327614	0.0881654	0.0111062	1.0246059	
0.0030142	0.0120548	0.0035244	0.0034857	0.0073983	0.032382	0.0112201	0.0059757	0.0186045	0.017285	0.0010116	0.0041289	
0.0098575	0.0181066	0.0196393	0.0185731	0.0344075	0.0342495	0.0436982	0.0375426	0.0627206	0.1009099	0.0072799	0.0633406	
1.389E-05	1.152E-05	1.879E-05	1.919E-05	6.551E-05	4.558E-05	1.234E-05	1.328E-05	1.747E-05	0.000323	7.201E-06	0.0002653	
2.757E-06	1.034E-06	3.621E-06	2.905E-06	1.809E-05	6.61E-07	9.408E-07	2.534E-06	7.297E-07	6.21E-07	2.278E-07	3.042E-06	
1.956E-05	3.184E-05	3.611E-05	0.0001038	5.751E-05	6.176E-05	5.719E-05	0.000116	0.0043154	9.9E-05	4.511E-05	0.0001814	
0.0009947	0.0023113	0.0016576	0.0038981	0.0030937	0.0030662	0.0022982	0.0125644	0.0128578	0.0047359	0.0010335	0.0105378	
0.002362	0.0054571	0.0047448	0.0081927	0.0047107	0.003448	0.0025922	0.0161039	0.0075375	0.0065125	0.0022191	0.0090514	
1.084E-05	8.522E-06	1.459E-05	2.551E-05	1.304E-05	2.681E-05	1.419E-05	8.472E-06	3.237E-05	0.0018417	1.491E-05	2.128E-05	

Figura 3. Matriz Inversa de Leontief

Con la matriz inversa de Leontief, y con la demanda proyectada, es posible entonces generar la producción bruta, la cual está ligada con los insumos a precios de comprador, las remuneraciones de empleados, los impuestos netos sobre la producción y con el excedente bruto de operación, los cuales son indicadores importantes del impacto que tendría un cambio en la demanda proyectada.

De esta forma, el modelo permite visualizar una situación “actual”, ver [Figura 4](#), donde se muestran los datos solamente considerando el aumento del PIB del año 2013 al 2020 y más adelante, en la [Figura 5](#) se pueden revisar los resultados que entregaría el modelo una vez que sea alimentado con un cambio porcentual en la demanda final.

SITUACIÓN ACTUAL					
Insumos a precios de comprador * [Incluye las Importaciones Netas Totales *] [Millones de Pesos]	Remuneraciones de empleados * [Millones de Pesos]	Impuestos netos sobre la producción * [Millones de Pesos]	Excedente bruto de operación * [Millones de Pesos]	Puestos de trabajo remunerados	
414,192	112,268	25	541,059	2,674,025	
428,476	98,033	1,458	1,474,919	308,013	
294,221	85,225	3,818	239,033	209,963	
1,227,895	550,205	6,040	1,160,957	4,679,026	
3,655,866	910,661	44,152	2,432,276	5,279,858	
418,886	62,666	12,614	1,667,863	765,238	
466,630	515,072	7,917	1,503,265	3,767,907	
935,348	415,435	2,330	964,870	2,162,843	
291,355	74,880	1,711	359,986	174,415	
425,574	185,260	21,355	569,390	283,356	
238,615	61,465	565	2,558,197	542,729	
166,260	134,009	644	296,643	572,201	
77,371	22,260	1,752	97,825	23,859	
131,722	544,874	561	244,370	4,354,692	
114,656	811,293	1,750	96,427	2,334,206	
284,200	406,518	1,631	103,396	1,083,782	
54,501	25,692	3,290	70,210	166,587	
245,174	121,411	607	346,261	1,313,839	
174,487	183,709	202	280,307	3,326,606	
383,809	898,567	11,862	9,151	2,580,167	
16,429,239	6,219,621	119,685	15,077,006	36,615,312	

Figura 4. Modelo Insumo – Producto. Situación Actual.

SITUACIÓN NUEVA						
Nueva Demanda Final DF* [Millones de pesos]*	Nueva Demanda Intermedia [Millones de pesos]*	Nueva Producción Total q* [Millones de pesos]*	Aumento o Decremento Porcentual en la Producción [%]	Nuevos Insumos a precios de comprador (Incluye las Importaciones Netas Totales) [Millones de Pesos]	Nuevas Remuneraciones de empleados [Millones de Pesos]	Nuevos Impuestos netos sobre la producción* [Millones de Pesos]
394 746	672 799	1 067 545	0.00	-	-	-
1 035 641	966 639	2 003 280	0.00	-	-	-
762 628	459 668	602 297	0.00	-	-	-
2 683 343	261 754	2 945 097	0.00	-	-	-
9 471 482	3 691 133	13 162 615	0.00	-	-	-
870 916	1 291 113	2 162 028	0.00	-	-	-
2 222 520	270 365	2 492 885	0.00	-	-	-
1 792 126	521 257	2 313 383	0.00	-	-	-
418 211	309 661	727 872	0.00	-	-	-
896 596	305 593	1 202 179	0.00	-	-	-
2 341 574	517 267	2 858 841	0.00	-	-	-
95 482	502 074	597 556	0.00	-	-	-
0	189 207	189 207	0.00	-	-	-
55 656	865 071	920 727	0.00	-	-	-
1 096 602	7 523	1 024 126	0.00	-	-	-
788 275	7 529	795 805	0.00	-	-	-
144 482	9 211	153 694	0.00	-	-	-
598 291	19 172	719 463	0.00	-	-	-
478 276	162 490	640 766	0.00	-	-	-
1 901 331	2 058	1 903 390	0.00	-	-	-
26,767,223	11,078,326	37,845,549		-	-	-

Figura 5. Modelo Insumo – Producto. Situación Nueva.

