



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
ENERGÍA – ECONOMÍA DE LA ENERGÍA

Sostenibilidad energética en México; avances y perspectivas en el marco de una
transición urgente

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA

PRESENTA:
M. I. Rigel Gámez Leal

TUTOR (ES) PRINCIPAL(ES)
Dr. Víctor Rodríguez Padilla, Facultad de Ingeniería, UNAM
COMITÉ TUTOR
Dra. Cecilia Martín del Campo Márquez, Facultad de Ingeniería, UNAM
Dra. Alejandra Castro González, Facultad de Ingeniería, UNAM
Dr. José Luis Fernández Zayas, Instituto de Ingeniería, UNAM
Dr. Carlos Chávez Baeza, UACM

MÉXICO, D. F. enero 2024



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.

Agradecimientos

A mis padres, quienes con su esfuerzo y cariño han cosechado en mí lo que alguna vez sembraron y a pesar de las dificultades seguimos juntos. A mi hermano Teri, quien me motivó a alcanzarlo académicamente hablando y me apoyó con el idioma de la corona británica ahora una lengua franca.

A Alfredo, quien es hoy algo más que un buen amigo.

A mis colegas universitarios, en especial los de Ciencias Básicas, quienes siempre creyeron en mí y tuvieron una fe inquebrantable en mis capacidades.

A Gerardo quien me motivó a iniciar esta aventura (que en más de una ocasión me pareció algo imposible) y quien también me motivó a terminarla.

A mis asesores de este proyecto académico: al Dr. Víctor Rodríguez por guiarme en todo momento en el desarrollo del mismo (incluso a altas horas de la noche), a la Dra. Cecilia Martín del Campo por darme siempre algo más que unas palabras de aliento, a la Dra. Alejandra Castro por orillarme siempre a hacer las cosas con profesionalismo, al Dr. José Luis Fernández por su confianza en mí como académico y como universitario desde que nos conocimos, al Dr. Carlos Chávez por su revisión minuciosa y meticulosa de este trabajo y al Dr. Pablo Mulás⁸ por sus valiosas aportaciones para esta investigación que, mientras pudo, me hizo llegar.

Contenido

Índice de tablas y gráficas	4
Resumen.....	5
Introducción	6
1.1 Hipótesis.....	15
1.2 Objetivo y metas	16
Capítulo 1. Sostenibilidad del desarrollo y sostenibilidad energética.	17
Capítulo 2. Metodologías principales para estimar la sostenibilidad energética.	26
Capítulo 3. Sostenibilidad energética en México de 2000 a 2020.	41
Capítulo 4. Análisis de resultados y discusión.....	55
Capítulo 5. Estrategias para mejorar la sostenibilidad del suministro de energía.....	77
5.1 Principales aspectos a considerar ante esta problemática.	79
5.2 Modelo energético con un enfoque soberanista o nacionalista.	85
5.3 Modelo energético con un enfoque global o abierto.	104
5.4 Comparativo de los modelos energéticos de política proteccionista y cerrada vs. global y aperturista para el sector energético en México.	125
Conclusiones	130
Referencias.....	137
Anexo 1. Indicadores de sostenibilidad para México de 2000 a 2020.....	144
Anexo 2. Artículo publicado:”Sustainability of the energy sector in Mexico from 2000 to 2020”. 146	

Índice de tablas y gráficas

Tablas.

Tabla 1. Lista y ponderación de dimensiones, categorías e indicadores energéticos para el Consejo Mundial de Energía (WEC).

Tabla 2. Indicadores de desarrollo sostenible según el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA).

Tabla 3. Indicadores regulatorios para un desarrollo sostenible. Banco Mundial (WB).

Tabla 4. Lista de indicadores sostenibles considerados por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), CEPAL y GTZ.

Tabla 5. Indicadores utilizados, en este trabajo, para evaluar la sostenibilidad energética de México en el periodo de 2000 a 2020.

Tabla 6. Criterios para la normalización de los indicadores de sostenibilidad empleados en este estudio.

Tabla 7. Valores normalizados de los indicadores de sostenibilidad para el sector energético mexicano entre 2000 y 2020.

Tabla 8. Otros indicadores de sostenibilidad energética en los últimos 4 periodos presidenciales.

Tabla 9. Evolución de los indicadores de sostenibilidad energética del sistema energético mexicano de 2000 a 2020.

Tabla 10. Sector Eléctrico Nacional, capacidad de generación (MW) de 2006 a 2021.

Tabla 11. PEMEX, indicadores de sostenibilidad de 2016 a 2021.

Gráficas.

Gráfica 1. Indicadores de sostenibilidad energética en México en 2000 y 2020.

Resumen

En esta investigación se analizaron los avances y retrocesos, en materia de sostenibilidad, logrados en el sector energético mexicano en las últimas dos décadas. Se hace especial énfasis en las acciones tomadas en la administración actual enmarcando este estudio dentro de la necesidad urgente de una transición energética ante los problemas que estamos viviendo como el cambio climático y una profunda desigualdad social. A partir de la metodología utilizada se observa que la sostenibilidad del abasto de energía a la población se ha degradado. Los avances en robustez, diversidad de oferta energética interna, cobertura eléctrica, acceso a tecnologías y combustibles limpios en el hogar, consumo de energía eléctrica per cápita y productividad energética no compensan los retrocesos en materia de autarquía, diversidad de fuentes en la generación de electricidad, alcance de recursos fósiles, aprovechamiento de fuentes de energías renovables, producción de electricidad con fuentes renovables de energía y emisión de gases efecto invernadero. La política energética de la administración actual ha centrado su atención en la soberanía y seguridad, pero ha relegado a un segundo plano la transición acelerada a un sistema de baja huella de carbono con seguridad y equidad. Es necesario ajustar las políticas energéticas para que el país transite por una senda de sostenibilidad creciente, tal como lo recomienda la Agenda 2030 de las Naciones Unidas con los objetivos del desarrollo sostenible.

Introducción

El acceso al uso de energía es vital para el desarrollo social y es motor para el desarrollo económico; sin embargo, invariablemente y con diferente intensidad, su uso también contribuye a la degradación ambiental. Se hace pues, imprescindible establecer un equilibrio entre estos aspectos.

Como una primera aproximación se puede decir que desarrollo sostenible (o sustentable¹) es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad para que las generaciones futuras puedan satisfacer las propias (Brundtland, 1987). México es un país con múltiples problemáticas económicas y sociales por lo que es imprescindible encontrar la manera de satisfacer las necesidades básicas de su población sin comprometer las de las generaciones futuras.

El uso de la energía está asociado ineludiblemente al desarrollo económico por lo que el lograr un uso de ella en forma eficiente y racional está fuertemente ligado con el bienestar económico y social de la población. Aunado a lo anterior, México es un país lleno de contrastes, mientras en algunos sectores se vive con excesos, en otros tenemos graves carencias asociadas a necesidades básicas. Es pues necesario tener estrategias que permitan lograr un desarrollo económico para que toda la población de nuestro país pueda tener una calidad de vida razonable. Se hace necesario tener siempre presente que dicho desarrollo debe lograrse minimizando los efectos sobre el medio ambiente ya que es una meta fundamental del desarrollo sostenible.

Es importante disponer de la capacidad de medir el estado de desarrollo de un país y verificar si se encamina o no hacia la consecución del objetivo de sostenibilidad; es decir, es necesario disponer de opciones informadas y equilibradas en el ámbito de la política, las inversiones y las medidas correctivas. La finalidad principal de los indicadores energéticos es determinar

¹ Si bien podemos establecer diferencias entre la palabra sustentable y sostenible, la Real Academia Española los acepta como sinónimos.

si la utilización actual de la energía es sostenible y, en caso contrario, cómo cambiarla para que lo sea. Los indicadores constituyen herramientas esenciales para dar a conocer a los encargados de las políticas energéticas las cuestiones relacionadas con el desarrollo sostenible y fomentar el diálogo institucional. Cada conjunto de indicadores refleja los progresos realizados, o los retrocesos asociados, hacia la consecución de un desarrollo sostenible.

Con base en todo lo anterior, es necesario evaluar los logros y áreas de oportunidad que tiene México en busca de un desarrollo sostenible, basándose en los principales indicadores energéticos, considerando que éstos ofrecen un panorama de todo el sistema energético e incluyen las interrelaciones entre las distintas dimensiones de dicho desarrollo, así como las implicaciones a más largo plazo de las actuales decisiones y compromisos internacionales.

Es también, necesario diseñar e implementar estrategias que propicien una transición rápida del uso de energías convencionales hacia la utilización de las energías limpias considerando nuestras limitaciones y áreas de oportunidad como país. Existen propuestas provenientes de académicos expertos en el área y organismos internacionales para estimar lo que se entiende por sostenibilidad, se analizarán y aprovecharán estas experiencias. Es importante recalcar que no todos los indicadores tienen la misma importancia temporal y espacial, incluso algunos indicadores han sido fuertemente cuestionados y están en la mesa de debate.

Se han hecho modificaciones para ir introduciendo el uso de fuentes de energía renovables en diferentes sectores, existen múltiples esfuerzos a través de programas e implementación de normas oficiales en búsqueda de un uso más eficiente y racional de energía. Cada día es mayor la población que cuenta con recursos energéticos y, aunque de forma marginal, se han mejorado y hecho más eficientes los procesos productivos.

Desde hace más de doscientos años el progreso de la humanidad se ha fincado en el uso de combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural han sido utilizados para producir bienes y servicios, así como mejorar las condiciones de vida de la población. Las ventajas asociadas a esos recursos no renovables opacaron sus desventajas hasta que ya no fue posible soslayar

las consecuencias negativas. Su uso desmedido ha dañado ecosistemas y puesto en peligro al planeta entero. Los desechos derivados de la producción y consumo de energía fósil se han convertido en la causa principal del calentamiento global y el cambio climático.

El aumento de los riesgos ambientales, las preocupaciones en torno a la degradación planetaria y la aspiración a un desarrollo equilibrado han llevado a la comunidad internacional a iniciar una transición energética con tres vertientes principales: primero, el aprovechamiento acelerado de energías limpias; segundo, el remplazo del petróleo y el carbón por gas natural, siendo este último el menos contaminante de los tres y; tercero, el giro hacia un consumo de energía más racional y eficiente. Se trata de un esfuerzo colectivo donde cada país determina la amplitud y velocidad de la transición, según su disponibilidad de recursos, capital y tecnología, pero también de otras prioridades de la agenda nacional del desarrollo y los compromisos internacionales establecidos.

En 2015, la Asamblea General de la ONU (Naciones Unidas, 2015) adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible que contempla 17 objetivos, uno de los cuales consiste en garantizar la energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Es un desafío enorme, no solo por los recursos y capacidades que se necesitan movilizar, sino también por los arbitrajes requeridos para dirimir conflictos entre objetivos deseados para el suministro de energía.

Dentro del marco del Proyecto Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) ² establece tres dimensiones para evaluar la sostenibilidad de un sistema energético de un país: la económica, la social y la de medio ambiente (Salgado y Altomonte, 2002) . En función de ello, selecciona 8 indicadores: la participación de las importaciones en la oferta energética, el aporte de las exportaciones energéticas al PIB y la intensidad energética para la primera dimensión; la cobertura eléctrica y el consumo de energía útil en los hogares para la segunda dimensión así

² en conjunto con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

como el alcance del uso de recursos fósiles y de la leña, la participación de recursos renovables en energía primaria y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) del sistema energético para la última dimensión. A partir de una normalización lineal y dándole un mismo peso a cada indicador se está en posibilidades de evaluar el acercamiento o alejamiento hacia la senda de sostenibilidad de una región o país en estudio.

Por su parte, para el Consejo Mundial de Energía (CME) la transición energética dependerá de la coherencia y efectividad de las políticas públicas orientadas a obtener energía en una forma sostenible (World Energy Council, 2018). El reto consiste en equilibrar y mejorar el desempeño de dichas políticas en tres dimensiones fundamentales: seguridad energética, equidad energética y cuidado ambiental en un contexto de crecimiento económico. El Consejo ha desarrollado una metodología para evaluar el desempeño de los sistemas energéticos nacionales y clasificarlos en función de sus logros, a partir de la cual se calcular un índice mundial del “*trilema*” energético. El informe más reciente (World Energy Council, 2022) analiza de manera retrospectiva 127 países con ayuda de 32 indicadores sintetizados en once categorías y cuatro dimensiones.

La metodología propuesta por el CME permite comparaciones homogéneas entre países y proporciona información sobre desafíos y oportunidades de cada país en el contexto de la transición energética global. Sin embargo, esta metodología no está exenta de inconvenientes. Por ejemplo, una clasificación comparativa no es suficiente para proporcionar orientación sobre cómo mejorar la política energética. Además, utilizar la misma estructura para medir naciones distintas en tamaño, geografía, recursos naturales, economía e historia, desdibuja los detalles. Desde el momento en el que se excluye información específica de cada país los resultados podrían estar alejados de la realidad tal y como sucede con nuestro país.

El acceso a la energía es vital para el desarrollo social y es motor para el desarrollo económico. Sin embargo, invariablemente y con diferente intensidad, su uso también contribuye a la degradación ambiental. Se hace pues imprescindible establecer un equilibrio entre esos aspectos.

La ingeniería busca satisfacer las necesidades de la sociedad a partir del aprovechamiento de los recursos naturales. Sin embargo, en las últimas décadas, dicha utilización se ha hecho de manera irracional poniendo en peligro incluso nuestra sobrevivencia. Resulta innegable que estamos viviendo una crisis como habitantes del planeta Tierra, ejemplo de ello, son los efectos del calentamiento global y, en consecuencia, el cambio climático.

El uso de la energía está asociado al desarrollo económico por lo que el lograr un uso de ella en forma eficiente está fuertemente ligado con el bienestar social de la población. Es necesario considerar que todos los habitantes tengan resueltas en forma adecuada sus necesidades básicas sin olvidar que vivimos dentro de los límites impuestos por la naturaleza.

En la elaboración de este estudio se pretenden tener siempre presente la realización de un diagnóstico y la búsqueda de propuestas de soluciones independientemente del sesgo político o partidista que pueda tener asociado. Esto es, se buscará en todo momento que el análisis de las políticas y metas gubernamentales se analicen en forma imparcial y en forma independiente del grupo político que las proponga o realice.

Entenderemos por energías renovables aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles en forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes. Se consideran fuentes de energía renovables: el viento, la radiación solar, el movimiento del agua en cauces naturales o en aquellos artificiales con embalses ya existentes, la energía oceánica en sus distintas formas, el calor de los yacimientos geotérmicos y los bioenergéticos. Como energías limpias, consideraremos las energías renovables; la energía generada por el aprovechamiento calórico del metano y otros gases asociados en los sitios de disposición de residuos, granjas pecuarias y en las plantas de tratamiento de aguas residuales; la energía generada por el aprovechamiento del hidrógeno mediante su combustión o uso en celdas de combustible, cuando se cumpla con los criterios establecidos por las autoridades; la energía proveniente de centrales hidroeléctricas; la energía nucleoelectrica; la energía generada con

los productos del procesamiento de esquilmos agrícolas o residuos sólidos urbanos, que cumplan con los criterios establecidos; la energía generada por centrales de cogeneración eficiente; la energía generada por ingenios azucareros que cumplan con los criterios establecidos; así como la energía generada por centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono; tecnologías consideradas de bajas emisiones de carbono.³

Existen propuestas provenientes de académicos y organismos internacionales para estimar lo que se entiende por desarrollo sostenible y sostenibilidad energética. Analizaremos y aprovecharemos esas experiencias y para ello es fundamental apoyarse en indicadores energéticos. Es importante recalcar que no todos los indicadores tienen la misma importancia temporal y espacial, lo que para una región o país puede ser útil, puede ser irrelevante para otro. Adicionalmente algunos indicadores han sido fuertemente cuestionados y están en la mesa de debate.

Con base en los indicadores seleccionados se está en posibilidad de evaluar la trayectoria seguida con la deseable a partir de los compromisos y políticas establecidas para lograr una transición más rápida hacia el desarrollo sostenible en nuestro país. En este aspecto es necesario tener identificados con claridad qué cambios se necesitan para reorientar el uso de fuentes de energía convencionales⁴. De esta manera será posible proponer orientaciones concretas que permitan lograr un desarrollo sostenible en forma acelerada buscando en todo momento atender las necesidades sociales fundamentales a través de un desarrollo económico y considerando en todo momento un respeto absoluto por el medio ambiente.

³ Dr. Rafael Castellanos Bustamante. Responsable de Asuntos de Competencia de la Gerencia de Transmisión y Distribución del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. Conferencia 30; 9 de octubre de 2022, en el VIII Curso de Actualización el Sistemas Energéticos. WEC.

⁴ Llamadas también no renovables son aquellas que tienen una participación importante en los balances energéticos de los países industrializados; es el caso del carbón, petróleo, gas natural, hidráulica y nuclear.

Si bien se han hecho esfuerzos para ir introduciendo las fuentes de energía renovables en diferentes sectores a través de programas e implementación de normas oficiales a la par de la búsqueda constante de un uso más racional y eficiente de la energía, los esfuerzos no han sido suficientes para acercarnos a la senda de la sostenibilidad.

La Reforma Energética emitida por el presidente de la administración anterior, Enrique Peña Nieto, buscó cambios institucionales y regulatorios que permitieron cambios en el sector energético permitiendo la incorporación de la inversión privada con un enfoque de mayor apertura y globalización. En contraste, en el gobierno actual, la seguridad y la soberanía energéticas han sido ascendidas a la cúspide de las prelación de la política energética desde el inicio de la administración del presidente Andrés Manuel López Obrador, lo cual se ha visto reflejado claramente en diversas acciones emprendidas en el sector energético desde sus primeros años de gobierno. Aunque el discurso oficial contiene elementos a favor de la sostenibilidad, la atención se ha concentrado en la producción de petróleo, la autosuficiencia en gasolina, la contención de precios y el fortalecimiento de las empresas públicas asociadas al sector energético. El gobierno actual ha buscado fortalecer a los organismos públicos, como Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Petróleos Mexicanos (Pemex) haciendo a un lado la inversión privada; es decir, basándose en buena medida en un modelo energético con un enfoque nacionalista en vez de uno global y con más apertura como el de sus predecesores.

La energía ha sido uno de los temas centrales del gobierno del presidente actual. Las medidas para cambiar el rumbo del sector energético iniciaron desde los primeros años de su gobierno – autoproclamado la cuarta transformación de México (4T) ⁵ – en cumplimiento de lo prometido durante la campaña electoral y el discurso de toma de posesión (López Obrador, 2018a, 2018b) ⁶. Su compromiso fue corregir el daño causado por el neoliberalismo,

⁵ Las transformaciones previas fueron la Independencia (1810-21), la Reforma (1858-61) y la Revolución (1910-17).

⁶ En el primer mes de gobierno se puso en marcha el Programa Nacional de Electricidad, el Plan Nacional de Refinación, el Plan Nacional para la Producción de Hidrocarburos y el Plan Conjunto de Atención a

paradigma económico que dominó la vida económica de 1988 a 2018. En diversas conferencias de prensa el primer mandatario ha señalado que era necesario un quiebre de la política energética porque la liberalización del comercio y la inversión no sólo obtuvo malos resultados o la falta de ellos, sino también por el debilitamiento deliberado de las empresas del Estado, Petróleos Mexicanos (Pemex) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

El parteaguas también era indispensable, asegura, porque la vasta liberalización aprobada por el Congreso en 2013 – mejor conocida como Reforma Energética – fracasó, a juzgar por la caída de la producción de hidrocarburos, el aumento de las importaciones y la escalada de precios, que hizo estragos en la economía de los más necesitados por aumento del costo del transporte y la canasta básica. Además, se perdió autosuficiencia y se profundizó la dependencia de los combustibles importados. Las exportaciones de petróleo crudo dejaron de cubrir las importaciones de refinados y la balanza comercial petrolera se volvió deficitaria. Y mientras los déficits se multiplicaban las autoridades dieron facilidades para negocios privados y con ello privatizar actividades operativas mediante contratos, licencias y permisos. La élite gobernante se empeñó en privatizar el suministro de energía mediante el replazo paulatino de las empresas públicas por compañías privadas.

Frente a este panorama la respuesta de Andrés M. López Obrador fue “rescatar al sector energético” bajo la premisa de fortalecer a Pemex y a la CFE, conservándolas como empresas cien por ciento públicas con una ineludible función social. También se rescataría su función no sólo como pilares de la seguridad y soberanía energética sino como palancas de desarrollo. Ese rescate estaría acompañado de una política energética basada en el interés público (SENER, 2020b). El gran propósito sería hacer nuevamente del sector energético (público) una palanca estratégica para impulsar el desarrollo económico de México.

En este marco, seguridad y soberanía energéticas fueron ascendidas al nivel de política de Estado con prioridad sobre cualquier otro propósito. Aunque no existe una definición formal

Instalaciones Estratégicas de Pemex, éste último destinado a combatir el robo de combustibles en ductos y refinerías.

de esos conceptos, podemos entender por soberanía energética el control de las decisiones estratégicas por parte del Estado y por seguridad energética la garantía de que habrá suficiente energía en el país y que su precio se mantendrá razonable.⁷ El compromiso concreto del presidente fue que el precio de los combustibles y la electricidad no subirían más allá de la inflación. La autosuficiencia fue elevada al rango de objetivo prioritario al ser conceptualizada como una condición necesaria de la seguridad energética y de la soberanía nacional. Por autosuficiencia se entiende la voluntad de sustituir importaciones de hidrocarburos y compras de energía eléctrica privada, con la idea de que Pemex y CFE produzcan los combustibles y la electricidad que requiere el país, sin considerar los volúmenes que pudieran aportar los productores privados.

Este trabajo de investigación se divide en 5 capítulos. En el primero discutiremos lo que se entiende por sostenibilidad del desarrollo y por sostenibilidad energética; para ello recurriremos a la interpretación que dan diversas instituciones internacionales de reconocido prestigio. Si bien el concepto de sostenibilidad es dinámico y no existe una definición única podemos partir de un punto de vista pragmático y tener una definición en mente que nos ayude a lograr el objetivo principal de este trabajo. También se comentará la importancia del sector energético de un país o región para lograr un desarrollo equilibrado o sostenible.

Una vez estableciendo lo que se entiende por sostenibilidad energética, en el capítulo 2 se discutirá cómo se puede medir. Sabemos que imprescindible medir para poder comparar y, con ello, tomar decisiones; se vislumbra que es necesario monitorizar en forma regular los impactos que van teniendo las acciones y estrategias por lo que el uso de indicadores resultan ser una herramienta imprescindible para evaluar los avances y retrocesos obtenidos. Se comentarán y compararán varias estrategias que han seguido diversos organismos internacionales establecer un conjunto de indicadores que permitan la evaluación de la sostenibilidad.

⁷ De acuerdo con el Programa Sectorial de Energía 2020-2024, precios *razonables* son los que contribuyen a la rentabilidad de las empresas productivas del Estado, la competitividad del sector productivo y la protección de la economía familiar.

Con base en lo anterior, se estará en posibilidad de seleccionar un conjunto de indicadores adecuado para evaluar la sostenibilidad del sector energético en México. En el capítulo 3 se pretende analizar la sostenibilidad de dicho sector en nuestro país en los últimos años, específicamente de 2000 a 2020. Para ello se consideran un conjunto de 12 indicadores seleccionados de manera que reflejen lo más fielmente posible nuestra situación particular. Se describe cada indicador seleccionado, se comenta su importancia y se analiza cómo ha evolucionado en el periodo mencionado. Para poderlos comparar simultáneamente y con ello lograr una visión integral que permita evaluar la sostenibilidad con un indicador único, se normalizan y obtiene un valor único de sostenibilidad por año. Lo anterior permite evaluar qué ha sucedido con la sostenibilidad del sector en los últimos 20 años.

Resulta necesario analizar lo que ha venido haciendo el gobierno federal para, a través de políticas públicas y diversas acciones, buscar un equilibrio entre los aspectos sociales, económicos y ambientales, por ello en el capítulo 4 se discuten los avances que se han presentado, así como los retrocesos presentados. Se hace especial énfasis en el análisis detallado de los resultados en materia de sostenibilidad que se ha logrado con la política energética del gobierno actual con la idea de conocer el impacto del retorno del nacionalismo en la sostenibilidad del sistema energético mexicano.

Finalmente, en el capítulo 5 se discuten también algunas propuestas para lograr un acercamiento al camino de la sostenibilidad dentro del marco de una transición energética necesaria y urgente con el fin de acelerar dicha transición que impone la impostergable necesidad de minimizar los efectos adversos del cambio climático.

1.1 Hipótesis.

En México, las políticas energéticas de los gobiernos más recientes presentan avances en materia de sostenibilidad; sin embargo, han sido insuficientes para lograr un equilibrio sólido entre las dimensiones económica, social y ambiental.

1.2 Objetivo y metas

Objetivo. Evaluar los avances y retrocesos de la sostenibilidad energética en México, en las últimas dos décadas, conociendo qué acciones tomar para enfrentar los problemas actuales en el marco de una transición energética urgente.

Metas:

- a) Establecer un concepto de sostenibilidad, sostenibilidad del desarrollo y sostenibilidad energética.
- b) Examinar las metodologías principales existentes para medir la sostenibilidad energética.
- c) Evaluar la sostenibilidad energética en México en las últimas dos décadas.
- d) Analizar las políticas energéticas de la administración actual en búsqueda de lograr una sostenibilidad energética a corto y mediano plazo.
- e) Establecer unas propuestas que nos permita mejorar la sostenibilidad del suministro de energía en el marco de la transición energética.

Capítulo 1. Sostenibilidad del desarrollo y sostenibilidad energética.

Al “desarrollo sostenible” se le conoce también como “desarrollo sustentable” por su traducción literal del inglés “*sustainable development*”; sin embargo, como se indicó anteriormente, existe una diferencia semántica que se debe enfatizar entre estos dos conceptos. Si consideramos como referencia el Diccionario de la Real Academia Española, sostenible es un término que se utiliza especialmente en Ecología y en Economía, y hace referencia a lo que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente. Estrictamente no es sinónimo de sustentable ya que este término se refiere a algo que se puede sustentar o defender con razones. Por lo anterior, aunque sustentable es un término que se utiliza frecuentemente, es preferible el término sostenible ya que da una connotación más cercana a lo que se quiere definir para el desarrollo; a pesar de que, hoy día, la Real Academia Española los acepta como sinónimos.

Durante la década de los 60 y 70, surgen varios movimientos que denuncian que el desarrollo no está considerando los impactos que éste genera al medio ambiente, mismos que no permitirán seguir con el ritmo del desarrollo. Un libro que surge a partir de esta problemática es “*Los límites del crecimiento*” el cual concluye que:

“... si las tendencias de crecimiento en la población mundial, industrialización, contaminación, producción de alimentos y utilización de los recursos naturales no se modifican, los límites del crecimiento del planeta se alcanzarán dentro de los próximos cien años” (Meadows et al., 1972).

Desde hace más de 40 años comenzó a considerarse el concepto de desarrollo sostenible. Es en 1980 que apareció la concepción de desarrollo sostenible, en un documento de la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) en el cual se dice que: “la gestión del uso humano de la biósfera para que pueda producir el mayor beneficio sostenible para las generaciones presentes que a la vez que se mantenga su potencial para cubrir las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Por tanto, la

conservación en positivo incluye la preservación, mantenimiento, uso sostenible, restauración y mejora del ambiente natural” (IUCN, 1980).

Es en 1987 que la Comisión Brundtland en su informe “Nuestro Futuro Común” define el concepto de desarrollo sostenible como: “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad para que futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987) siendo ésta la más conocida y referida. Además del anterior, otro concepto que merece la pena destacar es: “el tipo de actividad humana que nutre y perpetúa el rol histórico de la comunidad entera de vida sobre la Tierra” (Engel y Gibb, 1990). Como lo indica (Bossel, 1999) si bien estos dos conceptos anteriores nos sirven de referencia, el desarrollo sostenible de la sociedad humana tiene dimensiones ambientales, materiales, ecológicas, sociales, económicas, legales, culturales, políticas y psicológicas que requieren de atención. El concepto de sostenibilidad que consideremos tiene consecuencias, dependiendo de nuestra interpretación se puede enfocar en ciertos indicadores e ignorar otros.

Sostenibilidad es un concepto dinámico; las sociedades y sus ambientes cambian, la tecnología y la cultura cambian, valores y aspiraciones también, por lo que una sociedad sostenible debe seguir esos cambios y ello hace que el concepto de desarrollo sostenible sea cambiante. Dentro de las principales limitantes de un desarrollo sostenible se encuentran las condiciones físicas y las leyes de la naturaleza, las condiciones de la naturaleza humana y sus objetivos; así como el factor tiempo ya que cualquier proceso dinámico posee un tiempo de respuesta.

Es un hecho que los desafíos y acciones emprendidas hacia un sistema energético sostenible pueden diferir de un país a otro o de un sistema energético a otro; sin embargo, éste propicia siempre un bienestar social y económico sin dejar a un lado la utilización sostenible de recursos naturales, así como un impacto menor al medio ambiente (IAEA, 2005). También ha sido necesario considerar la necesidad de una seguridad y confiabilidad energética a precios asequibles.

La importancia de la energía en el desarrollo sostenible fue reconocida cuando el concepto fue introducido por primera vez en el reporte “*UN’s Our commun future*”. En el año 2000, el concepto de desarrollo de energía sostenible (SED) fue considerado en el reporte “*World Energy Assessment*” con la introducción de un paradigma en el desarrollo donde los impactos económicos, sociales y ambientales del desarrollo de la energía fueron considerados. Desde ello, el desarrollo de la energía sostenible ha sido un objetivo importante de políticas internacionales el cual desafía diversos retos en los sistemas modernos de energía como reducción de uso de recursos fósiles, incremento del consumo de energía y cambio climático.

Como una definición surgida a partir del esfuerzo conjunto de varios organismos internacionales (OLADE, 1997) es posible citar que la palabra desarrollo hace referencia al desarrollo humano; es decir, al proceso de ampliar la gama de opciones de las personas, brindándoles mayores oportunidades de educación, atención médica, ingreso y empleo, y abarcando el espectro total de opciones humanas, desde un entorno físico en buenas condiciones hasta libertades económicas y políticas. En otras palabras, es necesario considerar las dimensiones sociales y económicas, la dimensión ambiental o entorno físico, así como la dimensión política. El imperativo de la sostenibilidad agrega la dimensión de tiempo ya que existen fuertes consecuencias de las acciones en el presente sobre las oportunidades futuras, en otras palabras, un desarrollo humano sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. Con base en lo anterior los organismos internacionales citados consideran que un sector energético sostenible es aquel que posee, al menos, ocho condiciones fundamentales: i) una baja participación de las importaciones en la oferta energética (autarquía); ii) una baja contribución de las exportaciones energéticas al PIB (robustez); iii) un alto PIB por cada unidad de energía; iv) un alto porcentaje de hogares electrificados, v) un suficiente consumo de energía útil residencial; vi) bajos niveles de emisiones de bióxido de carbono - CO₂ - (pureza relativa al uso de energía); vii) una alta participación de energías renovables en la oferta energética y viii) un alto nivel de relación reservas/producción de energéticos fósiles y leña.

El concepto de desarrollo sostenible significa fundamentalmente la posibilidad de mejorar la calidad de vida, de un modo que sea sostenible económica y ambientalmente, a largo plazo, con el respaldo de la estructura institucional del país. Diversos organismos internacionales contemplan, al menos, tres dimensiones importantes para lograr dicho desarrollo: la social, la económica y la ambiental, incluso algunos de ellos subdividen a su vez cada dimensión en diversos temas para agrupar los indicadores de sostenibilidad (OIEA, 2008). Para que éstos sean herramientas fiables y útiles es necesario que cuenten con el respaldo de una base sólida de datos estadísticos, válidos y coherentes. También deberán contribuir a aclarar cuáles son las prioridades de cada país.

Por otra parte, a través del “*Trilema energético*”, el Consejo Mundial de Energía (World Energy Council, 2016) define la sostenibilidad energética a partir de tres dimensiones: seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad ambiental. Estas tres dimensiones, en conjunto, conforman lo que denominan “*trilema*”, el cual se logra integrar, considerando adicionalmente a las dimensiones mencionadas, las relaciones entre sectores públicos y privados, gobiernos y entes reguladoras, factores económicos y sociales, recursos naturales, aspectos ambientales y comportamientos individuales. De esta manera la seguridad energética se refiere a una administración efectiva de las fuentes de energía primaria, confiabilidad de infraestructura energética y capacidad de los proveedores de energía para cubrir las demandas actuales y futuras; la equidad energética se asocia a la accesibilidad y asequibilidad de la energía para la población; finalmente la sostenibilidad ambiental se refiere a la eficiencia energética en el lado de la oferta y de la demanda, desarrollo de fuentes de energía renovables y fuentes bajas en carbono.

En México, la Secretaría de Energía (SENER, 2016) define como sector energético sostenible aquél que logra un desarrollo económico y mejora de las condiciones socio-económicas de la población a través de un uso racional de los recursos energéticos del país. Con base en lo anterior, afirma que los principales indicadores energéticos para México son: independencia energética, intensidad energética y consumo de energía per cápita. Sin embargo, también define la sostenibilidad energética del sector como aquel consumo adecuado y asequible de energía para el desarrollo económico y social de un país (SENER, 2011).

Para el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2008), la mejor definición de desarrollo sostenible es la proporcionada por la Comisión Brundtland: “es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad para que futuras generaciones puedan satisfacer las propias”. De acuerdo con ello, para este organismo la energía es imprescindible para potenciar el bienestar social y económico y es indispensable para generar la riqueza industrial y comercial; es una condición *sine qua non* para aliviar la pobreza, generalizar la protección social y elevar el nivel de vida. Pero es sólo un medio, no un fin, y el fin reside en lograr una buena salud de sus habitantes, un alto nivel de vida, una energía sostenible y un medio ambiente limpio.

Independientemente de la definición que se adopte del término de desarrollo sustentable y de sus implicaciones para cada ámbito o región, sea urbana o rural, hay coincidencia en que dicho concepto deberá tender hacia un esquema de desarrollo que considere al ser humano como centro o eje de toda energía, en la cual el mejoramiento de la calidad de vida se dé con eficiencia productiva y de manera armónica con la preservación de recursos naturales. Con base en lo anterior, también en México, la definición que utiliza el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2000) es que un desarrollo sustentable es aquel que cumple con los siguientes lineamientos: combina la protección al ambiente y los recursos naturales con un aprovechamiento sustentable de los mismos, promueve el uso de los recursos que favorezcan la equidad social, realiza acciones de carácter preventivo e induce cambios en sistemas productivos y patrones de consumo, fomenta la corresponsabilidad y la participación social en el diseño de estrategias y políticas, informa a la sociedad de manera constante y veraz, además de articular una participación activa en los foros y acuerdos internacionales mediante el diseño de políticas y la definición de prioridades internas.

Si bien las definiciones anteriores son bastante completas, para otros autores puede definirse en forma más breve. Por ejemplo, de acuerdo con (Vera y Langlois, 2007) un sector energético que logra un desarrollo sostenible es aquel que provee servicios de energía adecuados a costos asequibles de una manera segura y acorde al medio ambiente, tomando en cuenta, además, las necesidades sociales y económicas. En este mismo tenor, podemos

citar a (Tsai, 2010) quien comenta que la diversidad de fuentes de energía, bajo consumo energético, bajas emisiones de dióxido de carbono y una producción de energía renovable implican un desarrollo hacia una sostenibilidad energética por lo que un sector energético sostenible se puede definir como aquel que logra un equilibrio entre una economía baja en carbono con un desarrollo económico, considerando una protección ambiental y seguridad energética bajo los principios de alta eficiencia, valor agregado, bajas emisiones y baja dependencia energética en combustibles fósiles principalmente.

Para los autores (Salgado y Altomonte, 2002) un sector energético sustentable es aquel que contempla tres aspectos fundamentales: i) riesgos, vulnerabilidades y restricciones para el desarrollo socio económico; ii) sesgos inequitativos en el abastecimiento energético y posibles incoherencias en el uso de recursos y iii) efectos externos sobre el medio ambiente. Si bien los indicadores son agrupados en forma diferentes a otros textos, es innegable que el adjetivo sustentable hace referencia al desarrollo en las tres dimensiones mencionadas con anterioridad económica, social y ambiental.

En opinión de (Molina et al., 2009) la sustentabilidad energética se puede medir a través de un solo indicador, el cual se basa en la autonomía energética, la robustez ante cambios externos, la productividad energética, la cobertura eléctrica y de necesidades energéticas, el impacto ambiental del energético, el uso de fuentes renovables y la estimación de la utilización de fuentes de energía.