Capítulo IV. Propuesta de mejora de eficiencia energética para la Industria Manufacturera

De acuerdo con las estadísticas del año 2017 en lo que se refiere al consumo energético, el sector industrial representó el 35% del consumo total neto del país. Debido a la importancia de la energía y su uso eficiente para el desarrollo sostenible, en México se definió como meta reducir anualmente en 1.9% la intensidad energética en el periodo que comprende del año 2016 al año 2030 (Coldwell, y otros, 2018).

Este estudio presenta un análisis cuantitativo del desempeño en el sector industrial, así como de la proyección preferencial del consumo energético. Esto con el fin de identificar los alcances de las ventajas socioambientales que se obtendrían al cumplirse la meta de eficiencia energética propuesta anteriormente. El análisis de dichas ventajas se enfoca principalmente en la disminución en las emisiones de carbono y en la generación de empleos, con el apoyo de este estudio es factible realizar proyecciones para el año 2030, las cuales arrojan valores potenciales de reducción de carbono del orden de 84.5 [Mt] de CO₂ y la creación de 561,559 empleos anualmente. (Sandoval & Franco, 2021).

En cuanto a la economía nacional, la industria contribuye con aproximadamente un tercio del PIB nacional. Es importante destacar que, debido a un acuerdo internacional, el sector industrial es quien se encarga de la fabricación de bienes y productos acabados y se concentra en el rubro de las industrias manufactureras (CEPAL, 2018).

En el año 2015, México se fijó una meta derivada de los acuerdos a los que se llegó en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, así como en lo dispuesto en la Ley General de Cambio Climático. La meta propuesta, compromete a México a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 22% para el año 2030, los medios para cumplirla consisten en diferentes medidas representadas en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (INDC's, por sus siglas en inglés).

Debido a que México se ha propuesto determinantemente a cumplir la meta de reducir las emisiones de GEI, se han buscado diversos medios para lograrlo, esencialmente se está buscando la eficiencia energética, el control de partículas negras de hollín, y la sustitución de combustibles pesados por gas natural, energías limpias y biomasa. Es por esto, que para el sector industria, México está buscando reducir para el año 2030 en un 4% las emisiones de GEI respecto al año 2013. Asimismo, se procura una disminución del 49% en las emisiones de carbono negro, ya que, de 80 mil toneladas métricas de emisiones presentadas en el año 2016, se pretende en el año 2030 emitir únicamente 41 mil toneladas métricas. (SEMARNAT, 2018).

Otra propuesta importante que ha presentado México en la actualidad es la de instaurar la meta de Eficiencia Energética (Artículo 11), lo anterior se pretende realizar por medio del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) (DOF, 2015).

En el sector industrial, una de las medidas con beneficios más observables, es la de reemplazar los equipos actuales por aquellos que brinden una mayor eficiencia, por esta razón, conforme a la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios referida en el PRONASE 2014-2018, se desea que la meta de Eficiencia Energética (EE) que se expuso en el párrafo anterior expresada en términos de la intensidad energética (cantidad de energía requerida para producir una unidad de valor económico), se reduzca anualmente en 1.9% para el periodo comprendido entre el año 2016 y el año 2030, esta reducción es para los sectores transporte, industria, edificios y agropecuario. De igual forma, se propuso una disminución de la intensidad energética para el periodo 2031-2050, la cual radica en una reducción del 3.7%. Como bien se ha mencionado, realizar este reemplazo es la principal medida propuesta en el sector industrial, con grandes beneficios cuantificables, ya que llevarla a cabo hará realidad que en el año 2050 se tenga un ahorro potencial de 40% del consumo nacional de energía (SENER, 2014).

Un dato que resulta importante conocer, es el aumento que ha presentado la industria manufacturera en términos de la intensidad energética en el período comprendido del año 2000 al 2016. La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía ofrece la Base de indicadores de eficiencia energética, en donde podemos observar que la industria manufacturera tuvo un crecimiento del 11.1% en cuanto a la eficiencia energética, ver [Figura 6](#), se puede apreciar que en el año 2000 la intensidad energética fue de $0.514 \left[\frac{\text{PJ}}{\text{miles de pesos}} \right]$, mientras que en el año 2016 aumentó a $0.571 \left[\frac{\text{PJ}}{\text{miles de pesos}} \right]$.



Figura 6. Intensidad energética del sector industria nacional, 2000-2016.

Fuente: Sandoval & Franco, 2021.

Es por esto, que se prevé que el cumplimiento en la disminución de la intensidad energética posibilitará desempeñar la meta de reducción de emisiones de carbono del sector industrial para el año 2030, de igual forma, se espera un incremento importante en la generación de empleos.