Para otros autores basta con crear un solo indicador que contemple varios aspectos. Lo anterior se puede observar en el trabajo elaborado por (Ibarrarán et al., 2009) en el que a partir de un solo indicador se evalúa la sostenibilidad del sector energético en México; sin embargo, según citan estos autores, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) y el Comité de Energía Sustentable de Naciones Unidas el concepto de sustentabilidad energética se puede definir como el suministro de energía a un costo accesible para la población, asegurando el servicio y respetando el medio ambiente. De esta manera se contemplan los vínculos entre energía y sociedad-ambiente-economía al considerar que: a) la energía es un recurso vital para cubrir las necesidades humanas; b) se entiende que su uso

contribuye a la producción de bienes y servicios y c) se reconoce que su uso tiene un impacto sobre el medio ambiente a través de sus funciones de fuente de energía y sumidero de emisiones y residuos.

Destaca también que el Banco Mundial, organismo internacional de suma importancia, evalúa la sostenibilidad de un sector energético a través de un conjunto de indicadores llamado “Indicadores regulatorios para la energía sostenible” (RISE, por sus siglas en inglés); así, un sistema energético sostenible es aquel que contempla tres condiciones básicas: permite el acceso a la energía, tiene eficiencia energética y contempla el uso de energías renovables. (World Bank Group, 2016). Se basa en la meta de asegurar un acceso asequible (alcanzable), fiable (que da seguridad) y sostenible para todos, además de incrementar drásticamente la eficiencia energética y el uso de energías renovables.

De acuerdo con (Bell y Morse, 2008) a los administradores les agrada “medir” para saber qué han logrado con éxito, pero muchas cosas en la vida no son medibles como tal, una de ellas es la sostenibilidad; sin embargo, ésta se puede definir a partir de parámetros que sí pueden medirse. Según estos autores, existen varias definiciones de lo que es la sostenibilidad dependiendo del enfoque que se le quiera dar; por ejemplo, i) es la capacidad de un sistema de mantener una salida a un nivel aproximadamente igual o mayor que su promedio histórico, con una aproximación determinada por el nivel histórico de variabilidad; ii) significa mantener los beneficios de un desarrollo económico, sujeto a mantener también los servicios y calidad de los recursos naturales a través del tiempo; iii) la sostenibilidad de ecosistemas naturales puede definirse como el equilibrio dinámico entre las entradas y salidas naturales, modificadas por eventos externos como el cambio climático y desastres naturales; o también iv) es el desarrollo que mejora la calidad de vida humana mientras permite la vida de manera que sea mantenida por el ecosistema.

Si bien el debate sobre la definición más apropiada de desarrollo sostenible continúa, es un hecho que nuestra fuerte dependencia en fuentes de energía agotables no puede ser sostenida a largo plazo y seguir por esa ruta compromete la posibilidad que futuras generaciones puedan satisfacer sus necesidades. Aunque el concepto de desarrollo sostenible ha sido

discutido ampliamente, hay nuevas ideas sobre ello. Como base se tienen tres dimensiones básicas: la económica, la social y la ambiental; sin embargo, algunos autores y organismos internacionales agregan una cuarta, la cual denominan institucional y consideran también importante porque refleja la buena no mala coordinación de las actividades para lograr que las tres primeras se desarrollen adecuadamente. Incluso algunos más, como (Iddrisu y Bhattacharyya, 2015) plantean la necesidad de considerar una quinta dimensión denominada técnica la cual debe considerar la habilidad de contar con un sistema de fuentes de energía para afrontar las necesidades presentes y futuras de la sociedad en forma confiable, eficiente y con fuentes de energía limpia. Así, de esta manera, podemos tener un solo índice general de sostenibilidad reflejado en un polígono de 5 lados en el que a mayor área mayor sostenibilidad.

En opinión de (Searcy, 2006) si bien el desarrollo sostenible se puede definir tal y como lo enuncia la Comisión Bruntland señala que también es necesario considerar que: i) se tenga un proceso claro, flexible y transparente para crear indicadores de desarrollo, ii) los indicadores utilizados estén siempre enfocados a temas ambientales, económicos y sociales y iii) se cuente con un modelo que integre los indicadores con iniciativas existentes.

Vale la pena citar también que para (Aceleanu et al., 2017) un desarrollo sostenible de cualquier economía implica asegurar un desarrollo económico, un desarrollo social y una protección ambiental. La energía es pilar fundamental para lograr un desarrollo sostenible lo cual implica un elevado nivel de crecimiento, mientras se mantiene un medio ambiente limpio y saludable para las generaciones presentes y futuras.

Podemos entonces comentar que un desarrollo económico parte de un ambiente económico, que permita mejorar la calidad de vida de las personas que integran una sociedad sin descuidar la búsqueda permanente para minimizar los impactos ambientales que ello conlleva. Dado que la energía es un fin para lograr lo anterior, podemos afirmar que un sistema energético sostenible es aquel que logra un equilibrio entre los aspectos económicos, sociales y ambientales, satisfaciendo las necesidades presentes sin ver comprometidas las de las generaciones futuras. Es importante destacar que, para que lo anterior se logre, se necesita

un conjunto de organismos o instituciones que coordine los diferentes esfuerzos encaminados hacia un desarrollo sostenible. A este último sector podemos identificarlo como una dimensión adicional llamada política-institucional.

A partir del problema general del desarrollo sostenible, la literatura ha enfocado su atención en el significado del concepto según diferentes ramas de la economía. Por ejemplo, para (Fotourehchi, 2017) la sostenibilidad del desarrollo depende de los efectos de realimentación directos e indirectos entre el crecimiento económico, el bienestar social y la degradación ambiental. Por su lado, (O 'Callaghan et al., 2012) consideran necesario adoptar el enfoque de economía verde para conseguir ese desarrollo. Para (Kemmler y Spreng, 2007) un desarrollo económico que hace a un lado el aspecto ambiental y social está lejos de ser sostenible, de ahí la importancia de dar igual peso a los aspectos económicos, sociales y ambientales; además el desarrollo sostenible también depende de la visión del mundo de una sociedad y de sus valores. A pesar de las numerosas dificultades para definirlo, su medición es indispensable para hacer operativo dicho concepto.

Capítulo 2. Metodologías principales para estimar la sostenibilidad energética.

La abundancia de definiciones sobre sostenibilidad da origen a una amplia variedad de propuestas para estimarla cuantitativamente. Algunos autores y organismos utilizan decenas de indicadores, por ejemplo (OIEA, 2008; World Bank Group, 2016), otros retienen unos cuantos, sólo aquellos que a su juicio sintetizan la esencia de la sostenibilidad (Armin Razmjoo et al., 2019; OLADE, 1997) por citar solo algunos. De acuerdo con esto último (Rinne et al., 2013) puntualizan que el entusiasmo internacional por el desarrollo sostenible ha propiciado múltiples criterios de clasificación, aunque ello no evita los traslapes entre los aspectos que evalúa cada indicador.

Son frecuentes los estudios que seleccionan los indicadores en función de las tres áreas tradicionales asociadas al desarrollo sostenible: economía, sociedad y ambiente (Ibarrarán et al., 2009; Salgado y Altomonte, 2002; Sheinbaum et al., 2012). Por otra parte, el Banco Mundial prefiere una clasificación basada en el acceso a la energía, la eficiencia energética y la utilización de energías renovables (World Bank Group, 2016). A su vez el Consejo Mundial de Energía destaca como áreas principales la seguridad energética, la equidad energética y la sostenibilidad ambiental (World Energy Council, 2020). Otro criterio lo establecen (Phillis et al., 2020) quienes subrayan que las áreas a considerar son: el medio ambiente, el sistema humano y el sistema energético. Independientemente de la clasificación referida hay consenso en la necesidad de un equilibrio entre las distintas esferas del desarrollo.

Las agrupaciones de indicadores también tienen una finalidad práctica: facilitar el manejo e interpretación de la información. Por ejemplo el Banco Mundial (World Bank Group, 2016) considera 80 indicadores en 27 indicadores principales; de igual forma, el Consejo Mundial de Energía (World Energy Council, 2018) integra un total de 35 indicadores en sólo 3 indicadores principales. En contraste, (Iddrisu y Bhattacharyya, 2015) optan por compactar el conjunto de indicadores en un solo índice de sostenibilidad, criterio que también siguen (Ibarrarán et al., 2009; Molina et al., 2009; Schipper et al., 2000) entre otros.

La importancia de los indicadores de sostenibilidad energética radica en que pueden ayudarnos a identificar qué se necesita para fortalecer los aspectos débiles en el sistema de energía de una región o país. De acuerdo con (Armin Razmjoo et al., 2019) siete indicadores es el número mínimo de un grupo relevante de indicadores asociados a la sostenibilidad energética para reflejar adecuadamente la situación de un sistema energético de un país o región. Es importante también señalar que la razón para seleccionar este grupo de indicadores es que deben tener un papel fundamental al estar fuertemente asociados a un buen nivel de calidad de vida para el ser humano.

Para poder identificar el conjunto de indicadores que sea más adecuado para reflejar fielmente el caso de una región o país es indispensable prever una estructura, un proceso y un criterio para establecer dicho conjunto. (Horta, 2019) define un indicador como una medición cuantitativa de variables o condiciones determinadas, a través de la cuál es posible entender o explicar una realidad o un fenómeno en particular y su evolución en el tiempo.

Los indicadores son herramientas útiles para generar información en apoyo a la toma de decisiones. Permiten realizar un seguimiento de los recursos disponibles, los procesos de gestión y sus impactos. (Dahl, 2012) señala que para lograr la sostenibilidad es necesario un conjunto de indicadores basados en valores que permitan medir y motivar la implementación de principios éticos para que sirvan como una guía en el camino a la sostenibilidad.

El número de indicadores debe ser tan pequeño como sea posible pero no menos de lo necesario; además, deben ser comprensibles y compactos y cubrir todos los aspectos relevantes. El proceso de selección de los mismos debe ser participativo para asegurar que cada indicador contemple las visiones y valores de la comunidad o región bajo análisis.

(Bell y Morse, 2008) aseguran que un buen indicador debe ser simple para facilitar su manejo, además de tener el alcance suficiente para cubrir aspectos ambientales, sociales y económicos sin traslaparse con otros indicadores. También es importante que sea medible y sensible para indicar líneas de tiempo, tendencias y cambios. Por su parte (Taylor et al., 2017) enfatizan que para que los indicadores sean útiles deben ser relevantes, basados en una metodología,

medibles, fáciles de comunicar y de acceder, pero también limitados en número y deben estar estructurados con una consecuencia lógica. De acuerdo con (Patlitzianas et al., 2008) los indicadores deben ser apropiados para una descripción realista, transparentes y simples, completos, lo cual significa idoneidad técnica y científica, así como aceptación internacional, flexibles, fáciles de calcular y de relacionar con otros modelos.

En múltiples ocasiones, cuando no existen indicadores directos o bien se carece de suficiente información, es factible utilizar indicadores sustitutos (Karlen, 2008), por ejemplo, se pueden utilizar las emisiones de gases de efecto invernadero para reflejar la problemática del cambio climático. Tal y como lo indican (Kettner-Marx et al., 2018) una dificultad adicional es la información insuficiente, sobre todo en el ámbito social donde se presentan grandes carencias de información aun en países desarrollados.

Por su parte, (Bossel, 1999) explica que los indicadores son indispensables para guiar las políticas y decisiones en cualquier nivel gubernamental, social y territorial. Tales indicadores deben considerar las posibles implicaciones y no deben enfocarse a un solo segmento de la problemática sino a todo el conjunto.

Los indicadores, en general, son mucho más allá que un conjunto de datos. Como lo mencionan (Taylor et al., 2017) pueden ayudar a mejorar el entendimiento de cierto tópico, incrementando su visión y permiten promover acciones posteriores para resolver problemas; sin embargo, como dichos autores señalan, también puede dárseles un uso inadecuado, como llega a suceder, con frecuencia, en el ámbito político.

El uso de indicadores y estadísticas para medir desarrollos sustentables tiene una larga historia. Desde 1987 se presenta el Reporte Brundtland de las Naciones Unidas en el que se empieza a tomar conciencia de que el camino que la sociedad seguía estaba destruyendo el ambiente, por un lado, y dejando cada vez más a gente en situación de pobreza y vulnerabilidad. En 1997 los miembros de la Asamblea General de las Naciones Unidas reconocieron formalmente la necesidad de modelos para el uso de energía sustentable y por primera vez crearon una agenda de desarrollo sustentable.

En el 2015 la Asamblea General de las Naciones Unidas consideró una Agenda para el Desarrollo Sustentable con 17 Metas. Esta Agenda contempla 5 metas asociadas al sector energético: 1) asegurar acceso a los servicios de energía; 2) incrementar la utilización de energías renovables; 3) duplicar el índice global de mejora en eficiencia energética; 4) propiciar la cooperación internacional en investigación y desarrollo y 5) expandir la infraestructura y actualizar tecnologías. El hecho de incluir a la energía dentro de las Metas de desarrollo sostenible es un catalizador para los países y organizaciones internacionales para redoblar esfuerzos hacia la utilización de energías renovables para todos.

La energía es un factor fundamental para lograr un desarrollo sostenible. (Vera y Langlois, 2007) resumen los resultados de una iniciativa internacional de indicadores para el desarrollo sostenible que permite una herramienta analítica para evaluar la producción de energía actual y permite el uso de patrones o modelos a nivel nacional. Este conjunto de indicadores representa el primer paso alcanzado en esta temática por cinco agencias internacionales: dos de los Estados Unidos de Norteamérica (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales y Agencia de Energía Atómica Internacional), dos de la Unión Europea (Eurostat y la Agencia del Medio Ambiente Europea) y una de la Organización para la Cooperación Económica del Desarrollo (Agencia Internacional de Energía). Expertos en energía y medio ambiente han empezado a implementar directrices y metodologías en el desarrollo de indicadores energéticos para monitorizar los efectos de políticas energéticas en las dimensiones social, económica y ambiental para el desarrollo sustentable.

Proveer servicios de energía adecuados y confiables, a costos accesibles en concordancia con necesidades sociales y desarrollo económico es elemento esencial para un desarrollo sostenible. La energía es vital para erradicar la pobreza, mejorar el bienestar humano y elevar niveles de vida; sin embargo, muchos de los modelos de sistemas de energía no son sostenibles.

Los procedimientos y el desarrollo de los indicadores varían de país a país, depende de las condiciones específicas de cada uno, prioridades energéticas nacionales y criterios de

desarrollo y sustentabilidad; así mismo podemos afirmar que dependen también de la información estadística disponible.

Por otra parte, podemos afirmar que un conjunto de indicadores representa una herramienta cuantitativa necesaria pero no suficiente para monitorizar el progreso y definir estrategias de largo plazo. En otras palabras, los indicadores energéticos para un desarrollo sustentable representan una herramienta efectiva para los que elaboran políticas que permiten evaluar y diseñar programas y estrategias para dar seguimiento del progreso hacia un futuro sustentable. Los indicadores permiten apoyar a los países en sus esfuerzos para evaluar las estrategias asociadas a un desarrollo sustentable en el área de energía y ayudar a identificar áreas específicas en las cuales se deben enfocar las políticas energéticas.

El desarrollo sostenible no es una condición estática, es un proceso dinámico inherente. Dado que existen numerosas dificultades en definir desarrollo sostenible, su medición es indispensable para transformar en algo operativo el concepto. Por otra parte, debido a la gran cantidad de indicadores existentes, éstos pueden llegar a ser bastante complejos, difíciles de interpretar y podrían fallar en el intento de proporcionar un panorama general y conciso del comportamiento de un sistema.

No existe una metodología estandarizada como tal para escoger los “mejores” indicadores; sin embargo, algunos aspectos son comúnmente considerados. Es recomendable identificar los temas principales que son relevantes en el contexto del desarrollo sostenible del país o región que se quiera estudiar y después es necesario considerar una estructura que aborde estos aspectos. Cada indicador establecido está basado en una noción pragmática de sostenibilidad, para asegurarla es esencial dar igual peso y consideración a los aspectos económicos, sociales y ambientales.

Un buen indicador se caracteriza por una relación estrecha entre él y la dimensión que representa. Cuando nos enfocamos en obtener una vista detallada para evaluar la vulnerabilidad, naturaleza y escala de pobreza en una comunidad determinada, un solo indicador no puede satisfacer los requerimientos; en este caso se hace necesario utilizar un

conjunto de indicadores integrados. Así, por ejemplo, la matriz de acceso-consumo de energía es un indicador más adecuado relacionado con la pobreza.

En el caso particular de México, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000), los indicadores deben poseer las características siguientes: a) que sean de fácil elaboración y comprensión, b) que contribuyan a inculcar y reforzar la conciencia pública sobre los aspectos de la sostenibilidad y promuevan las acciones a nivel local, regional o nacional, c) que sean relevantes para la medición y evaluación del progreso hacia un desarrollo sostenible, d) que sean factibles de elaborarse a nivel nacional u otras escalas geográficas, considerando la capacidad nacional, la disponibilidad de información básica, el tiempo de elaboración y las prioridades nacionales, e) que estén fundamentados conceptualmente para facilitar comparaciones objetivas en los niveles nacional e internacional, f) que sean susceptibles de adaptarse a desarrollos metodológicos y conceptuales futuros, g) que ayuden a identificar aspectos prioritarios o de emergencia, orientando nuevas investigaciones y h) que cubran la mayoría de los temas de la *Agenda 21* y otros aspectos del desarrollo sostenible.

Otro ejemplo de una metodología que permita evaluar el acercamiento de un país hacia un desarrollo sostenible se encuentra en la propuesta de (Tsai, 2010) en la cual se menciona que, dado que Taiwán tiene una densidad de población grande y recursos muy limitados, en 2003 el gobierno estableció un sistema de indicadores de desarrollo sostenible para evaluar el avance hacia la sostenibilidad. La energía es un factor importante; sin embargo, en esta propuesta citada solo hay dos indicadores asociados a ella. Su análisis resume el estado en esas fechas de fuentes de energía, consumo de energía, emisiones de bióxido de carbono y producción de energía renovable desde el año 2000 en Taiwán. Analiza el progreso hacia la sustentabilidad energética del año 2000 a 2008 y propone un método para realizar un análisis de sustentabilidad energética en la producción de energías renovables de dicho país, mostrando que se ha logrado un progreso significativo hacia la sostenibilidad energética en los últimos años.

Existen varios esfuerzos de organismos internacionales para evaluar el sector energético de diversos países o regiones para poderlos comparar entre sí. Ejemplo de ello es el Consejo Mundial de Energía (World Energy Council) el cual establece que la definición de energía sostenible debe basarse en tres dimensiones: seguridad energética, equidad en energía y sostenibilidad ambiental. Con base en el denominado “*trilema energético*”, ordena a 125 países evaluando su desarrollo en cada dimensión (World Energy Council, 2016). Para este organismo, la seguridad energética hace referencia a la administración efectiva de las fuentes de energía primaria, confiabilidad de infraestructura energética y capacidad de los proveedores de energía para cubrir las demandas actuales y futuras; por su parte, la equidad energética se refiere a la accesibilidad y asequibilidad de la energía para toda la población y, finalmente, la sostenibilidad ambiental se relaciona con la eficiencia energética en el lado de la oferta y la demanda, el desarrollo de fuentes de energía renovables y fuentes bajas en carbono.

El índice que maneja este organismo, citado en el párrafo anterior, toma en cuenta tres áreas o dimensiones con igual peso relativo y una complementaria; en las tres primeras se encuentran: seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad ambiental, con un peso de 30% cada una y asigna el resto (10%) a la dimensión denominada contexto del país. Cada dimensión está conformada por varias categorías de indicadores las cuales proporcionan un panorama de los desafíos energéticos y oportunidades que enfrenta cada país de los 125 analizados. A su vez, cada categoría está asociada a un conjunto de indicadores individuales que contribuye de igual manera a la categoría que pertenece; es decir, en cada categoría, cada indicador tiene el mismo peso relativo. El análisis se basa en un total de 35 indicadores agrupados en 13 categorías, según se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Lista y ponderación de dimensiones, categorías e indicadores energéticos para el Consejo Mundial de Energía (WEC).

<i>Dimensión</i>	<i>peso (%)</i>	<i>categoría</i>	<i>peso (%)</i>	<i>Indicador</i>	<i>peso (%)</i>
Seguridad energética	30	Seguridad de fuentes y entrega de energía	15	Diversidad de fuentes de energía primaria	5
				Consumo de energía	5
				Dependencia de importaciones	5

			Diversidad de generación de electricidad	5	
		Resiliencia	15	Almacenamiento energético	5
				Preparación (del factor humano)	5
Equidad energética	30	Acceso	10	Acceso a la electricidad	5
				Acceso a energía limpia para cocinar	5
		Calidad de fuentes energéticas	10	Calidad de fuentes de electricidad	5
				Calidad de fuentes energéticas en áreas urbanas	5
		Asequibilidad y competitividad	10	Precios de la electricidad	3.3
				Precios de gasolina y diésel	3.3
Precios de gas natural	3.3				
Sostenibilidad ambiental	30	Productividad en los recursos energéticos	10	Intensidad de energía final	5
				Eficiencia en la generación de potencia	5
		Emisiones de gases de efecto invernadero	10	Tendencia en emisión de gases efecto invernadero	5
				Cambios en áreas de bosques	5
		Emisiones de CO ₂	10	Intensidad de CO ₂	3.3
				Emisión de CO ₂ per cápita	3.3
				Emisión de CO ₂ en generación de electricidad	3.3
Contexto del país	10	Estructura política coherente y predecible	2	Ambiente macroeconómico	0.5
				Efectividad gubernamental	0.5
				Estabilidad política	0.5
				Percepción de corrupción	0.5
		Ambiente regulatorio estable	2	Transparencia política	0.7
				Establecimiento de leyes	0.7
				Calidad regulatoria	0.7
		Iniciativas que permiten la investigación y desarrollo	2	Protección de propiedad intelectual	0.5
				Transferencia de tecnología	0.5
				Capacidad de innovación	0.5
				Número de patentes logradas	0.5
		Inversiones	2	Entradas de inversiones extranjeras	1
				Facilidad para hacer negocios	1
		Impacto de contaminación de aire, agua y tierras	2	Tratamiento de aguas residuales	1
Contaminación de aire	1				

Fuente: Consejo Mundial de Energía, WEC, 2016.

En esta evaluación de 2016, México se encuentra ubicado en el lugar 52 y destaca como aspecto positivo de su sistema energético la liberación de los mercados de petróleo y gas, la transición hacia una economía baja en carbono y el hecho de que las nuevas reglas del mercado promoverán la eficiencia energética y un incremento notable en la introducción de energías limpias. En contraparte, para este organismo, México enfrenta dos desafíos: la transición de una estructura monopólica a un esquema de mercado competitivo a partir de la liberación de los mercados y la transición de una economía alta en carbono a una baja. Adicionalmente, este organismo señala que la región de Latinoamérica y el Caribe debe trabajar en mejorar su seguridad energética incrementando la resiliencia a efectos climáticos externos y mejorar la equidad energética; es decir, el acceso universal a la energía.

El organismo internacional IAEA maneja un conjunto básico de indicadores energéticos del desarrollo sostenible (IEDS) conformado por 30 indicadores, clasificados en tres dimensiones: social, económica y ambiental (IAEA, 2005). Éstas se subdividen a su vez en 4 temas y 19 subtemas; dadas las numerosas interrelaciones entre estas categorías, algunos indicadores pueden incluirse en más de una dimensión, tema o subtema (ver tabla 2).

Tabla 2. Indicadores de desarrollo sostenible según el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA).

Dimensión social		
<i>Tema</i>	<i>Subtema</i>	<i>Indicador energético</i>
Equidad	Accesibilidad	Porcentaje de hogares (o de población sin energía eléctrica)
	Asequibilidad	Porcentaje de ingresos de los hogares dedicado a combustibles y electricidad
	Disparidades	Uso de energía en los hogares por grupo de ingresos y combinación de combustibles utilizados
Salud	Seguridad	Víctimas mortales de accidentes por la energía producida por la cadena de combustibles
Dimensión económica		
Patrones de uso y producción	Uso global	Uso de energía <i>per cápita</i>
	Productividad global	Uso de energía por unidad de PIB
	Eficiencia del suministro	Eficiencia de la conversión y distribución de energía
	Producción	Relación reservas/producción

		Relación recursos/producción
		Intensidades energéticas de la industria
		Intensidades energéticas del sector agrícola
	Uso final	Intensidades energéticas del sector comercial y servicios
		Intensidad energética de hogares
		Intensidad energética del transporte
		Porcentajes de combustibles en la energía y electricidad
	Diversificación	Porcentaje de energía no basada en el carbono en la energía y electricidad
		Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad
	Precios	Precios de la energía de uso final por combustible y por sector
Seguridad	Importaciones	Dependencia de las importaciones netas de energía
	Reservas estratégicas de combustibles	Reservas de combustibles críticos por consumo del combustible correspondiente
Dimensión medio ambiente		
Atmósfera	Cambio climático	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por la producción y uso de energía, <i>per cápita</i> y por unidad de PIB
	Calidad del aire	Concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos en zonas urbanas
		Emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los sistemas energéticos
Agua	Calidad del agua	Descargas de contaminantes en efluentes líquidos procedentes de los sistemas energéticos
	Calidad de los suelos	Zonas del suelo en las que la acidificación supera la carga crítica
	Bosques	Tasa de deforestación atribuida al uso de energía
Tierra		Relación entre la generación de desechos sólidos y las unidades de energía producida
		Relación entre los desechos sólidos adecuadamente evacuados y el total de desechos sólidos generados
	Generación y gestión de desechos sólidos	Relación entre los desechos sólidos radiactivos y las unidades de energía producida
		Relación entre los desechos sólidos radiactivos en espera de evacuación y el total de desechos sólidos radiactivos generados

Fuente: AIEA

Otra metodología que destaca es la que implementa el Banco Mundial, el cual propone un conjunto de indicadores denominado “Indicadores regulatorios para una energía sostenible” (RISE, *Regulatory Indicators for Sustainable Energy*) los cuales pretenden proporcionar un panorama de las políticas y normas regulatorias en el sector energético de un país (World Bank Group, 2016). Estos indicadores se encuentran organizados en tres grandes áreas o dimensiones: el acceso a la energía, la eficiencia energética y las energías renovables. De esta manera, se asigna un valor a cada área y el promedio de las tres permite tener un índice general el cual, a su vez, permite realizar comparaciones entre distintos países o regiones. Utiliza 27 indicadores para un total de 111 países que representan el 96% de la población mundial. (véase tabla 3).

Tabla 3. Indicadores regulatorios para un desarrollo sostenible. Banco Mundial (WB).

<i>Área</i>	<i>Indicador</i>
Acceso a energía	Existencia y monitoreo de un plan de electrificación oficial
	Alcance del plan de electrificación oficial
	Estructura para la red eléctrica
	Estructura para redes pequeñas (mini-redes)
	Estructura para sistemas independientes
	Consumo asequible de electricidad
	Transparencia y monitoreo
	Solvencia de utilidades
Eficiencia energética	Plan de eficiencia nacional energética
	Entidades de eficiencia energética
	Información proporcionada a los consumidores sobre el uso de la electricidad
	Incentivos para el uso eficiente de energía en tarifas eléctricas
	Incentivos para grandes consumidores
	Incentivos para el sector público
	Incentivos para utilidades
	Mecanismos de financiamiento para uso eficiente de energía
	Estándares de desarrollo mínimos de eficiencia energética
	Sistemas para etiquetar o denotar tipos de energía
	Códigos de energía en edificios
Precios del carbón	
Energías renovables	Estructura legal para energías renovables

Plan para expansión de las energías renovables
Incentivos y apoyo regulatorio para energías renovables
Atributos o incentivos financieros y regulatorios
Red de conexiones y precios
Riesgo de la contraparte
Monitoreo y fijación de precios del carbón

Fuente: Banco Mundial, (WB).

Provee un punto de referencia para apoyar a los expertos en temas de energía, así como para quienes diseñan políticas energéticas. Cada indicador se compone a su vez de un conjunto de sub-indicadores que tienen asociados una o hasta varias preguntas relativas al mismo y, dependiendo de la respuesta, le asigna una puntuación. Todas las puntuaciones, en una escala de 0 a 100, asociadas a cada indicador las clasifica usando una “escala térmica” en color verde si el indicador es bueno y está entre 67 y 100, en color amarillo si es regular y está entre 34 y 66, y en color rojo si es malo y está entre 0 y 33 puntos.

Para esta metodología, México se encuentra ubicado con una puntuación general de 84 obteniendo para el área “acceso a la energía” 100 puntos, para la “eficiencia energética” 79 y para las “energías renovables” 72 puntos (todos ellos en escala de 0 a 100). Por otra parte, según esta metodología, para nuestro país todas las puntuaciones asociadas a los indicadores son buenas (es decir entre 67 y 100), excepto “información proporcionada a los consumidores sobre la utilización de la electricidad” y “normativas energéticas en la construcción de edificios” ambos situados en el área “eficiencia energética” así como “características de los incentivos financieros y regulatorios”, “estructura de la conexión y de los precios de las energías renovables” y “riesgos de la contraparte” éstos tres del área “energías renovables” en los cuales la puntuación obtenida está entre 34 y 66, clasificándola como regular. Resalta en lo anterior que los 100 puntos dados en el rubro acceso a la energía es cuestionable ya que existen regiones del país que no tienen suministro de gas para el desarrollo industrial, solo se tomó en cuenta el acceso a la electricidad.

Existen también, aunque muy contados, análisis particulares para el caso de México. En este aspecto destaca el trabajo realizado por (Sheinbaum et al., 2012) en el cual se analiza la

política energética mexicana tomando como referencia la estructura metodológica para el desarrollo de energía sustentable propuesta por la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe (CEPAL). Esta metodología considera 8 indicadores relacionados con las dimensiones económicas, sociales y ambientales para calcular un índice general para el sector energético (véase tabla 4). En esta metodología el peso para cada dimensión es diferente, los tópicos sociales y ambientales tienen menor relevancia que el económico. Los autores utilizan esta metodología porque las instituciones gubernamentales como la Secretaría de Energía (SENER) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) han utilizado algunos indicadores de tal metodología para proponer planes, programas y proyectos. Los autores optaron por la metodología que utiliza la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe ya que es una organización que tiene reconocimiento en México.

Tabla 4. Lista de indicadores sostenibles considerados por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), CEPAL y GTZ.

<i>Núm.</i>	<i>Indicador</i>
1	Autarquía energética
2	Robustez
3	Productividad en la energía
4	Cobertura eléctrica
5	Cobertura de necesidades energéticas básicas
6	Pureza relativa al uso de energía
7	Fuentes de energía renovable
8	Disminución de combustibles fósiles

Fuente: OLADE.

Su objetivo fue contrastar el grado de sostenibilidad del sector energético entre 1990 y 2008 en México cuyo gobierno emitió reformas en los noventa que básicamente se pueden resumir en 5 aspectos.

- a) Cambios en los esquemas de administración. Desde los noventa, el gobierno ha tratado de liberar el sector eléctrico a partir de reformas constitucionales con el fin de permitir al sector privado invertir en la generación de electricidad.

- b) Promover el uso de gas natural. Se buscó propiciar el uso de gas natural como sustituto de otras fuentes de energía más contaminantes. Sin embargo, el resultado es que el sector energético se volvió menos autónomo ya que se incrementaron las importaciones de gas natural.
- c) Explotación petrolera. Se buscó que la explotación de petróleo fuera financiada por el Estado y el resto de las actividades como la distribución y comercialización sean financiadas con capital privado. En este sector, un problema fuerte, presente incluso hoy en día, es que la infraestructura de ductos de distribución para transporte de combustibles líquidos es deficiente debido a la falta de mantenimiento, falta de modernización y falta de ampliación de redes.
- d) Compañías del Estado como estabilizadoras de la macroeconomía. Se buscó que PEMEX y CFE permitieran al gobierno mexicano utilizar esas dos compañías como principal apoyo para su administración. Sin embargo, en ellas ha habido un abandono deliberado en su desarrollo y actividades de investigación.
- e) Seguridad regional energética. Se ha buscado una alianza con Estados Unidos y Canadá para tener seguridad energética y prosperidad en Norteamérica; sin embargo, la seguridad energética nacional ha perdido relevancia ya que se incrementaron las exportaciones de petróleo hacia Estados Unidos, pero con ello han aumentado las importaciones de gas natural y productos derivados del petróleo.

Otro ejemplo destacable para el caso de México es el trabajo realizado por (Ibarrarán et al., 2009) quienes señalan que el proceso de desarrollo económico lleva implícito el crecimiento a partir del uso de energía. Sin embargo, dicho crecimiento no va necesariamente ligado a un uso sustentable de energía. Estiman un índice de sustentabilidad energético de la manera más amplia posible mediante un componente económico, uno social y uno ambiental. Con base en la información analizada de 1980 a 2006 y a partir de la interacción de estos tres componentes es posible identificar que México, en su opinión, se ha movido hacia una menor sustentabilidad energética. Esto, se debe principalmente al deterioro del componente económico, particularmente a la poca inversión en el sector energético, tanto en infraestructura como en producción de energía renovable. Mencionan que en México existen dos sistemas oficiales de medición de la sustentabilidad: uno es el Sistema de Cuentas

Ecológicas y Económicas de México (SCEEM) de donde se obtiene el Producto interno neto ecológico; el otro sistema está conformado por los indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS), un paquete de 113 indicadores. Concluyen que el aspecto social es el único que muestra cierta mejoría entre 1983 y 1987, el ambiental se mantiene prácticamente estancado y el económico es el que muestra un deterioro más significativo.

Una vez que se tiene un panorama general de cómo evaluar la sostenibilidad de un país o región en el siguiente capítulo se hará un análisis detallado de la evolución de un conjunto de indicadores, previamente seleccionados, para analizar la evolución de la sostenibilidad en el caso de nuestro país en las últimas dos décadas.

Capítulo 3. Sostenibilidad energética en México de 2000 a 2020.

Como en cualquier otro país, la energía es parte fundamental para la vida de México. En términos económicos, el sector energético contribuye con el 3% del producto interno bruto (PIB); en la balanza comercial, la industria petrolera equivale al 14.9% del valor total de las exportaciones y en términos fiscales Petróleos Mexicanos (PEMEX) contribuye con el 37% del presupuesto federal. Por otra parte, en términos sociales, la población mexicana tiene una de las más amplias coberturas de energía eléctrica comparándolas con América Latina. México ha mejorado la intensidad energética en las últimas tres décadas y reducido el volumen relativo de emisiones, aunque es necesario enfatizar que no se han logrado incrementos importantes en la participación de fuentes renovables de energía en el sector. Adicionalmente a esto, se tienen incrementos significativos en la tendencia a aumentar las importaciones de energía a través del aumento en las importaciones de gasolina y gas natural (Ibarrarán et al., 2009).

Para el año 2002, en México, se iniciaron los trabajos a cargo de la Secretaría de Energía (SENER) y el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) junto con la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) para la estimación de un conjunto de indicadores denominados *Indicadores para el desarrollo sustentable de energía (Indicators for Sustainable Energy Development, ISED)* con el objetivo de analizar indicadores sociales, económicos y ambientales relacionados con la producción y el consumo de energía (Ibarrarán et al., 2009). Este conjunto de indicadores se citó en la tabla 2.

Por otra parte, vale la pena destacar que el sector energético en México no fue ajeno a las reformas energéticas que empezaron desde la década de los noventa en los países de América Latina y el Caribe. En ese entonces, los pilares que encabezaron dichas reformas fueron: a) cambios en los esquemas de administración, b) promoción del uso de gas natural, c) explotación petrolera, d) compañías de estado como estabilizadores de la macroeconomía y e) seguridad regional energética.

En 2014 el Gobierno de México aprobó una reforma energética que permite la participación de compañías privadas en el sector energético. Esta reforma pretendía estructurar significativamente dicho sector, así como diversificar la producción de energía. Se pretendía inclusive que dichos cambios permitieran lograr cambios estructurales en la economía y con ello tener beneficios para el país. Las tecnologías de conversión de energía tuvieron un desempeño decepcionante ya que los procesos son ineficientes e incapaces de satisfacer la demanda de energía doméstica por lo que se hace necesario recurrir a las importaciones. Podemos también afirmar que ha habido un incremento en la producción de energía renovable, pero ha sido casi irrelevante en términos absolutos (Guevara et al., 2017).

México es un país dependiente de los combustibles fósiles, cuya producción y oferta energéticas siguen estando cubiertas mayoritariamente por el gas y el petróleo. El balance energético más reciente reporta que los hidrocarburos aportaron 80.72% de la producción de energía primaria en 2022, en la cual el petróleo representó 51%, el gas natural 22.2% y el carbón aportó 1.8%. Por su parte, 85% de la oferta interna bruta de energía procedió de los hidrocarburos, en donde el gas natural y condensados aportaron 53% de la oferta total, seguidos del petróleo y los petrolíferos, con 32% (SENER, 2023).