Estudios recientes realizados en España (Medina, Cámara, & Monrobel, 2016) y Canadá (Dunsky, 2018) mediante modelado econométrico, permiten observar los beneficios que se tendrían de introducir a cada país la EE para el año 2030. En el caso de España, se estima que la inserción de la EE, genere una reducción del 1.8% en las emisiones de carbono, así como la creación anual de 147, 745 empleos de tiempo completo-equivalentes, por su parte, Canadá espera disminuir 52 megatoneladas de CO_{2e} y crear anualmente 118,000 empleos de tiempo completo-equivalentes.

Al entender a la EE como un recurso energético, permite contribuir a la seguridad energética y a la resiliencia del sistema, de igual forma, contribuye al crecimiento económico y la mejora de la salud y el bienestar (Vaca & Kido, 2020).

Realizar el análisis de ingeniería y el análisis económico, es de suma importancia si se desea conocer los beneficios reales de la EE, así como para percibir el riesgo de inversión de promover la EE. La importancia de alinear estos dos análisis radica en que, el análisis de ingeniería produce grandes ventajas, tales como encontrar los potenciales ahorros, así como conocer las inversiones requeridas para obtener dichos ahorros, mientras que, el análisis económico por su parte consiste en la evaluación de las diferentes opciones de inversión y en base a eso, se elige la que represente la mejor relación riesgo/rendimiento. (Salazar, Pamplona, & Vidal, 2012)

Cabe señalar que, debido a la apertura comercial y la globalización, la matriz energética de la industria nacional ha sufrido modificaciones, de industrias de intensidad energética alta y media que predominaban en la década de 1990 a industrias más eficientes y/o con baja intensidad energética. En general, con el paso del tiempo, la industria mexicana tiende a reducir su consumo energético. Por su parte, respecto a los segmentos individuales, en la [tabla 2](#) se muestra la variación de intensidad energética (IE) de cada subsector durante el periodo 1990-2015 (Sandoval & Franco, 2021).

Tabla 2. Variación de la Intensidad Energética por tipo de industria en el periodo 1990-2015 y causas principales (Sandoval & Franco, 2021) con base en el Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México, Cepal (2018).

Industria	Variación en IE	Motivo principal
Hierro y el acero	-45.3 %, al reducir de 0.53 a 0.29 tep/ton de acero crudo (1990-2015)	Incremento en la participación del horno de arco eléctrico de 57 % a 70.3 %.
Química	-32.1 %, al reducir de 0.28 a 0.19 tep/ton (2000-2015)	Baja en la producción de Pemex Petroquímica, pérdida de competitividad del ramo industrial, el gas natural representa el 80 % del consumo total de energía de la industria química.
Cemento	-11.67 %, al pasar de 0.096 a 0.0848 tep/ton	Estrategia de sustitución del combustóleo por la utilización de coque de petróleo y combustibles alternativos (como llantas, solventes y aceites, entre otros), así como mejoras en los quemadores.
Celulosa y papel	-19.6 %, al pasar de 0.276 tep/ton a 0.222 tep/ton (1995-2015)	Mayor eficiencia en los procesos productivos derivada de diferentes estrategias (sustitución de combustóleo por gas natural, impulso a la cogeneración y el mayor reciclaje de papel).
Vidrio	-15.5 %, al pasar de 0.328 tep/ton en 2007 a 0.277 tep/ton en 2015	La industria ha mejorado su tecnología para optimizar los procesos de fundición y refinamiento, lo que ha permitido disminuir el uso de combustibles.
Automotriz	+2.8 %, al pasar de 0.107 tep/vehículo producido en 2000 a 0.110	Al privilegiar las actividades de ensamblado e incrementar la producción de vehículos en 86.3 % entre 2000 y 2015, la

Industria	Variación en IE	Motivo principal
	tep/vehículo producido en 2015	electricidad se convirtió en el principal energético. Al cierre de 2015 el consumo de electricidad alcanzó el 56 % del total de esta industria.
Alimentos, bebidas y tabaco	-67.9 %, al pasar de 8.4 tep/MM\$ a 2.7 tep/MM\$ [2008]	Avance tecnológico.
Azucarera	-78 % al pasar de 0.685 a 0.151 tep/ton	Sustitución paulatina de combustóleo por el bagazo de caña.

En el documento “Beneficios socioambientales derivados de la eficiencia energética en el sector industrial mexicano” (Sandoval & Franco, 2021) se realiza un análisis por tipo de industria, con el fin de hallar el valor de intensidad energética en 2016 y el nuevo valor ajustado al 2030, de esta forma, se puede determinar el consumo energético por tipo de fuente. De igual forma, por medio de este análisis, se expone una solución valiosa para poder estimar el efecto de aplicar la meta nacional de reducir la intensidad energética de la industria manufacturera en 1.9% anual al 2030.

4.1 Industria del acero

México ocupa el puesto número 14 a nivel mundial, en lo que se refiere a producción de acero (CANACERO, 2019). Esta industria, a su vez, representa el 2.1% del PIB nacional, 7.1% del PIB industrial y 13.1% del PIB manufacturero. Así mismo, sus actividades esenciales se encuentran en el sector de la construcción, seguido de productos metálicos y el automotriz. De igual forma, la industria siderúrgica emite 1.11 toneladas de CO₂ por tonelada de acero producido.