En la actualidad, el sector energético mexicano enfrenta dos desafíos principales: por un lado, la transición de una estructura monopólica a un esquema de mercado competitivo como consecuencia de la liberación de mercados a partir de la Reforma Energética del 2013 y por otro, la transición de una economía alta en carbono a una baja en el mismo. La crisis actual en los precios de los hidrocarburos abre a México la posibilidad ineludible de estimular las energías renovables que el país posee en abundancia. El gobierno actual ha fincado su seguridad energética en hidrocarburos fósiles y pretende cubrir con los compromisos internacionales produciendo energías limpias mediante la amplia participación en inversión extranjera. Sin embargo, destaca el enorme potencial que tiene el país tanto para el aprovechamiento de las energías renovables como para el mejoramiento de la eficiencia

energética. De acuerdo con (Islas Samperio et al., 2015) se puede afirmar que se cuenta con una ambiciosa cartera de opciones de mitigación de gases efecto invernadero basadas en el uso de las energías renovables, así como de opciones importantes de eficiencia energética.

Para evaluar lo indicado en el título de este capítulo, basado en las propuestas sugeridas en la literatura sobre el tema de indicadores de sostenibilidad, así como en las características especiales del sistema energético mexicano, se seleccionaron 12 indicadores para analizar el progreso de México en materia de sostenibilidad energética (véase tabla 5). Vale la pena resaltar que la escasez o inconsistencia de la información recabada impidió construir series de datos para algunos indicadores por lo que fueron reemplazados por otros. De la misma manera, en algunos casos, fue necesario estimar información sobre todo de los años más recientes en los que no se cuenta con datos oficiales suficientes.

Tabla 5. Indicadores utilizados, en este trabajo, para evaluar la sostenibilidad energética de México en el periodo de 2000 a 2020.

<i>Dimensión</i>	<i>Indicador</i>
Seguridad energética	Autarquía
	Robustez
	Diversidad de oferta energética interna
	Diversidad de fuentes en la generación de electricidad
	Duración de recursos fósiles
Equidad energética	Cobertura eléctrica
	Acceso a tecnologías y combustibles limpios en el hogar
	Consumo de energía eléctrica per cápita
Sostenibilidad ambiental	Aprovechamiento de fuentes de energía renovables
	Producción de electricidad con fuentes de energía renovables
	Productividad energética
	Emisión de gases de efecto invernadero

Fuente: elaboración propia.

La selección de los indicadores está relacionada con el concepto de sostenibilidad que busca un equilibrio permanente entre las dimensiones económicas, sociales y ambientales, desde el punto de vista de la energía como columna vertebral (ver tabla 5). Por otra parte, dado que se busca mantener y comparar con un estado idealizado, los indicadores se normalizan de manera que se les pueda asignar un valor entre 0 y 1 (siendo 1 el valor más deseable o ideal); lo anterior permite comparar los distintos indicadores en un gráfico poligonal en el que a mayor área mayor equilibrio entre ellos y viceversa (Livas G., 2016). Los criterios de normalización se basan en criterios arbitrarios consensados por especialistas e instituciones en el área de alto prestigio.

Sin embargo, una debilidad de este enfoque es que los criterios pueden variar dependiendo del área o país en cuestión ya que no dejan de ser arbitrarios. Por otra parte, puede ser que no reflejen las diferencias cualitativas entre diferentes regiones o países, aunque en este estudio todos los indicadores y criterios de normalización se están empleando para una misma región: México.

Tabla 6. Criterios para la normalización de los indicadores de sostenibilidad empleados en este estudio.

<i>Núm.</i>	<i>Indicador</i>	<i>Definición breve</i>	<i>Criterio de normalización</i>
1	Autarquía	Cociente de las importaciones entre consumo de energía	0 = 100%
2	Robustez	Cociente de las exportaciones de energía entre el PIB	0 = 100%
3	Diversidad de oferta energética	Canasta de energía diversificada	Índice de Herfindahl nulo =100%
4	Diversidad de fuentes en la generación de electricidad	Amplio abanico de opciones para satisfacer la demanda	Índice de Herfindahl nulo =100%
5	Duración de recursos fósiles	Relación entre reservas y producción de recursos fósiles	Valor \geq 45 años = 100%

6	Cobertura eléctrica	Porcentaje de hogares electrificados	1 = 100%
7	Acceso a tecnologías y combustibles limpios en el hogar	Porcentaje de hogares con acceso a este tipo de tecnologías	1 = 100%
8	Consumo de energía eléctrica per cápita	Cociente del consumo eléctrico en el sector residencial entre número de habitantes	(kWh/hab.)Unión Europea = 100%
9	Aprovechamiento de fuentes de energía renovable	Porcentaje de participación de las fuentes de energía renovable en la canasta energética	($\geq 35\%$) en 2030 = 100%
10	Producción de electricidad con fuentes de energía renovable	Porcentaje de participación de fuentes renovables en la producción de energía eléctrica	($\geq 35\%$) en 2024 = 100%
11	Intensidad energética	Inverso de la productividad energética	(2Máx.)año 1990 = 100%
12	Emisión de gases de efecto invernadero	Cociente entre emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) y consumo primario de energía	($\geq 22\%$) en 2030 = 100%

Fuente: elaboración propia.

El periodo de análisis va de 2000 a 2020 durante los cuales el sector energético mexicano ha vivido profundas transformaciones tanto en la oferta como en la demanda, en un contexto de reformas de mercado, amplias variaciones del precio del petróleo y diferentes compromisos de México ante la comunidad internacional en materia de cambio climático. A cada indicador se le dio la misma importancia y cada uno de ellos se normalizó en una escala de 0 a 1 lo que implica que, a mayor valor, mayor avance en términos de sostenibilidad. El análisis se detiene en 2020 por la falta de información reciente para buena parte de los indicadores para los años posteriores.

Con base en la tabla 6 podemos describir los indicadores utilizados para evaluar la sostenibilidad del sector energético mexicano, así como el criterio para normalizarlos.

1. Autarquía. Este indicador se puede definir, en forma simple, como el cociente de las importaciones entre el consumo de energía (Sheinbaum et al., 2012). Permite conocer si la situación de un país es de independencia, autosuficiencia o dependencia con respecto al suministro externo. En términos generales es deseable que la demanda sea cubierta con energía local para no estar a expensas de la volatilidad de los mercados internacionales y los riesgos geopolíticos. El criterio de normalización utilizado consiste en fijar el máximo valor cuando no hay importaciones netas y el mínimo cuando toda la energía proviene del mercado internacional.

2. Robustez. Se relaciona con la fortaleza económica del sistema energético; es decir, representa la vulnerabilidad de economías altamente dependientes de la exportación energética. Conceptualmente tiene que ver con la balanza comercial de energía, los ingresos por exportaciones de petróleo, la participación del petróleo en los ingresos fiscales, el apalancamiento de las inversiones y otros temas económicos. Mientras que en el pasado las abundantes exportaciones de petróleo fueron consideradas un elemento de fortaleza de la economía mexicana, en términos de sostenibilidad del sector energético resultan un elemento negativo, por los desequilibrios que genera. El indicador seleccionado se puede evaluar como el peso de las exportaciones de energía en el producto interno bruto (PIB). Un valor bajo denota mayor robustez y viceversa.

3. Diversidad de oferta energética interna. Una canasta de energía diversificada es el mejor camino para garantizar un suministro continuo y suficiente a un precio asequible. Teniendo múltiples opciones a la mano es más fácil resolver desbalances entre la oferta y la demanda. La diversificación hace más fácil reducir la dependencia de los combustibles fósiles e incrementar la participación de energías limpias. La opción seleccionada para normalizar la diversificación es el índice de Herfindahl. Un valor elevado se asocia a una oferta muy concentrada y un valor bajo a una oferta muy diversificada.

4. Diversidad de fuentes en la generación de electricidad. La energía eléctrica es un bien esencial para el desarrollo de las actividades productivas, así como para el bienestar de la sociedad por lo que es importante asegurar un suministro eléctrico suficiente y confiable que permita impulsar el crecimiento y el desarrollo económico del país. La multiplicidad de opciones toma mayor relevancia en la generación de electricidad, la cual no se puede almacenar en las cantidades que requiere una economía y debe ser generada en el momento en el que se necesita, de ahí la importancia de contar con un abanico amplio de opciones para satisfacer la demanda en todo momento aún en las circunstancias más adversas. Para normalizar este indicador se utilizó también el índice de Herfindahl como en el caso anterior.

5. Duración de los recursos fósiles. Producir y tener reservas de petróleo se ha considerado durante mucho tiempo como una fortaleza del sistema energético debido a la importancia del petróleo en la economía, especialmente para el transporte. El indicador por excelencia para estimar el alcance de los recursos de este tipo es la relación reservas–producción que estima las reservas en años de producción, suponiendo que la tasa de extracción permanece constante. Con base en el criterio de normalización que propone la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) para este análisis se consideró adecuado un alcance de 45 años que comprende el periodo 1990 – 2035 (OLADE, 1997).

6. Cobertura eléctrica. La dimensión equidad energética queda caracterizada por tres indicadores. El primero es la cobertura eléctrica el cual se refiere al número de personas que cuentan con energía eléctrica con respecto al total de la población. El incremento de la cobertura se considera como un elemento de sostenibilidad toda vez que la disposición de la energía eléctrica moderna mejora sustancialmente la calidad de vida. La normalización es directa: el valor máximo se alcanza cuando toda la población tiene acceso al servicio.

7. Acceso a tecnologías y combustibles limpios en el hogar. Más de la mitad de la población en México vive en situación de pobreza. La lejanía de los centros urbanos y su bajo poder económico les impiden el acceso a tecnologías y combustibles limpios, que es otro de los atributos de un sistema energético sostenible. Ese requerimiento se asocia no solo a la equidad energética sino también a la justicia social. El uso de la leña, el carbón vegetal, el estiércol y la hulla para cocinar, calentar agua y temperar espacios propicia muertes prematuras por enfisema pulmonar y ahogamiento, así como intoxicaciones y otras enfermedades asociadas a la inhalación de gases de combustión en lugares cerrados. En este rubro los más afectados son las mujeres y niños, por lo que el problema también tiene una dimensión de género. El indicador que refleja esta situación es la relación tal cual como el porcentaje de la población con acceso a este tipo de tecnologías y combustibles. En este caso la normalización también es directa: el máximo se alcanza cuando toda la población tenga acceso a ello.

8. Consumo de energía eléctrica per cápita. El acceso a la electricidad es fundamental para el desarrollo. Incluso es uno de los objetivos explícitos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030. La electricidad es necesaria para satisfacer necesidades básicas de iluminación, educación, sanidad, suministro de agua potable, comunicación e información, entre una amplia gama de servicios. Hay una correlación entre el consumo residencial de energía eléctrica y el bienestar social, aunque tal vez debería también considerarse en este rubro el aspecto de la eficiencia energética. Este indicador se define como el cociente del consumo eléctrico en el sector residencial entre el número de habitantes. Lo deseable es que toda la población tenga un nivel de vida adecuado debido a la disponibilidad y su de energía eléctrica en sus hogares. Para normalizar, en este trabajo se tomó como referencia para el valor máximo el que se asocia a la Unión Europea que es un conjunto de países con alto desarrollo económico y bienestar social;

es decir, lo deseable es alcanzar el valor que tiene ese indicador en dicho conjunto de países⁸.

9. Aprovechamiento de fuentes de energía renovables. La reducción de la huella de carbono requiere una mayor participación de fuentes renovables en el consumo de energía. Es uno de los objetivos de la Agenda 2030. Es altamente deseable que el reemplazo de los combustibles fósiles sea acelerado, pero en la práctica dependerá de las características del sistema energético local, los medios disponibles, las resistencias y las restricciones de toda política pública. En este caso la normalización considera, por un lado, el nivel alcanzando por las fuentes renovables en la canasta energética desde 2000 y, por el otro, el compromiso de México de alcanzar una tasa de penetración de 35% en 2030 (SEGOB, 2015).

10. Producción de electricidad con fuentes renovables de energía. El mayor potencial de diversificación se localiza en la generación de energía eléctrica por el alto consumo de energéticos y la diversidad de tecnología utilizada. Es ahí donde la energía eólica y solar, geotérmica e hidroeléctrica han encontrado un nicho para expandirse. La participación de las fuentes renovables en la producción de energía eléctrica resulta entonces un indicador de suma importancia. En el Acuerdo de París, México se comprometió a generar el 35% de la electricidad con energías limpias en 2024 (SEGOB, 2015). La normalización de este indicador toma en cuenta esta meta y el avance que se ha logrado desde 1990⁹.

⁸ Se consideró este conjunto de países debido a que, en general, sus habitantes tienen un nivel de vida deseable y presentan una diversidad de climas amplio (desde lugares calurosos, en verano, hasta ambientes muy fríos en invierno).

⁹ Si bien el Acuerdo citado se refiere a energías limpias, se consideró el indicador asociado a fuentes renovables de energía lo cual, aunque lo hace más exigente, representa una meta que se desea alcanzar para lograr un desarrollo sostenible.

11. Intensidad energética. La intensidad energética es un indicador clásico en el mundo de la energía que se calcula como el cociente entre el consumo nacional de energía y el PIB. Indica la cantidad de energía que un país necesita para generar una unidad de PIB. La intensidad energética disminuye conforme la economía deja atrás la industrialización pesada y la creación de infraestructura y reposa cada vez más en actividades poco intensivas en el uso de energía. A mayor productividad energética menor intensidad energética y menor necesidad de energía para sostener el proceso de desarrollo. El indicador se normalizó considerando la meta aspiracional de duplicar la productividad energética, criterio que propone la OLADE con respecto a la conseguida en 1990 (OLADE, 1997).

12. Emisión de gases efecto invernadero. Existe un amplio consenso entre la comunidad científica en señalar a la emisión de gases efecto invernadero de origen antropogénico como responsable del cambio climático y el calentamiento global. Dentro del conjunto de sectores emisores, el energético es el que tiene mayor relevancia. La relación entre las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y el consumo primario de energía se utiliza como indicador en este estudio y se normalizó con base en el compromiso de México en la cumbre de París de reducir la emisión de gases de efecto invernadero en un 22% para el año 2030 (SEGOB, 2015) tomando como referencia la emisión que se tenía en 1990.

En la tabla 7 se presenta la cuantificación normalizada de los indicadores al inicio y al final del periodo de análisis. El índice de sostenibilidad energética global ha pasado de 0.70 en 2000 a 0.61 en 2020, lo cual indica una clara disminución de la sostenibilidad del sector en un 13% además de una lejanía marcada del sendero de la sostenibilidad.

Tabla 7. Valores normalizados de los indicadores de sostenibilidad para el sector energético mexicano entre 2000 y 2020.

<i>Dimensión</i>	<i>Indicador</i>	<i>2000</i>	<i>2020</i>
Seguridad energética	Autarquía	0.87	0.54
	Robustez	0.65	0.82
	Diversidad de oferta energética interna	0.53	0.68
	Diversidad de fuentes en la generación de electricidad	0.67	0.48
	Duración de los recursos fósiles	0.97	0.56
Equidad energética	Cobertura eléctrica	0.98	0.99
	Acceso a energía limpia para cocinar	0.82	0.85
	Consumo de energía eléctrica per cápita	0.31	0.38
Sostenibilidad ambiental	Fuentes de energía renovables	0.62	0.32
	Producción de electricidad con energías renovables	0.71	0.46
	Intensidad energética	0.59	0.79
	Tendencia en emisión de gases de efecto invernadero	0.70	0.49
Índice global de sostenibilidad		0.70	0.61

Fuente: elaboración propia.

En las décadas analizadas, el sistema energético de México muestra un panorama de claroscuros con avances y retrocesos en diversos aspectos. En términos generales nos hemos alejado de la sostenibilidad. Durante las administraciones gubernamentales anteriores ha predominado un enfoque para el sector energético abierto, con la incorporación de actores privados. El gobierno actual ha reorientado sus acciones en un enfoque nacionalista en la búsqueda de una soberanía energética muy marcada, pero ¿qué ha sucedido en los últimos años en cuanto a la sostenibilidad? ¿Se ha incrementado o, por el contrario, seguimos apartándonos de ella?

Desde el surgimiento de las preocupaciones mundiales por el deterioro ambiental y el cambio climático, México ha participado en diversas conferencias mundiales, suscrito acuerdos, aceptado compromisos y establecido políticas públicas para atender esa problemática. Los planes nacionales de desarrollo han reconocido el impacto de la producción y el consumo de energía en los ecosistemas y, de manera congruente con este reconocimiento, han establecido leyes, regulaciones y arreglos institucionales.

Hacia finales del siglo pasado comenzó el remplazo de combustóleo por gas natural en la industria y la generación de electricidad, así como la reconfiguración de las refinerías para destruir las fracciones pesadas y producir refinados de mejor calidad (Aburto, 2022). En 2008 se aprobaron leyes para impulsar las energías renovables, el aprovechamiento sustentable de la energía y financiar la transición energética, al tiempo que se definió una estrategia nacional en esas materias.¹⁰ En 2015 se suscribió el Acuerdo de París y se aprobó la Ley de Transición Energética, de la que derivó la Estrategia de Transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios y programas especiales en esos aspectos.¹¹ Poco tiempo después se puso en marcha un mercado de certificados de energía limpia y se realizaron tres subastas para la compra de electricidad producida con fuentes renovables de energía y tecnologías limpias.

La Reforma Energética impulsada por el presidente Enrique Peña Nieto buscó un cambio en el paradigma energético a través de elevar el crecimiento económico y mejorar las condiciones socioeconómicas de la población. Se pretendió que el nuevo marco institucional permitiera aumentar la capacidad del país para producir energía de manera sustentable y a precios accesibles, con el fin de asegurar el abasto de la demanda nacional. La ampliación de políticas y programas el sector busca hacer efectiva la transición hacia un modelo energético sustentable incrementando la participación de fuentes renovables y alternas en la matriz energética y, más aún, fortalecer la producción de hidrocarburos (SENER, 2016).

Todo esto ha sido un esfuerzo notable pero insuficiente (Ibarrarán et al., 2009; Sheinbaum et al., 2012). Aunque México hizo la tarea de adoptar políticas públicas y movilizar un arsenal de instrumentos normativos, económicos, institucionales y financieros para mejorar la sostenibilidad del suministro de energía, los resultados obtenidos entre 1994 y 2018 han sido

¹⁰ Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

¹¹ Programa Especial de la Transición Energética y el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

mixtos. Considerando que los pilares fundamentales de un sector energético son el suministro de combustibles, así como el de energía eléctrica, se complementó el análisis con otros indicadores de sostenibilidad que se consideran importantes también. En la tabla 8 podemos ver la evolución de algunos otros indicadores de sostenibilidad durante los últimos 4 periodos presidenciales.

Tabla 8. Otros indicadores de sostenibilidad energética en los últimos 4 periodos presidenciales.