A lo largo del periodo comprendido del año 2012 al 2016, alrededor del 71.9% de la producción del acero provenía de hornos eléctricos. En el año 2016 hubo una producción de 18.8 millones de toneladas de acero crudo utilizando 242.75 PJ de energía $\left(1.29 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{PJ}}{\text{ton}}\right]\right)$, es importante destacar que la principal fuente de energía es el gas natural con el 63.4%, seguido del carbón con 26.2%, la electricidad con 8.5%, y en último lugar, con un 2% se encuentran los derivados del petróleo (BIEE, 2019). Considerando que el valor de IE del año 2016 fue de $1.29 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{PJ}}{\text{ton}}\right]$ y aplicando la tasa de reducción de 1.9 % anual, se valora que la IE a 2030 debería ser de $0.986 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{PJ}}{\text{ton}}\right]$.

En vista de que entre 1990 y 2016, la producción de acero sufrió un incremento a una tasa anual acumulada de 2.99% (BIEE, 2019), se estima que, de continuar con esta tendencia, para el año 2030 se estarían produciendo 28,463,490.15 toneladas, lo cual, empleando el valor recién calculado de IE para el año 2030, requeriría de 280.6 [PJ]. Se calculó la participación de las diferentes fuentes de energía en el año 2016 y el total se distribuyó de la siguiente manera:

- 63.4% del gas natural
- 26.2% del carbón
- 8.5% de la electricidad
- 2% de los petrolíferos

4.2 Industria química

Partiendo de una estimación mínimo de producción en el año 2003, la industria química alcanzó un incremento de más del 65% para el año 2018 al lograr pasar de un valor de la producción de 12,367 millones de dólares hasta un valor de 20,430 millones de dólares, debido a esto, en el mismo periodo, logró que su participación en el PIB nacional se ampliara del 1% al 2.1% en el mismo periodo (ANIQ, 2018).

En el periodo de 2000 a 2015, en promedio el valor de la producción de la industria química nacional ha sido de 21 millones de toneladas anuales, siendo su producción máxima en el año 2014 alcanzando un total de 24.577 miles de toneladas de químicos producidos. Como resultado del impacto por el desabasto de materias primas e insumos energéticos, la inversión y el desarrollo de la industria privada se ha inhibido, es por esto, que se ha congelado la contribución al PIB de esta industria (CEPAL, 2018). En vista de la evolución tan pausada de la industria química en México, se estima que el promedio de la producción se mantendrá en 21 millones de toneladas anuales entre 2016 y 2030.

Desde otra perspectiva, en el año 2016 la industria química consumió 251.69 PJ de energía (BIEE, 2019). En 2016, el reporte de la participación de las diversas fuentes de energía en 2016 es el siguiente:

- 11.5% de la electricidad
- 81.3% del gas natural
- 7.3% de los petrolíferos

4.3 Industria del cemento

A partir de 2005 y hasta el año 2015, la industria ha estado bajo el mando de seis empresas, las cuales poseen cerca de 37 plantas. Por su parte, en el año 2017 la industria generó 86 mil empleos directos; no obstante, su intervención en el PIB fluctúa alrededor del 1% (Vázquez & Corrales, 2017).

A lo largo del 2016, la industria produjo 46,188,625 toneladas de cemento utilizando 164.92 PJ de energía. Considerando una Tasa de Crecimiento Anual Compuesta (TCAC) en el periodo comprendido entre el año 2000 y el 2016 de 2.1%, se estima que la producción de cemento logrará tener un incremento a 61,615,340.5 toneladas para el año 2030. (Vázquez & Corrales, 2017)

Como consecuencia del cálculo de un nuevo valor de la intensidad energética de $2.73 \times 10^{-6} \left[\frac{PJ}{ton} \right]$, es viable predecir que el consumo energético será del orden de 168.2 [PJ] en 2030 el cual se generará de las siguientes fuentes energéticas:

- 78.4% de los petrolíferos
- 11.3% de la electricidad
- 6.1% del gas natural
- 4.1% del carbón

4.4 Industria de celulosa y papel

El mercado del sector papelerero y su producción resultante tiene una valía anual de \$13,316 millones de dólares (Cámara del Papel, 2019), lo que es equivalente al 1.8% del PIB manufacturero y el 1% del PIB industrial. En la actualidad, se ha generado un progreso en este sector de más del 20%, esto ha sido posible mediante el funcionamiento sistemas de autogeneración de energía eléctrica.

En lo correspondiente al año 2016, la producción de papel y celulosa generó 5,763,785 toneladas, para lo cual se requirió de 59.41 [PJ] $\left(1.03E - 5 \left[\frac{PJ}{ton} \right] \right)$, el cual se generó de las siguientes fuentes:

- 59.6% del gas natural
- 20.3% de los petrolíferos
- 20.1% de la electricidad

Considerando que entre el año 2000 y el 2016 se tuvo una TCAC de 1.6%, para el año 2030 se espera un aumento en la producción de papel y celulosa, pues se estima que se incrementará hasta llegar a las 7,186,839.72 toneladas, lo que representaría una demanda energética de 56.63 PJ, derivado de las medidas de eficiencia energética.

4.5 Industria del vidrio

La producción de vidrio creció con una TCAC de 3.7% entre el año 2007 y 2016, pasando de 3.4 a 4.8 millones de toneladas, esto requirió 64.33 PJ de energía en el año 2016. De igual forma, se estima que la intensidad energética para el año 2030 será de $1.03 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{PJ}}{\text{ton}} \right]$, lo que implicaría un consumo de energía de 81.63 [PJ] en el 2030. Se espera que dicha energía sea generada a partir de las siguientes fuentes:

- 90.9% del gas natural
- 7.5% de la electricidad
- 1.6 de los petrolíferos

4.6 Industria automotriz

Esta industria abarca la fabricación de automóviles, camiones, carrocerías, remolques y partes de vehículos. En el periodo comprendido entre 2010 y 2017, el PIB de la fabricación de automóviles y camiones registró una tasa de crecimiento anual promedio de 12.9%, mientras que la fabricación de partes para vehículos tuvo un 11.9%. Esto representó un crecimiento de la industria promedio de 12.3% anual, lo que hizo que su representación en el PIB nacional pasara del 1.6% en 1993 a 3.7% en 2017 y su participación en el sector manufacturero específicamente, pasó del 8.4% al 20% en el mismo periodo (INEGI, 2018).

En el 2016 la industria automotriz produjo 3,619,703 vehículos para lo cual requirió de 17.39 PJ de energía la cual se generó de la siguiente manera:

- 55.3% de la electricidad
- 35.1% del gas natural
- 9.6% de los petrolíferos

En el periodo comprendido entre 2014 y 2017 uno de cada 5 empleos del sector manufacturero fue generado por esta industria. Considerando una TCAC de 4.01%

entre 2000 y 2016, se estima que para 2030 se estarían fabricando 6,283,246 vehículos, los cuales requerirían 23.08 [PJ] de energía.

4.7 Industria de alimentos y azúcar

La industria alimentaria de México representa más del 23% del PIB de la industria manufacturera, y más del 3.69% del PIB nacional. Esta industria se compone de nueve subsectores y el que tiene mayor contribución a la industria alimentaria es el de panadería y elaboración de tortillas (CIAL Dun & Bradstreet, 2018).

En el 2016 se tuvo un valor agregado de 794,648.13 millones de pesos para la industria alimentaria, lo cual requirió 72.73 PJ de energía, que fue generada de las siguientes fuentes:

- 45.6% de la biomasa
- 25.8% del gas natural
- 16.5% de la electricidad
- 12.1% de petrolíferos

Estimando un TCAC del 2.1% en el periodo comprendido entre los años 2000 y 2016, se estimó que el valor agregado de la industria alimentaria para el año 2030 sería de 1,059,530.54 millones de pesos, lo cual representaría una demanda de 74.14 PJ de energía.

4.8 Demanda de energía

La [tabla 3](#) muestra la demanda de energía ajustada a la meta de eficiencia energética de 2030 por tipo de industria y por tipo de fuente, a partir de la información recopilada anteriormente:

Tabla 3. Demanda de energía ajustada por la meta de eficiencia energética al 2030, por tipo de fuente (PJ). Fuente: Sandoval & Franco, 2021.

Industria	Electricidad	Carbón	Gas natural	Petrolíferos	Biomasa	Total
Acero	23.8	73.4	177.8	5.6	0.0	280.6
Química	22.1	0.0	156.3	14.0	0.0	192.4
Cemento	19.0	7.0	10.3	131.9	0.0	168.2
Celulosa y papel	11.4	0.0	33.8	11.5	0.0	56.6
Vidrio	6.1	0.0	74.2	1.3	0.0	81.6
Automotriz	12.8	0.0	8.1	2.2	0.0	23.1
Alimentos y azúcar	12.3	0.0	19.1	8.9	33.8	74.1
Total						876.7

Estos valores ajustados son distintos a los tendenciales de consumo energético pronosticados para el 2030. De esta manera, se tiene una diferencia de energía, la cual representa el potencial que puede ahorrarse si se cumple la meta de eficiencia energética planteada para ese mismo año, ver [tabla 4](#).

Tabla 4. Potencial de ahorro energético derivado del cumplimiento de la meta de EE planteada al 2030 (PJ). Fuente: Sandoval & Franco, 2021.

Demanda energética al 2030 (PJ)	Escenario tendencial	Escenario ajustado por EE	Diferencia (PJ)	Variación Porcentual (%)
Electricidad	721.5	107.4	614.1	85.11
Carbón y sus derivados	128.6	80.4	48.2	37.48
Gas natural	841.0	479.7	361.3	42.96
Petrolíferos	268.3	175.4	92.9	34.62
Biomasa	46.2	33.8	12.4	26.83
Total	2,005.6	876.7	1,128.9	56.28

Considerando que el costo de la energía puede representar entre el 20% y 30 % de los costos totales de la manufactura en México (Nolasco & Ruíz, 2021), se realiza una relación entre el potencial total de ahorro energético derivado de la aplicación de medidas de eficiencia energética y la disminución de los costos de producción, para conocer cuál sería el incremento en la demanda final de este sector:

$$\text{Incremento porcentual de la demanda final} = (56.28\%)(25\%)$$

$$\text{Incremento porcentual de la demanda final} = \mathbf{14.07\%}$$

Capítulo V. Resultados

Una vez definida la entrada del modelo para los 20 sectores que representan el total de la economía nacional, se corrió el modelo y los resultados arrojados se presentan a lo largo de este capítulo.

Considerando el cálculo realizado sobre el incremento porcentual en la demanda final del sector de la Industria Manufacturera, que es del 14.07%, es posible conocer el aumento de la producción total de la economía nacional en millones de pesos. Para este trabajo, se utilizó la producción generada por los 20 sectores analizados y para obtener el aumento de la producción total, se realizó la diferencia de los 37,845,549 millones de pesos que representa el total de la producción actual ([figura 5](#)), a los 40,004,221 millones de pesos que representan el total de la nueva producción total ([tabla 5](#)). Como resultado se obtuvo que un incremento en la demanda final del sector de la Industria Manufacturera del 14.07% representa un aumento de 2,158,672 millones de pesos de la producción total de la economía nacional.