	2000	2006	2012	2018
	E. Zedillo	V. Fox	F. Calderón	E. Peña
1. Producción de energía (EJ) a/	9.47	10.55	9.06	6.49
2. Participación de energías fósiles en el consumo de energía (por ciento)	89.5	91.1	92.1	91.2
3. Emisiones de GEI (Mt CO ₂ eq.) b/	531.7	609.0	659.2	679.9
4. Importación de energía (EJ)	0.89	1.31	2.45	5.03
5. Tasas de Independencia energética c/	1.42	1.31	1.03	0.70
6. Intensidad energética (kJ/pesos de 2013) d/	516.4	555.2	548.9	497.9
7. Consumo per cápita de energía (GJ/hab.)	66.2	74.3	75.3	74.1
8. Consumo de electricidad per cápita (MW·h/hab.)	1.54	1.82	1.99	2.23
9. Emisiones per cápita de CO ₂ (t/hab.)	3.89	4.18	4.10	3.74
10. Fuentes renovables y nuclear en la generación eléctrica (por ciento)	24.3	21.4	18.4	20.0
11. Cobertura eléctrica (por ciento de la población)	98.0	99.1	99.1	99.5
12. Acceso a energía moderna para cocinar (por ciento de la población) e/	82.4	85.3	84.6	84.8
13. Alcance de las reservas probadas de petróleo (años) f/	25.7	11.5	10.8	9.1
14. Precio de la electricidad para los hogares (centavos/kWh)	55.9	99.3	118.6	109.4
15. Precio de la gasolina (pesos por litro) g/	5.30	6.61	10.29	18.33
16. Precio del gas LP (pesos por kilogramo)	5.65	9.08	11.27	19.35
17. Eficiencia en transformación y transporte de energía (por ciento) h/	60.9	58.3	57.7	58.4
18. Proceso de crudo en las refinerías (miles de bd)	1227.4	1284.2	1199.3	611.9

Notas. 1. Cifras correspondientes al último año de gobierno. a) Exa joules; b) Millones de toneladas de CO₂ equivalente; c) Producción/Consumo; d) Pesos constantes de 2013; e) Acceso a tecnologías y combustibles limpios para cocinar (a partir de la base de datos de la OMS sobre el uso de energía en los hogares; f) Relación reservas/Producción; g) Al 31 de diciembre de cada año e incluye impuestos; h) Consumo final /Consumo primario.

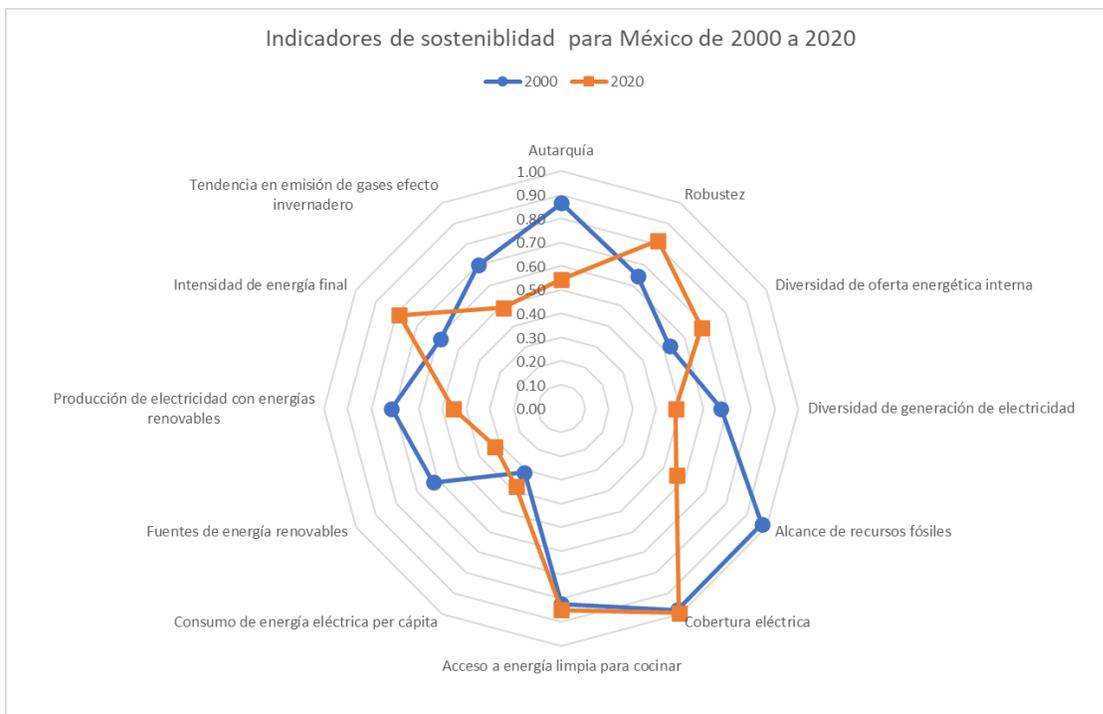
Fuente: SENER, Sistema de Información Energética (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 15, 18, 19); base de datos del Banco Mundial (3, 9, 11, 13); Comisión Nacional de Hidrocarburos (14); Pemex (16,17); CFE (12,15).

Considerando los indicadores de las tablas 7 y 8 estamos en posibilidades de discutir más detalladamente los resultados obtenidos para saber si estamos caminando en el sentido correcto para lograr una sostenibilidad del sector energético mexicano. En el capítulo siguiente se hará tal análisis y con base en ello, podremos tener los elementos suficientes para, posteriormente, proponer algunas estrategias que nos permitan lograr dicha sostenibilidad.

Capítulo 4. Análisis de resultados y discusión.

A partir de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, podemos observar que en términos generales el suministro de energía ha perdido sostenibilidad (gráfica 1). Los avances en robustez, diversidad de oferta energética interna, cobertura eléctrica, acceso a tecnologías y combustibles limpios en el hogar, consumo de energía eléctrica per cápita, así como en la productividad energética, no compensan los retrocesos en materia de autarquía, diversidad de fuentes en la generación de electricidad, alcance de recursos fósiles, aprovechamiento de fuentes de energías renovables, producción de electricidad con fuentes renovables de energía, así como en la emisión de gases efecto invernadero. El resultado neto es una sostenibilidad declinante (ver tabla 9).

Gráfica 1. Indicadores de sostenibilidad energética en México en 2000 y 2020.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Evolución de los indicadores de sostenibilidad energética del sistema energético mexicano de 2000 a 2020.

		2000	2005	2010	2015	2020
Seguridad energética	Autarquía: importación / consumo	0.13	0.15	0.25	0.34	0.46
	Robustez: exportaciones / PIB (BEP/mil US\$)	0.35	0.38	0.29	0.22	0.18
	Diversidad de oferta energética. Índice de Herfindahl (H)	5,257	5,400	4,734	4,392	3,853
	Diversidad de fuentes de generación de electricidad. Índice de Herfindahl (H)	4,113	4,397	4,724	4,898	5,775
	Duración de los recursos fósiles. Reservas /producción anual	37.74	27.38	32.42	31.21	21.72
	Equidad energética	Cobertura eléctrica (%)	98.0	98.9	99.2	99.0
Acceso a energía limpia para cocinar. (% de la población)		82.4	85.3	85.0	84.6	84.9
Consumo de energía eléctrica per cápita. (kWh / habitante)		1,800	1,996	2,019	2,171	2,184
Sostenibilidad ambiental	Fuentes de energía renovable. (% del total de consumo de la energía final)	12.2	10.3	9.4	9.2	9.6
	Producción de electricidad con energías renovables. (% del total de generación)	19.8	15.2	16.6	15.4	15.4
	Intensidad de energía final. (MJ / mil US\$)	4.11	4.51	4.01	3.30	3.06
	Tendencia en emisión de gases efecto invernadero. (kt de CO ₂ equiv.)	531,670	586,270	650,160	670,100	679,880
Índice global de sostenibilidad		0.69	0.63	0.63	0.63	0.61

Fuente: elaboración propia con base en datos mostrados en el Anexo 1.

Podemos observar que los factores que jugaron en contra de la sostenibilidad, en las décadas consideradas, fueron los siguientes:

- La autonomía energética se perdió. El peso relativo de las importaciones en el consumo primario de energía se multiplicó por 3.5, al pasar de 13% a 46% entre 2000 y 2020. La producción de petrolíferos y gas natural fue insuficiente para cubrir el aumento de la demanda, de ahí el crecimiento de las importaciones. La producción doméstica de hidrocarburos comenzó a resentir la madurez del acervo geológico. Las inversiones en la exploración y desarrollo resultaron insuficientes para revertir la declinación y aunque la producción de petróleo hubiera sido insuficiente para producir los petrolíferos que hacían falta, la capacidad de refinación se mantuvo estancada.
- La canasta energética para la producción de energía eléctrica se concentró aún más en lugar de diversificarse. El país acentuó su dependencia con respecto a las energías fósiles.

No fue suficiente el mayor aprovechamiento de la energía nuclear, geotérmica, solar, eólica y otras energías alternativas, para conseguir un mejor equilibrio entre las opciones disponibles.

- Las reservas de petróleo se redujeron a prácticamente a la tercera parte. En 2000 las reservas alcanzaban 41,495 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, 20 años más tarde apenas llegaban a 13,518 millones de barriles (PEMEX, 2019b). En términos temporales el alcance de las reservas se redujo de 38 a 22 años.
- La participación de las fuentes renovables en el abasto de energía ha retrocedido en lugar de progresar. Su peso relativo en el consumo primario de energía pasó de 12.2% en 2000 a 9.6% en 2020, lo cual significa un retroceso de 21%. Ese claro apartamiento de la sostenibilidad hará más difícil que México alcance la meta de 35% de uso de fuentes renovables en 2030 compromiso internacional al que se suscribió.
- La generación de electricidad acentuó su dependencia con respecto a los combustibles fósiles. El porcentaje de generación a partir de energías renovables descendió de 19.8% en 2000 a 15.4% en 2020. Siendo la energía eléctrica un factor fundamental para lograr un desarrollo sostenible era necesario una participación creciente de energía baja en carbono. Los derivados del petróleo fueron remplazados por gas natural, otro combustible fósil. Es importante señalar que la justificación política fue impulsar las plantas de ciclo combinado (con inversión privada) que son más eficientes que las convencionales, además de que el gas natural es menos contaminante que el petróleo lo que permite disminuir las emisiones de gases efecto invernadero, pero aumentó las importaciones de dicho energético.
- La contaminación ambiental se ha incrementado sustantivamente. Las emisiones de gases efecto invernadero pasaron de 532 a 680 Mt de CO₂ equivalente durante el periodo analizado, lo cual significa un aumento de 28%.

En contraste con lo anterior, los factores que jugaron a favor de la sostenibilidad, en las décadas consideradas, fueron los siguientes (véase tabla 9):

- La solidez o robustez del sistema energético mejoró. Las exportaciones de petróleo asumieron un papel menos protagónico y la economía mexicana ya no presiona tanto al sistema energético para crecer como ocurría en el pasado¹². La relación entre las exportaciones de energía y el PIB se dividió prácticamente a la mitad, pasando de 0.35 a 0.18 barriles equivalentes de petróleo por millar de dólares.
- La cobertura eléctrica pasó de 98 a 99.4%, lo cual es un avance notable considerando que la población sin conexión a la red se localiza en lugares remotos y montañosos. Al mismo tiempo el acceso a tecnologías y combustibles limpios para los hogares pasó de 82 a 85%. Fueron dos avances notables en términos de equidad energética.
- El consumo per cápita de electricidad en el sector residencial pasó de 1,800 a 2,184 kWh por persona. Ese incremento refleja un mejor nivel de vida de las familias al tener mayor acceso a los numerosos servicios que permite tener electricidad en los hogares.
- La intensidad energética ha disminuido. La cantidad de energía que necesita la economía para generar una unidad de PIB ha pasado de 4.11 a 3.06 MJ/mdd. La diversificación de la economía hacia los servicios u otras actividades menos intensivas en el uso de la energía ha relajado la presión sobre el sector energético.

Aunque el consumo de energía y electricidad per cápita registraron importantes avances, al tiempo que disminuía la intensidad energética, mejoraba la confiabilidad en el suministro de electricidad y la cobertura eléctrica prácticamente casi llega al cien por ciento, otros indicadores mostraron notable deterioro. Las emisiones de gases efecto invernadero no dejan de aumentar; el peso de los combustibles fósiles en el consumo de energía y en la generación

¹² Aunque para algunos especialistas esto tiene que ver más con la reducción de la producción de petróleo.

de electricidad ha ido aumentando en lugar de disminuir. La producción, las reservas y el procesamiento de hidrocarburos habían venido a menos, en cambio, la importación de gas natural y petrolíferos siguió creciendo hasta el punto en el que la balanza comercial petrolera se volvió deficitaria.

La tasa de independencia energética se perdió y la dependencia externa se profundizó. Las exportaciones de petróleo crudo siguieron siendo elevadas, pero a costa de limitar el proceso de crudo en las refinerías. La liberalización encareció el precio de los combustibles y la electricidad. Los subsidios a las gasolinas disminuyeron, pero no desaparecieron. La eficiencia del sistema energético se degradó y se requirió más energía a la entrada del sistema para disponer la suficiente energía para el consumo final. Adicionalmente el acceso a combustibles modernos para cocinar casi no avanzó y la cobertura eléctrica cercana al cien por ciento no ha logrado disminuir la desigualdad social en torno al acceso a servicios de energía.

De acuerdo con (García O. y Bracamonte S., 2019) la existencia de hogares con alta homogeneidad y heterogeneidad intergrupales revelaba un problema de desigualdad social en torno al acceso a los servicios de energía, esto a pesar de que casi todos cuentan con electricidad. De las cifras anteriores se puede concluir que la sostenibilidad energética ha estado en franco declive antes de la administración gubernamental actual.

Aunque el gobierno promovió el aprovechamiento de las fuentes renovables, la eficiencia y el ahorro de energía, las inversiones se concentraron en la extracción de petróleo y en la generación de electricidad con gas natural. La apuesta por ese combustible – que ahora es el energético más utilizado en el país – fue en su momento una buena decisión, ya que permitió elevar la eficiencia técnica, reducir las emisiones contaminantes y aprovechar su precio bajo. Sin embargo, esa orientación acabó afectando la seguridad energética: la producción no pudo

con el empuje de la demanda y el faltante fue cubierto con importaciones y la dependencia creció aceleradamente (Estrada et al., 2022).

Más que destinar recursos públicos a la producción de gas natural, las autoridades mexicanas adoptaron una actitud pragmática y decidieron aprovechar el cambio estructural en los mercados energéticos de los Estados Unidos, que puso a disposición de México un combustible cercano y abundante, barato y relativamente limpio. El remplazo acelerado de gas natural por fuentes renovables en la generación de electricidad fue tardío pues el gran empuje vino con las subastas realizadas entre 2015 y 2017.

Otro problema fue el enfoque que el gobierno le dio a la transición energética (Tornel, 2020): por un lado, la convirtió en un problema técnico-gerencial de ingeniería, reduciendo el proceso a una mera sustitución de tecnologías, sin tener en cuenta las características sociales, espaciales y estructurales que configuran los sistemas energéticos; por otro lado, la aprovechó para avanzar en el proyecto político de privatizar la electricidad. El aprovechamiento de las fuentes renovables de energía para generar electricidad se promovió como una oportunidad de negocio para las empresas privadas en el marco del capitalismo verde (Ayala y Tenthoff, 2012). Ese enfoque generó un fuerte conflicto social, especialmente en el Istmo de Tehuantepec por el desarrollo desordenado y atropellado de parque eólicos con escaso beneficio para los pobladores locales (Solórzano y Portador, 2016).

La energía ha sido uno de los temas centrales del gobierno del presidente Andrés Manuel López Obrador (AMLO). Las medidas para cambiar el rumbo del sector energético iniciaron desde los primeros días de su gobierno – autodenominado la cuarta transformación de México (4T)¹³ – en cumplimiento de lo prometido durante la campaña electoral y el discurso de toma

¹³ Las transformaciones previas fueron: la Independencia (1810-21), la Reforma (1858-61) y la Revolución Mexicana (1910-17).

de posesión (López Obrador, 2018a, 2018b) ¹⁴. Su compromiso fue corregir el daño causado por el neoliberalismo, paradigma económico que dominó la vida económica de 1988 a 2018. En diversas conferencias de prensa el mandatario ha señalado que era necesario un quiebre de la política energética porque la liberalización del comercio y la inversión no sólo obtuvo malos resultados o la falta de ellos, sino también por el debilitamiento deliberado de las empresas del Estado, Petróleos Mexicanos (Pemex) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), ya que cinco administraciones federales se dedicaron a concesionar el territorio nacional, así como a transferir recursos naturales, bienes públicos y rentas económicas a empresas mayoritariamente extranjeras, en un ambiente de corrupción y al cobijo de las reformas de mercado.

El parteaguas también era indispensable, asegura, porque la vasta liberalización aprobada por el Congreso en 2013 – mejor conocida como Reforma Energética – fracasó, a juzgar por la caída de la producción de hidrocarburos, el aumento de las importaciones y la escalada de precios, que hizo estragos en la economía de los más necesitados por aumento del costo del transporte y la canasta básica. Además, se perdió la autosuficiencia y se profundizó la dependencia de combustibles importados. Las exportaciones de petróleo crudo dejaron de cubrir las importaciones de refinados y la balanza comercial petrolera se volvió deficitaria. Y mientras los déficits se multiplicaban, las autoridades se dedicaban a facilitar negocios privados y a privatizar actividades operativas mediante contratos, licencias y permisos. La élite gobernante se empeñaba en privatizar el suministro de energía mediante el replazo paulatino de las empresas públicas por compañías privadas.

Frente a ese panorama la respuesta del AMLO fue “rescatar al sector energético” bajo la premisa de que el mercado no sustituye al Estado (Presidencia de la República, 2019). El

¹⁴ En el primer mes de gobierno se puso en marcha el Programa Nacional de Electricidad, el Plan Nacional de Refinación, el Plan Nacional para la Producción de Hidrocarburos y el Plan Conjunto de Atención a Instalaciones Estratégicas de Pemex, este último destinado a combatir el robo de combustibles en ductos y refinaerías.

medio para conseguirlo sería fortalecer a Pemex y CFE, conservándolas como empresas cien por ciento públicas con una ineludible función social. También se rescataría su función no sólo como pilares de la seguridad y soberanía energética sino también como palancas de desarrollo. Ese rescate estaría acompañado de una política energética basada en el interés público (SENER, 2020b). El gran propósito sería hacer nuevamente del sector energético (público) una palanca estratégica para impulsar el desarrollo económico de México.