En la [tabla 5](#) se puede observar la nueva producción total en cada sector, de donde resalta que el líder en la nueva producción total es el sector de las industrias manufactureras con 14,729,849 millones de pesos, estando muy por encima del segundo lugar, el cual es el sector de la construcción con una nueva producción total de 2,948,232 millones de pesos.

Tabla 5. Modelo Insumo – Producto. Nueva Producción Total

Sector a nivel de 2 dígitos (Sector SCIAN)	Nueva Producción Total q' [Millones de pesos] *
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	1 145 706
21 - Minería	2 117 697
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	654 465
23 - Construcción	2 948 232
31-33 - Industrias manufactureras	14 729 849
43 - Comercio al por mayor	2 279 201
46 - Comercio al por menor	2 517 500
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	2 347 457
51 - Información en medios masivos	740 098
52 - Servicios financieros y de seguros	1 212 325
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	2 877 630
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	617 839
55 - Corporativos	209 066
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	967 379
61 - Servicios educativos	1 024 213
62 - Servicios de salud y de asistencia social	795 829
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	153 770
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	717 576
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	644 983
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	1 303 407
TOTAL	40,004,221

Por su parte, la [tabla 6](#) muestra el aumento porcentual en la producción, siendo el sector de las industrias manufactureras el que presenta el mayor aumento porcentual en la producción, con 12.42%, en segundo lugar, con 7.32% se encuentra el sector de la agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza, seguido del sector de minería con un 5.71%. Al analizar los resultados arrojados por esta tabla, se observa que hay dos sectores que no presentan un aumento porcentual en la producción: el sector de servicios de salud y de asistencia social; y el sector de actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales.

Tabla 6. Modelo Insumo – Producto. Aumento Porcentual en la Producción

Sector a nivel de 2 dígitos (Sector SCIAN)	Aumento Porcentual en la Producción [%]
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	7.32
21 - Minería	5.71
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	5.17
23 - Construcción	0.11
31-33 - Industrias manufactureras	12.42
43 - Comercio al por mayor	5.42
46 - Comercio al por menor	0.93
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	1.47
51 - Información en medios masivos	1.67
52 - Servicios financieros y de seguros	0.84
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	0.66
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	3.33
55 - Corporativos	4.95
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	4.98
61 - Servicios educativos	0.01
62 - Servicios de salud y de asistencia social	0.00
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	0.05
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	0.58
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	0.98
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	0.00

De los resultados obtenidos, destaca la aparición de 1,340,813.99 millones de pesos en nuevos insumos a precios de comprador (incluyendo las importaciones netas totales). Una vez más, el sector de las industrias manufactureras se encuentra a la cabeza con un total de 1,199,176.62 millones de pesos. El sector de la agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza, se encuentra por debajo del sector de las industrias manufactureras con 30,325.27 millones de pesos, es decir, 1,168,851.35 millones de pesos menos en insumos a precio de contador. También, se aprecia que el sector de las actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales, es el que posee menos nuevos insumos a precios de comprador dado que cuenta únicamente con 5.12 millones de pesos, lo cual representa tan sólo el 0.0004% de los nuevos insumos a precios de comprador del sector de industrias manufactureras, ver [tabla 7](#).

Tabla 7. Modelo Insumo – Producto. Nuevos Insumos a precios de comprador

Sector a nivel de 2 dígitos (Sector SCIAN)	Nuevos Insumos a precios de comprador (Incluye las Importaciones Netas Totales) [Millones de Pesos]
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	30325.27
21 - Minería	24470.98
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	15208.93
23 - Construcción	1307.32
31-33 - Industrias manufactureras	1199176.62
43 - Comercio al por mayor	22701.81
46 - Comercio al por menor	4607.48
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	13776.83
51 - Información en medios masivos	4869.56
52 - Servicios financieros y de seguros	3531.71
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	1568.21
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	5643.39
55 - Corporativos	3829.28
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	6554.13
61 - Servicios educativos	9.77
62 - Servicios de salud y de asistencia social	8.61
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	27.18
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	1416.79
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	1714.99
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	5.12
TOTAL	1,340,813.99

En la [tabla 8](#) se observa el total de las nuevas remuneraciones a empleados, que alcanza los 185,106 millones de pesos. El sector de las Industrias manufactureras lidera con 113,096 millones de pesos, seguido del sector Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación, con 27,112 millones de pesos y, en tercer lugar, el sector de Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza con 8,220 millones de pesos.

Tabla 8. Modelo Insumo – Producto. Nuevas Remuneraciones de empleados

Sector a nivel de 2 dígitos (Sector SCIAN)	Nuevas Remuneraciones de empleados [Millones de Pesos]
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	8 220
21 - Minería	5 602
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	4 405
23 - Construcción	586
31-33 - Industrias manufactureras	113 096
43 - Comercio al por mayor	3 396
46 - Comercio al por menor	5 086
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	6 120
51 - Información en medios masivos	1 252
52 - Servicios financieros y de seguros	1 564
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	404
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	4 549
55 - Corporativos	1 102
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	27 112
61 - Servicios educativos	69
62 - Servicios de salud y de asistencia social	12
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	13
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	702
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	1 806
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	12
TOTAL	185,106

El total de nuevos impuestos netos sobre la producción es de 6,856 millones de pesos, ver [tabla 9](#). El sector de las Industrias Manufactureras tiene el mayor cambio con un aumento de 5,483 millones de pesos. Hay tres sectores que no presentan ningún cambio: el sector de los servicios educativos; el sector de los servicios de salud y de asistencia social; y el sector de las actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales.

Tabla 9. Modelo Insumo – Producto. Nuevos Impuestos netos sobre la producción

Sector a nivel de 2 dígitos (Sector SCIAN)	Nuevos Impuestos netos sobre la producción * [Millones de Pesos]
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	2
21 - Minería	83
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	137
23 - Construcción	6
31-33 - Industrias manufactureras	5 483
43 - Comercio al por mayor	684
46 - Comercio al por menor	78
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	- 34
51 - Información en medios masivos	29
52 - Servicios financieros y de seguros	180
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	4
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	22
55 - Corporativos	87
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	28
61 - Servicios educativos	0
62 - Servicios de salud y de asistencia social	0
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	2
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	4
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	2
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	0
TOTAL	6,856

La [tabla 10](#) exhibe que el nuevo total excedente bruto de operación es de 625,919 millones de pesos, siendo el sector de las Industrias Manufactureras quien lidera el cambio con 309,520 millones de pesos, seguido del sector del comercio al por mayor con 90,391 millones de pesos, y en tercer lugar, se encuentra el sector de la minería con 84,235 millones de pesos. Asimismo, es posible visualizar que el sector de las actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales no presenta ningún cambio. Un dato importante que destaca del análisis de esta tabla es que el nuevo excedente bruto de operación de las Industrias Manufactureras representa casi el 50% del total del cambio producido en los 20 sectores considerados.

Tabla 10. Modelo Insumo – Producto. Nuevo Excedente bruto de operación

Sector a nivel de 2 dígitos (Sector SCIAN)	Nuevo Excedente bruto de operación * [Millones de Pesos]
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	39 614
21 - Minería	84 235
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	12 356
23 - Construcción	1 236
31-33 - Industrias manufactureras	309 520
43 - Comercio al por mayor	90 391
46 - Comercio al por menor	14 843
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	14 212
51 - Información en medios masivos	6 017
52 - Servicios financieros y de seguros	4 811
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	16 813
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	10 069
55 - Corporativos	4 842
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	12 159
61 - Servicios educativos	8
62 - Servicios de salud y de asistencia social	3
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	35
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	2 001
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	2 755
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	0
TOTAL	625,919

Dentro de la [tabla 11](#) está contenido el incremento en los puestos de trabajo remunerados, de donde es posible observar un aumento total de 1,282,297 millones de pesos, siendo el sector de las Industrias Manufactureras el que tendría el mayor impacto con 655,714 nuevos empleos, seguido del sector Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación, con 216,678 nuevos empleos.

Tabla 11. Modelo Insumo – Producto. Incremento en los puestos de trabajo remunerados

Sector a nivel de 2 dígitos (Sector SCIAN)	Incremento en los puestos de trabajo remunerados
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	195 780
21 - Minería	17 531
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	10 853
23 - Construcción	4 982
31-33 - Industrias manufactureras	655 714
43 - Comercio al por mayor	41 473
46 - Comercio al por menor	37 204
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	31 857
51 - Información en medios masivos	2 915
52 - Servicios financieros y de seguros	2 442
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3 567
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	19 422
55 - Corporativos	1 181
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	216 678
61 - Servicios educativos	199
62 - Servicios de salud y de asistencia social	33
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	83
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	7 532
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	32 636
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	34
TOTAL	1,282,237

Conclusiones

La eficiencia energética es uno de los pilares fundamentales para el cumplimiento de los objetivos de protección al medio ambiente que México se propuso alcanzar para el 2050.

Este trabajo utilizó la metodología de Leontief para realizar un análisis energético y económico del impacto que tendrían en la economía nacional la implementación de medidas de eficiencia energética al sector de las Industrias Manufactureras.

Se lograron realizar proyecciones para pronosticar el impacto que tendrían los cambios en las medidas de eficiencia energética implementadas en el sector de las Industrias Manufactureras dentro de la economía mexicana, estas proyecciones demuestran que en un sector tan intensivo energéticamente como lo es el manufacturero, los cambios más sutiles en las medidas de eficiencia energética repercuten de manera muy significativa en la economía del país, el análisis de resultados realizado en el capítulo anterior sustenta que un incremento tan solo el 14% en la demanda final del sector de la industria manufacturera, derivado de la aplicación de medidas de eficiencia energética, puede generar un aumento de más de 2 billones de pesos en la producción total de la economía nacional.

Utilizando un enfoque basado en la matriz nacional de insumo – producto fue posible estimar para cada sector que compone la economía mexicana, el impacto de las mejoras en la eficiencia energética de la industria manufacturera en valor agregado, empleo y ahorro de energía. En la [tabla 11](#) se observó que al correr el modelo, el incremento en los puestos de trabajo remunerados dentro el sector de las Industrias Manufactureras es el que tendría el mayor impacto con 655,714 nuevos empleos. Asimismo, se observaron grandes beneficios socioambientales, ya que se arrojaron valores potenciales de reducción de carbono. En lo que se refiere a ahorro energético, en la [tabla 4](#) se mostró el potencial de ahorro energético derivado del cumplimiento de la meta de eficiencia energética planteada para el año 2030 y a través de elaborar una relación entre el potencial total de ahorro energético derivado de la aplicación de medidas de eficiencia energética y la disminución de los costos

de producción, se pudo observar que el incremento en la demanda final de este sector fue del 14.07%.