En ese marco, seguridad y soberanía energéticas fueron ascendidas al nivel de política de Estado con prioridad sobre cualquier otro propósito. Aunque no existe una definición formal de esos conceptos, los documentos oficiales y las explicaciones del presidente de la República durante sus conferencias matutinas permiten darles contenido. Por soberanía energética se entiende el control de las decisiones estratégicas por parte del Estado y, por seguridad energética la garantía de que habrá suficiente disponibilidad de energía en el país a un precio razonable¹⁵. El compromiso concreto del presidente fue que el precio de los combustibles y la electricidad no subirían más allá de la inflación. La autosuficiencia fue elevada al rango de objetivo prioritario al ser conceptualizada como una condición necesaria de la seguridad energética y la soberanía nacional. Por autosuficiencia se entiende la voluntad de sustituir importaciones de hidrocarburos y compras de energía eléctrica privada, con la idea de que Pemex y CFE produzcan los combustibles y la electricidad que necesita el país, sin considerar los volúmenes que pudieran aportar los productores privados.

El rescate se llevaría a cabo sin aumentar el endeudamiento ni elevar los impuestos. Se aceptaría inversión privada siempre y cuando no implicara privatización. Otra fuente de financiamiento provendría de la eliminación de la corrupción, el aumento de la eficiencia, la cancelación de los proyectos no rentables, la eliminación del desperdicio y la austeridad republicana. Se respetarían los contratos celebrados por pasadas administraciones no sin

¹⁵ De acuerdo con el Programa Sectorial de Energía 2020 – 2024, precios *razonables* son los que contribuyen a la rentabilidad de las empresas productivas del Estado, la competitividad del sector productivo y la protección de la economía familiar.

antes verificar que estuvieran libres de corrupción y se buscaría renegociar aquellos muy desfavorables para el Estado. Los permisos otorgados por los reguladores serían revisados y se cancelarían aquellos incumplidos o incompatibles con la nueva política energética. El rescate se realizaría sin cambios constitucionales y legales, sólo se aprovecharían las facultades que la reforma energética le concedió al Estado; sin embargo, con el tiempo y frente a numerosos obstáculos el gobierno aceptó que sus proyectos requerían cambios profundos en la legislación.

Mientras que el discurso y la documentación oficial se pronuncian en favor de la sostenibilidad y el cumplimiento de los acuerdos internacionales en materia climática, la atención y recursos gubernamentales se han concentrado en los combustibles fósiles lo cual muestra que el gobierno está haciendo a un lado el rezago en el uso de las fuentes renovables de energía y con ello la transición energética.

CFE implementa un programa de modernización de las hidroeléctricas para aumentar la generación con energías limpias, respaldar la generación variable proveniente de centrales eólicas y solares y aportar regulación primaria y secundaria al sistema interconectado nacional (CFE, 2022c). Es una medida importante pero limitada en alcance (Olvera, 2021) que sólo permitirá contribuir con el 5 por ciento a la reducción de emisiones comprometida en el Acuerdo de París.

En cartera, CFE tiene contemplada la construcción de una pequeña central geotérmica y una central solar de 1000 MW con entrada en operación en 2027. La mayor parte de expansión se basa nuevamente en centrales de ciclo combinado operadas con gas natural (CFE, 2022b). A su vez, el gobierno suspendió el programa de cierre de centrales públicas operadas con combustibles fósiles y canceló las subastas de compra de electricidad limpia. Ambas medidas se tomaron para que CFE ya no se siguiera rezagando en la generación de electricidad. El argumento es que ambos esquemas habían sido utilizados para acelerar la privatización.

Conviene precisar que las subastas están previstas en la Ley de Transición Energética (LTE) para que CFE-Suministrador de Servicios Básicos adquiera los productos que necesita para abastecer a más de 45 millones de usuarios del servicio básico, ya que esta subsidiaria no dispone de centrales de generación propias. Entre 2015 y 2018 en el gobierno se organizaron tres subastas que dieron origen a 41 proyectos de generación con fuentes renovables de energía o tecnologías limpias con una capacidad de 7 677 MW (Ramírez Cabrera, 2019) . Las subsidiarias de generación de CFE no participaron en esos concursos porque la política energética de la época buscaba diluir el poder dominante de la empresa pública y avanzar en la construcción de una industria eléctrica privada.

Además de suspender las subastas, el gobierno, a través del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) y la Secretaría de Energía (SENER), ha buscado frenar la interconexión de centrales eólicas y solares a la red eléctrica, por los problemas de confiabilidad que ocasiona el rápido crecimiento de la generación variable. Esas plantas han proliferado por sus bajos costos de generación, además de las facilidades para la instalación, interconexión, despacho y venta de la electricidad generada establecidas durante el periodo neoliberal. La capacidad de centrales eólicas y solares privadas se multiplicó 4.3 veces entre 2016 y 2021, y su participación en el total nacional pasó de 5.1 a 16.8 por ciento (véase Tabla 10).

Tabla 10. Sector Eléctrico Nacional, capacidad de generación (MW) de 2006 a 2021.

	2006	2017	2018	2019	2020	2021
Total	68,764	71,475	73,896	83,747	87,191	88,529
CFE	42,611	44,551	42,736	44,005	43,695	43,643
Privados	26,153	26,924	31,160	39,741	43,497	44,886
%	38.0	37.7	42.2	47.5	49.9	50.7
Eólica y solar privada	3,480	4,643	8,018	11,246	13,775	14,898
%	5.1	6.5	10.9	13.4	15.8	16.8

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, informes anuales. SENER, Programa del Sector Eléctrico, anual.

Las preocupaciones y medidas adoptadas por la 4T en torno a la confiabilidad del SEN son legítimas, ya que el estado actual de la regulación, la infraestructura de la red eléctrica y la intermitencia en el flujo de energía a partir de fuentes renovables introducen un elemento de

riesgo en la red como comentan (Villavicencio y Millán, 2020) ,pero advierten con justeza que dichas medidas posponen en los hechos la inversión en fuentes renovables de energía sin que quede claro hasta cuándo, ni cómo se resolverá técnicamente el problema de confiabilidad.

Otro problema señalado por la 4T con respecto a eólicas y solares es la sobrecapacidad de generación ¹⁶, la cual inhibe el despacho de centrales térmicas de CFE, pero también de productores independientes con los cuales el gobierno tiene obligaciones de pago independientemente si son o no despachados y generan ingresos para CFE. También condena la balcanización de las grandes líneas de transmisión permitida durante la pasada administración para facilitar la interconexión de los desarrollos eólicos y solares privados, puesto que la segmentación de las líneas afecta la capacidad de transporte y dificulta la operación de la red. Algunas medidas federales diseñadas para resolver esos problemas han sido frenadas en los tribunales a solicitud de entidades públicas, gobiernos locales, empresas afectadas y organizaciones civiles, argumentando limitaciones a la libre competencia, afectaciones económicas o menoscabo del derecho humano a la salud y a un ambiente sano.

Por el lado de los hidrocarburos, el gobierno emprendió un programa relativamente exitoso para combatir el robo de combustibles en los ductos de Pemex; así como un plan para rehabilitar, modernizar y ampliar el parque de refinerías con miras a recuperar la autosuficiencia en petrolíferos y reducir la carga contaminante de los combustibles. Ese notable empeño contrasta con la escasa voluntad para mejorar la seguridad energética en gas natural.

De entrada, la política de almacenamiento de ese combustible elaborada por la pasada administración fue suspendida por estar basada en inversión privada, sin que hasta la fecha

¹⁶ En 2021 la capacidad de generación en el Sistema Eléctrico Nacional (88.5 GW) fue 54.3 por ciento más importante que la demanda máxima (48.1 MW) y con tendencia creciente (CENACE, 2022)

haya sido remplazada por una política alternativa; en otras palabras, se concedió mayor importancia al objetivo de bloquear el avance del sector privado que al de imprimirle mayor certeza al suministro de gas.¹⁷ Paralelamente se decidió mantener los subsidios fiscales a la gasolina y el diésel, con la finalidad de proteger la economía de los hogares de menores ingresos y frenar la inflación. El objetivo de reducir emisiones de gases de efecto invernadero fue enviado a un segundo plano.(PEMEX, 2019a).

Aunque se autodefine como progresista, la administración de López Obrador no ha buscado cambiar el mandato economicista al que Pemex está obligado legalmente, consistente en explorar y extraer hidrocarburos para generar valor económico y rentabilidad para el Estado¹⁸. En el plan de negocios de la empresa pública (PEMEX, 2019a) no se plantea alcanzar la neutralidad de carbono ni diversificarse hacia las fuentes renovables de energía, ni mucho menos mutar hacia una empresa de servicios energéticos diversos. Aunque la visión de la actual administración no es de largo plazo busca reducir las emisiones de gases efecto invernadero, disminuir los pasivos ambientales, incrementar el reúso de agua, racionalizar el consumo de energía, incrementar la seguridad de la infraestructura estratégica y contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Pemex cuenta con un Sistema de Información de Seguridad Industrial y Protección Ambiental, el cual es una herramienta para administrar los riesgos y cumplir con la regulación. La empresa participa en las evaluaciones realizadas por terceros a través de la aplicación de métricas ambientales, sociales y corporativas (ESG, por sus siglas en inglés) que ponen especial atención en temas de cambio climático, emisiones contaminantes, residuos, biodiversidad, uso de suelo, lucha contra la corrupción y gobierno corporativo (PEMEX, 2019a). También cuenta con iniciativas para la captura de carbono a través de la

¹⁷ Las licitaciones de áreas para la exploración y extracción de hidrocarburos, las llamadas *rondas petroleras*, también fueron suspendidas porque la nueva política energética busca aumentar la producción de petróleo y gas de Pemex, no la producción de las petroleras privadas.

¹⁸ Artículos 4 y 5 de la Ley de Pemex.

preservación y recuperación de los ecosistemas en terrenos de su propiedad. Si bien son programas bien intencionados, han sido pobres en resultados como puede observarse en la tabla 11.

Tabla 11. PEMEX, indicadores de sostenibilidad de 2016 a 2021.

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Emisiones de CO ₂ e (mmt)	68.0	49.4	46.3	48.0	65.8	70.5
Intensidad de emisiones (t CO ₂ e / mbpce)	30.1	17.0	23.9	27.4	31.6	-
Intensidad de emisiones refinación (tCO ₂ e / Mb)	39.8	40.7	49.7	55.34	63.7	-
Consumo energético (PJ)	639.5	587.3	542.3	552.2	486.4	-
Intensidad de consumo energético en (GJ/mbpce)	170.3	184.2	212.9	229.6	167.0	-
Intensidad de consumo en refinación (GJ/Mb)	695.2	734.6	714.2	826.4	773.4	-
Emisiones de CO ₂ e por quema (mmt)	26.4	11.4	10.5	14.3	21.3	22.8
Gas enviado a la atmósfera (mmmpc) 1/	517.7	225.7	179.0	301.3	477.9	511.9

Notas.- Millones de toneladas (mmt); miles de barriles de petróleo crudo equivalente (mbpce); toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e); peta joules (PJ), giga joules (GJ); millones de toneladas (mmt). 1. Gas quemado o venteado.

Fuente: Pemex Informe F – 20 e Informe de Sustentabilidad, varios años.

En términos generales, son incipientes las acciones de política energética encaminadas a frenar la demanda de combustibles o reemplazarlos por energías alternativas. El decálogo de acciones del presidente contra el cambio climático presentadas en el Foro de las Principales Economías sobre Energía y Clima, organizado por la administración de Joe Biden (López Obrador, 2022) refleja no sólo la falta de ambición sino la ausencia de claridad sobre el problema de la transición y la sostenibilidad. Tales acciones son las siguientes: i) modernizar 16 plantas hidroeléctricas; ii) reducir las emisiones de metano en la exploración y producción petrolera hasta en 98 por ciento mediante una inversión de dos mil mdd; iii) producir el 50 por ciento de vehículos cero emisiones contaminantes en 2030; iv) construir un parque solar fotovoltaico de 1,000 MW; v) garantizar inversiones estadounidenses destinadas a generar mil 854 MW de energía solar y de energía eólica; vi) explorar la creación de parques solares en la frontera para exportar la energía hacia los Estados Unidos; vii) alcanzar la autosuficiencia en la producción de gasolina, diésel y turbosina; viii) construir plantas coquizadoras en dos refinerías para transformar combustóleo en gasolinas y alcanzar un impacto ambiental significativamente menor, es decir, “contaminar menos o dejar de contaminar”; ix) dar

continuidad al vasto programa de reforestación con árboles frutales y maderables; x) producir el 35 por ciento de la energía consumida en el país en 2024 con fuentes limpias y renovables.

En realidad, las inversiones estadounidenses fueron pactadas durante la administración anterior; la exportación de electricidad generada con energías limpias no cuenta como parte del compromiso de reducción de gases efecto invernadero, el cual se contabiliza con base en las emisiones derivadas del consumo y no de la producción de energía; la producción y consumo de gasolina, diésel y otros derivados del petróleo es contraria a la lucha contra el cambio climático; la autosuficiencia en petrolíferos no ayuda a reducir las emisiones de gases efecto invernadero, al contrario, las incrementa por la energía fósil utilizada en el proceso de refinación. La meta de 35 por ciento de las energías limpias se aplica para la generación de energía eléctrica de acuerdo con lo dispuesto en la Ley de la Transición Energética.

Otra tarea pendiente es solventar el conflicto entre los promotores de los proyectos energéticos y las comunidades donde se pretende implantarlos. Los mecanismos de regulación y gestión social instaurados durante la reforma energética fracasaron en crear una garantía institucional para anticiparse al conflicto y llegar a un entendimiento entre las partes, de ahí que los choques no han cesado (Rousseau, 2020). La situación no ha mejorado en lo que va de la 4T y la postura del gobierno ha sido contradictoria (Galván, 2019; Solorio et al., 2021): por un lado, ha buscado atender las carencias sociales soslayadas por siglos, el problema estructural de fondo señalado por Rousseau¹⁹; sin embargo, ni siquiera ha intentado atender y remediar las deficiencias legales y normativas establecidas durante el periodo neoliberal, a pesar de que partido tiene mayoría en el Congreso. El compromiso de fomentar la generación de energía con fuentes renovables y tecnologías sustentables, promoviendo la participación comunitaria y su aprovechamiento local (Presidencia de la República, 2019) ha sido letra muerta.

¹⁹ Desigualdad profunda, discriminación, estado de derecho débil, corrupción y violencia.

En términos generales poco se ha avanzado hacia lo que (Tornel, 2020) llama un futuro más democrático del sector energético, en el que el concepto de justicia energética se sitúe en el centro de la planificación y el diseño técnico-social de los sistemas energéticos. El objetivo de erradicar la vulnerabilidad, pobreza y marginación energética no ha sido atendido, más allá de controlar el aumento de precios y tarifas. Por el lado del consumo tampoco se han hecho esfuerzos apreciables para imprimirle mayor eficiencia y racionalidad.

La sostenibilidad energética ha progresado poco en lo que va de la administración de AMLO. Es innegable que el presidente ha trabajado en favor de ella, pero no como sería deseable. Al declararse gobierno progresista se esperaba que corrigiera el rumbo para lograr un avance más equilibrado entre seguridad, accesibilidad y sustentabilidad. El curso de los acontecimientos ha sido distinto a las expectativas de la población preocupada por la amenaza de colapso climático y quebranto ecológico; así como por el atropello del cual son objeto las comunidades afectadas por los proyectos energéticos.

Aunque los programas y el discurso oficial contienen elementos claramente orientados hacia la sostenibilidad, la atención y los recursos se han concentrado en atender fundamentalmente cuatro preocupaciones: elevar la producción de petróleo, conseguir la autosuficiencia en gasolina, mantener el precio de los combustibles y la electricidad por debajo del ritmo inflacionario, así como rescatar y fortalecer a Pemex y a CFE. Esta última preocupación se ha traducido en múltiples y variadas medidas para frenar el avance de las empresas privadas, aunque estén trabajando a favor de la sostenibilidad o quieran sumarse a ese esfuerzo más allá del *greenwashing*²⁰ o del puro interés comercial.

Tal orientación se explica por el marco en el que se define y se desenvuelve la política energética, que no es otro que el proyecto de revitalizar al Estado. La 4T argumenta que la élite neoliberal intentó reducirlo a un aparato administrativo al servicio de las grandes corporaciones y a un instrumento coercitivo en contra de las mayorías. “La idea de que las

²⁰ Se refiere a la presentación de un producto o propuesta como respetuosa ante el medio ambiente cuando en realidad no lo es.

grandes instituciones públicas debían renunciar a su papel como rectoras e impulsoras del desarrollo, la justicia y el bienestar, y que bastaba ‘la mano invisible del mercado’ para corregir distorsiones, desequilibrios, injusticias y aberraciones, fue una costosa insensatez” (Presidencia de la República, 2019). Con base en este razonamiento el Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024 establece como propósito central la recuperación de la fortaleza del Estado como garante de la soberanía nacional, la estabilidad y el estado de derecho, árbitro de los conflictos, generador de políticas públicas coherentes y articulador de propósitos nacionales.

En este marco, el objeto en el sector energético es precisamente recuperar el control del Estado, bajo la consideración de que el suministro de energía es un asunto de seguridad nacional.

Esa voluntad quedó plasmada con toda claridad en la iniciativa de reforma constitucional que AMLO envió al Congreso en 2021. La propuesta consistía primero, en reafirmar que el sector público tendría a su cargo de manera exclusiva las áreas estratégicas, que la electricidad era una de ellas y que la exclusividad se extendía a toda la cadena de suministro; segundo, en elevar a rango constitucional la responsabilidad del Estado de preservar la seguridad y autosuficiencia energéticas, así como el abastecimiento de energía eléctrica a toda la población; tercero, en dejar a cargo del Estado la transición energética y utilizar de manera sustentable todas las fuentes de energía de las que la nación dispone; y cuarto, en establecer que el abastecimiento de energía eléctrica sería un servicio público a cargo, de manera exclusiva, de la CFE, organismo autónomo del Estado que sería responsable de la electricidad, el sistema eléctrico nacional, la planeación y control de dicho sistema, la ejecución de la transición energética en materia de electricidad, así como de las actividades necesarias para dicha transición. El sector privado podría generar electricidad, pero no más que las centrales públicas y solo podría vender energía y potencia a la CFE, convertida de esa manera en un monopsonio legal²¹.

²¹ Esa iniciativa fue desechada al no conseguir el número suficiente de votos.