De esta forma, se lograron cumplir los objetivos de este trabajo, los cuales demuestran el importante potencial de la matriz insumo producto como herramienta para el análisis del impacto de medidas de eficiencia energética y para representar la interrelación de los diversos sectores productores y consumidores de la economía mexicana.

Bibliografía

- ANIQ. (2018). *Estadísticas de la industria química*. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de ANIQ:
<http://www.aniq.org.mx/webpublico/InformacionIQ.asp#home>
- BIEE. (2019). *Base de indicadores de eficiencia energética*. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía:
<http://www.biee-conuee.enerdata.net>.
- Cámara del Papel. (2019). *Información corporativa*. Recuperado el 8 de Agosto de 2021, de Cámara del Papel: <http://camaradelpapel.mx/informacion-corporativa>
- CANACERO. (2019). *México, Programa siderúrgico 2018*. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de CANACERO:
https://www.canacero.org.mx/aceroenmexico/descargas/infografia_canacero_2019.pdf
- Celani, A., Cantore, N., Barbier, L., Matteini, M., & Pasqualetto, G. (2020). *THE IMPACT OF INDUSTRIAL ENERGY EFFICIENCY ON ECONOMIC AND SOCIAL INDICATORS*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2020, de United Nations Industrial Development Organization:
<https://www.unido.org/api/opentext/documents/download/16879045/unido-file-16879045>
- CEPAL. (2018). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México-2018, Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43612/1/S1800496_es.pdf.
- CIAL Dun & Bradstreet. (2018). *Análisis de la industria de alimentos y bebidas, México*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de CIAL Dun & Bradstreet:
https://www.cialdnb.com/pdf/economic-analysis/food-and-beverages/MEX_Economic-Analysis_ES.pdf
- Coldwell, P., Beltrán, L., Flores, A., Zendejas, F., Brasdefer, G., Rionda, R., & Avilés, V. (2018). *Balance Nacional de Energía*. Recuperado el 20 de Mayo de 2021, de SENER:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf
- Coordinación General del Sistema Nacional de Información. (1979). *La matriz de insumo producto como instrumento de análisis y programación económica*.

CDMX, México: Departamento de publicaciones de la Coordinación General del Sistema Nacional de Información.

- de Buen, O. (4 de Julio de 2019). *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2020, de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/conuee/es/articulos/hoy-dia-la-eficiencia-energetica-en-mexico-contribuye-mas-a-la-mitigacion-del-cambio-climatico-que-las-energias-renovables?idiom=es>
- DOF. (2015). *Ley de Transición Energética*. Recuperado el 22 de Julio de 2021, de DOF: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>.
- Dunsky. (2018). The economic impact of improved energy efficiency in Canada employment and other economic outcomes from the Pan-Canadian framework's energy efficiency measures. *Energy Consulting*.
- INEGI. (Noviembre de 2018). *Colección de estudios sectoriales y regionales. Conociendo la industria automotriz*. Recuperado el 8 de Agosto de 2021, de INEGI: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825106829.pdf
- Lin, T.-Y., & Chiu, S.-H. (2018). Sustainable Performance of Low-Carbon Energy Infrastructure Investment on Regional Development: Evidence from China. *Sustainability*, 21.
- Medina, A., Cámara, Á., & Monrobel, J. R. (2016). *Measuring the Socioeconomic and Environmental Effects of Energy Efficiency Investments for a More Sustainable Spanish Economy*.
- ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>.
- Proops, J. (1976). Input-output analysis and energy intensities: a comparison of some methodologies. *Applied Mathematical Modelling*.
- Salazar, C., Pamplona, E., & Vidal, J. R. (2012). La eficiencia energética como herramienta de gestión de costos: Una aplicación para la identificación de inversiones en eficiencia energética, su evaluación económica y de riesgo. *Revista Digital del Instituto Internacional de Costos*.
- Sandoval, E., & Franco, R. (2021). Beneficios socioambientales derivados de la eficiencia energética en el sector industrial mexicano. *SciELO*.

- SEMARNAT. (2018). *México rumbo a la COP-21*. Recuperado el 22 de Julio de 2021, de SEMARNAT: <http://www.depfe.unam.mx/actividades/15/Paris-2015sem-SEMARNAT.pdf>
- SENER. (2014). *Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía*. Recuperado el 22 de Julio de 2021, de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/185047/PRONASE2016OdB04112016concomentariosCCTE_0812116CSversionfinalcomprimida.pdf
- Vaca, J. M., & Kido, A. (2020). Estrategia de eficiencia en el consumo de energía eléctrica y mitigación en la estructura productiva de México. *Contaduría y Administración*.
- Valdez, M. J. (2009). *Requerimientos sectoriales de energía eléctrica en México. Una aplicación del concepto de entropía de Theil al análisis insumo - producto*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Vázquez, B., & Corrales, S. (2017). Industria del cemento en México: análisis de sus determinantes. *Revista Problemas del Desarrollo*.