En un contexto internacional que hasta hace unos meses estaba claramente perfilado hacia la transición energética para detener el aumento de emisiones causantes del calentamiento global y mitigar el cambio climático, llama la atención, pero no asombran, las decisiones de la presente administración. La política energética nunca es neutra y en el caso que nos ocupa tiene sus raíces en la historia nacionalista y estatista del país, que en materia de energía cristalizó en la expropiación petrolera y la creación de Pemex y CFE en 1938, así como en la nacionalización de la industria eléctrica en 1960. Más que atender el clima de la sostenibilidad, a la 4T le ha parecido más relevante dar prioridad a la soberanía, la independencia y la seguridad nacional, principios fuertemente enraizados en la historia, la política y la cultura nacionalista del país, de los que abreva el ideario político del actual presidente de la república (Hernández I. y Bonilla, 2020).

El gobierno mexicano no es el único que considera que la sostenibilidad energética es importante pero no por ello debe estar siempre por encima de otros objetivos. En China, India, Estados Unidos y Alemania, por ejemplo, gobernantes pragmáticos no han dudado en permitir la quema de cantidades ingentes de carbón para garantizar la seguridad energética, mantener elevadas tasas de crecimiento económico o satisfacer necesidades básicas, a pesar de la preocupación internacional o incluso la reprobación por el volumen de emisiones resultante.

El regreso del nacionalismo a la política energética, luego de un periodo de ausencia por el empuje de las reformas de mercado, no es un fenómeno limitado a las fronteras mexicanas. De hecho, se está ampliando y es probable que se intensifique en un contexto internacional caracterizado por las tensiones geopolíticas, la volatilidad del precio de los energéticos y las materias primas, la inflación y las amenazas de recesión global. En ese nuevo contexto se ha acentuado particularmente el sub y el supra nacionalismo de los recursos naturales (Robinson, 2022). El subnacionalismo ocurre cuando los gobiernos de zonas ricas en minerales exigen una mayor participación en el valor generado por las operaciones extractivas; a su vez, el supranacionalismo surge cuando los países se esfuerzan por tener mayor acceso a recursos escasos y minerales críticos. La secular competencia entre países

poderosos por el acceso a esos materiales se ve exacerbada por las interrupciones en las cadenas de suministro, tal como vemos en la actualidad. En ese contexto México tomó la decisión de nacionalizar el litio (SEGOB, 2022).

La pandemia de coronavirus y la guerra de Ucrania han impulsado el resurgimiento del nacionalismo no sólo en los países de la periferia, tradicionales suministradores de energía y materias primas, sino también en los países centrales del sistema capitalista. De igual forma, la crisis energética de Europa, incubada durante la pandemia y fustigada por la intervención rusa en Ucrania, han despertado una ola de nacionalismo en ese continente. La preocupación central se ha desplazado de la lucha contra el cambio climático a la urgente necesidad de contar con energía suficiente, barata, sin interrupciones y que no provenga de Rusia.

En ese contexto y con la finalidad de tener un margen de maniobra más amplio para enfrentar la crisis y la transición energética, Francia tomó la decisión de nacionalizar *Electricidad de Francia*, operador histórico del cual el estado francés nunca se desprendió completamente pues siempre mantuvo una participación mayoritaria. Esa decisión podría tener efecto de bola de nieve en un momento que varios países de la Unión Europea se plantean recrear las empresas públicas privatizadas total o parcialmente durante el neoliberalismo.

El nacionalismo energético también ha ido de la mano de la proliferación de regímenes populistas tanto de izquierda como de derecha. La administración de Donald Trump fue un caso ilustrativo (Saxe-Fernández, 2019) . La política energética de la 4T no es un fenómeno aislado. Los gobiernos tienen a privilegiar objetivos políticos de corto plazo y a sacrificar los de largo plazo. Hacia adelante el reto es reducir a su mínima expresión el componente fósil del nacionalismo ascendente y articularlo con la transición energética y la sostenibilidad.

El gobierno del presidente en turno, Andrés Manuel López Obrador ha anunciado la decisión de elevar del 22 al 35% el objetivo de reducir las emisiones de gases efecto invernadero con recursos propios. La reducción total estimada para 2030 será de 88.9 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (MtCO₂e). El anuncio oficial se hizo durante la Conferencia Climática COP27 que tuvo lugar en Egipto en noviembre de 2022.

Este importante compromiso se basa en más de 40 medidas identificadas por la administración en los diferentes sectores económicos. Los ejes principales de la propuesta se basan en intensificar el cuidado al medio ambiente, el transporte bajo en carbono y la regulación y fomento industrial. Destacan el programa Sembrando Vida, el incremento de las áreas naturales protegidas, la estrategia nacional de carbono azul y la electromovilidad (se pretende que el 50% de los vehículos ligeros nuevos vendidos en 2030 serán cero emisiones).

Sobresale también el teletrabajo, el fomento al transporte ferroviario, los proyectos de cogeneración (en especial en Pemex), así como las normas de eficiencia energética y la estrategia nacional de economía circular. También destaca el programa de generación de energía eléctrica con fuentes renovables de energía que tiene la intención de duplicar la capacidad de generación de electricidad con energía hídrica, solar, eólica y geotérmica. A este programa se agrega el de reducción en 98% de las emisiones de metano en instalaciones de Petróleos Mexicanos para 2024 con una inversión de 2 000 millones de dólares. Ambos programas con la culminación de un largo trabajo bilateral con la administración del presidente de los Estados Unidos, Joe Biden.

Se espera que el aumento en el compromiso ambiental de México contribuya fuertemente a proteger la población más vulnerable a los efectos del calentamiento global y cambio climático, perfilar el país hacia una economía verde y acelerar la transición energética; en resumen, a orientar el sector energético hacia una trayectoria más sostenible.

El 31 de mayo de 2022 la SENER publicó el *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (Prodesen) 2022 – 2036*, el cual se actualiza anualmente e incluye, principalmente, los planes de expansión de la capacidad de generación eléctrica del país, así como la modernización de las redes de transmisión y distribución. En términos generales la diferencia de este programa con los inmediatos anteriores está en los pronósticos de crecimiento de las energías renovables en la matriz energética.

Mientras los objetivos de reducción de emisiones de México plasmados en el Acuerdo de París de 2015, así como en la Ley de Transición Energética, establecen que el país deberá generar el 35% de su energía a partir de fuentes limpias para 2024, el documento posterga el cumplimiento de este porcentaje hasta 2031. Este retraso no obedece a razones económicas y/o técnicas, sino a la decisión de que CFE sea la única responsable de expandir la capacidad de generación renovable al cerrar la puerta a los productores privados para emprender nuevos proyectos en el sector.

Por otra parte, se contemplan únicamente nuevas adiciones de capacidad de generación de la CFE, empresa que no cuenta con proyectos concretos de generación renovable en su cartera de proyectos para expandir la capacidad instalada al ritmo que el país requiere. Se elimina formalmente el plan de retiro de centrales, el cual en los hechos llevaba cancelado desde 2019. La idea inicial era el retiro paulatino de las centrales más obsoletas y contaminantes para modernizar la capacidad instalada del país con el despliegue de centrales más eficientes y con una menor huella de carbono. Es importante resaltar que los efectos negativos de cancelar el retiro de plantas obsoletas desde el punto de vista tecnológico no solo son ambientales sino económicos.

La apuesta principal para aumentar la capacidad de generación en el país recae en las centrales de ciclo combinado lo cual es adecuado; sin embargo, no está acompañado de una estrategia para garantizar el suministro del gas natural que es un insumo fundamental para la operación de estas centrales.

El Prodesen²² 2022 – 2036 estima un crecimiento base del 3% anual de la demanda, lo cual es congruente con ediciones anteriores del documento. Mantener la expansión de la capacidad de generación instalada a partir del crecimiento de la demanda eléctrica del país es un reto de cualquier sistema eléctrico. También estima que la capacidad instalada aumentará en 48% para 2036, con adiciones energía solar, nuclear, de ciclos combinados y

²² Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional.

de combustión interna. Sin embargo, CFE no cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo esta expansión; de acuerdo con estimaciones del Centro de Investigación en Política Pública (IMCO) la inversión privada en generación eléctrica asciende a \$4 mil millones de dólares y el documento no da información sobre cómo se planean financiar estos proyectos (IMCO, 2023).

Se tiene previsto que la capacidad instalada aumente en 9.5% entre 2022 y 2025. De los 8,262 MW que se agregarán, casi 6,000 MW corresponden a ciclos combinados, esto es equivalente al 68% de la inversión. Únicamente el 14% será destinado a proyectos de energías limpias (1,124 MW)²³, sin aportar evidencia de cómo se va a llevar a cabo esta expansión. Por otra parte, entre 2026 y 2035 se planean agregar 32,812 MW de los cuales 72% serán de energías renovables. El plan es ambicioso y sin especificaciones de los nuevos proyectos de inversión y no queda claro cuál será la participación del sector privado, indispensable para la viabilidad de las metas establecidas.

Impulsar la transición energética tiene como condición indispensable diversificar la planta de generación eléctrica para integrar fuentes de bajas o nulas emisiones de gases de efecto invernadero de forma acelerada. El Prodesen 2022 – 2036 reduce la expansión de capacidad instalada – renovable y no renovable – a un solo actor: la CFE, lo cual establece una responsabilidad a la empresa del Estado que no está en condiciones de asumir y genera presiones innecesarias sobre las finanzas públicas, además de ser una estrategia contraria a los tratados internacionales, la legislación y regulación mexicanas, pues obstaculiza la inversión privada en un mercado abierto a la competencia. Esta situación se analizará con mayor detalle en el capítulo siguiente.

En lugar de buscar una transición energética hacia una expansión del uso de energías limpias, que es uno de los aspectos fundamentales del desarrollo sostenible, el sector eléctrico en México pareciera seguir anclado a un pasado de combustibles fósiles lo cual no es congruente

²³ Según datos de IMCO. Centro de Investigación en Política Pública.

con la tendencia mundial hacia la descarbonización de las matrices energéticas de los países, ni con los compromisos que México ha suscrito en materia de mitigación del cambio climático; es decir la planeación del Estado mexicano en materia eléctrica no aspira a un entorno más sustentable.

Capítulo 5. Estrategias para mejorar la sostenibilidad del suministro de energía.

Es imprescindible que México cuente con un sistema energético acorde a las necesidades del presente sin comprometer las de las futuras generaciones. Cuidando en todo momento el desarrollo y porvenir del país, es necesario tomar decisiones imparciales y abordar las problemáticas asociadas al sector energético con una dimensión científica, económica, social y racional.

Como cualquier transición, la energética enfrenta cuando menos dos desafíos bastante evidentes: saber hacia dónde dirigirse y saber cómo llegar. A veces es menos difícil ubicar el destino que trazar el camino a seguir para llegar a él. Los asuntos energéticos no se reducen a una cuestión de tecnología o ingeniería únicamente. Convertir en una realidad una propuesta energética requiere de la cooperación de varias áreas y es común plantearse varias interrogantes antes de tomar una decisión, por ejemplo: ¿qué tan incosteable es la tecnología propuesta? ¿El entorno de inversión es conveniente para comprometer recursos cuya recuperación tome décadas? ¿La regulación es la adecuada, estable y de calidad? ¿Las comunidades o grupos sociales están dispuestas a recibir la inversión? Todo lo anterior dificulta enormemente el camino trazado para lograr un sistema energético totalmente sostenible. Eliminar los subsidios a los combustibles fósiles y elevar los impuestos al carbono serían medidas que buscan incentivar el remplazo de tecnologías y reducir el consumo energético; sin embargo, estas medidas se contraponen al hecho de que se requiere energía barata y disponible en todo momento para los habitantes.

Para poder enfrentar el desafío de descarbonizar el sector energético sin descuidar los aspectos económicos, sociales y ambientales es necesario una transformación a fondo de los sistemas energéticos teniendo siempre presente dos dificultades principales: por un lado la sustitución rápida del uso de combustibles fósiles y su infraestructura asociada, reto que no es sencillo de enfrentar debido a las resistencias en el aspecto económico y político; y por otro, la incorporación rápida de energías renovables manteniendo su acceso a través de

tecnologías bajas en carbono, satisfaciendo la demanda creciente y dotar de este servicio, en forma asequible, a quienes la necesitan.

La crisis energética en Europa está dejando importantes lecciones, no solo para México. Un reto importante es mantener el respaldo de las energías renovables que son intermitentes. Ejemplo de ello es el caso de la Unión Europea. En opinión de algunos expertos como (Vargas y Olvera, 2021) lo que está sucediendo en estas naciones es que en concordancia con la preminencia del mercado como modelo económico está el dominio transnacional que impone sus objetivos de maximización de ganancias en el manejo de la energía por encima de objetivos sociales.

La Unión Europea es una región dependiente de recursos fósiles del exterior. Si bien cuenta con una importante capacidad de generación nuclear, del carbón y gas natural, tiene el problema para fincar una seguridad energética en el largo plazo. El problema de fondo es que, sin garantizar el almacenamiento para las energías intermitentes, implementa un desmantelamiento apresurado de la capacidad existente, lo cual deriva en problemas de suministro y de confiabilidad en la generación de electricidad.

La crisis está obligando a un profundo replanteamiento de la economía y la política energética. En estas circunstancias existe una tensión inevitable ya que es urgente asegurar el suministro de combustibles fósiles a un precio asequible, pero por otro lado es impostergable reducir el consumo de esos productos para minimizar los impactos ambientales que generan el calentamiento global y el cambio climático.

El dilema mencionado es complejo porque la energía fósil sigue siendo un componente principal de la canasta energética en la mayoría de los países. Dada la situación crítica, los gobiernos están más preocupados en resolver la escasez de combustibles fósiles que en propiciar mecanismos que impulsen la transición energética hacia una orientación más sostenible.

Por un lado, los precios elevados son un fuerte estímulo para el remplazo de petróleo, gas y carbón por fuentes renovables, pero también no se puede negar que precios muy altos son proclives a generar una pobreza energética, además de producir inflación y golpear fuertemente los bolsillos de los ciudadanos.

Para poder establecer una comparación útil entre los dos enfoques que puede tener un sistema energético será necesario primero establecer puntualmente cuáles son los aspectos que se tienen que considerar para poder enfrentar esta problemática compleja.

5.1 Principales aspectos a considerar ante esta problemática.

Existen distintas visiones para lograr una transición energética. No existe un modelo único para alcanzarla, de acuerdo con los recursos, infraestructuras, demandas y capacidades de cada nación. Las iniciativas tendientes a solucionar estas tensiones varían de un país a otro, con rasgos en común, pero con diferencias en magnitud y celeridad. Hoy día, entre las ideas y reacciones frente a la crisis destacan, al menos cuatro aspectos (Rodríguez, 2022):

- a) Para los países lo que realmente cuenta es que no falte energía. La máxima prioridad en lo inmediato es contar con energía fósil a precio accesible, para que la economía y la vida de las personas siga funcionando con normalidad. El cuidado del ambiente es más importante cuando el suministro de energía es estable y abundante, en cambio, en periodos de escasez, volatilidad e incertidumbre la seguridad energética va primero. La transición energética es indispensable y debe continuar, pero ya no está en la cúspide de las prelacones gubernamentales.
- b) Lo más importante es atender el problema geopolítico inmediato. En la actualidad los países usan todo lo que está a su alcance para remplazar los indeseables energéticos rusos. Racionalizan el consumo, recurren al carbón e incluso al lignito, talan bosques y queman madera, suspenden el cierre de vetustos e

inseguros reactores nucleares, etc. Es la forma que están encontrando de paliar la crisis energética.

- c) Es un error dejar la seguridad energética en manos del mercado. Garantizar la oferta de energía dejó de ser responsabilidad de los gobiernos para convertirse en responsabilidad compartida. La seguridad energética quedó vinculada a la lógica del mercado y a sus posibilidades especulativas. El mercado cumple su objetivo cuando satisface la demanda a un precio accesible, pero deja de cumplirlo cuando el precio causa sufrimiento a la economía y al consumidor. El precio podrá equilibrar la oferta y la demanda, pero no resuelve el problema del clima gélido, es mentira que el precio elevado detone por sí mismo inversiones en infraestructura para que no afecte la disponibilidad de gas y energía eléctrica.
- d) El regreso a los combustibles fósiles es temporal, pero podría extenderse. El impulso a la extracción de petróleo, gas y carbón es una bocanada de oxígeno para los colosales intereses que se mueven alrededor de los combustibles fósiles, los cuáles difícilmente retrocederán cuando regrese la calma.

En México, el consumo de energía depende en 88% de los combustibles fósiles por lo que es necesario lograr una mayor penetración del uso de fuentes de energía renovables. El sector transporte es el sector que mayor energía consume (42%) y prácticamente toda proviene de combustibles fósiles, mientras que la electricidad apenas contribuye con un 0.2%. La disponibilidad de gas natural para el mercado nacional está basada fuertemente en importaciones (86%) con el agravante que éstas prácticamente provienen únicamente de Estados Unidos.

Son numerosos los estudios científicos avalados internacionalmente que han demostrado los distintos efectos del cambio climático causado por las actividades de los seres humanos en el planeta (causalidad antropogénica); es decir, la relación intrínseca causal que existe entre el aumento de gases efecto invernadero y el aumento acelerado de la temperatura global del planeta. El cambio climático pone en riesgo la vida sobre el planeta “la velocidad con que se

está produciendo el cambio climático podrá eliminar la mitad de las especies hacia el final del presente siglo”.²⁴

La llamada matriz energética del país se caracteriza por una relevante producción y consumo de energía proveniente de combustibles fósiles. Es un hecho que el descubrimiento de nuevos pozos, la modernización y construcción de refinerías con la intención de elevar la autosuficiencia en gasolina para el transporte se ponen en contrapunto con las metas de alcanzar una mayor explotación de fuentes con energías limpias y renovables²⁵ así como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que son metas fundamentales para lograr un sistema energético más sostenible.

La situación geográfica de México es considerada una de las más favorecidas en recursos solares a nivel mundial, sin embargo, esta condición es desaprovechada. Hasta 2020 podemos suponer que la baja participación de la energía solar en la matriz energética del país se debió a las condiciones regulatorias vigentes y a una consecuente falta de inversión en infraestructura (Villavicencio y Millán, 2020). Sin embargo, a partir de 2021 a 2023 es la que más ha crecido pasando de 8,045 a 215,897 MW·hora²⁶.

También existe un gran potencial de recursos para producir biocombustibles líquidos, sólidos y biogás. Sin embargo, su aprovechamiento requiere de actividades de colecta, transporte, así como de instalaciones para tratamiento y procesamiento (por ejemplo, en biodigestores) en gran escala que no los tenemos disponibles por el momento en nuestro país. Adicionalmente surge la pregunta de cuán sustentables son los cultivos energéticos en

²⁴ Rifkin, Jeremy. El Green New Deal Global. Paidós. 2020, p. 11.

²⁵ Las energías limpias con aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos no rebasan los umbrales establecidos en las disposiciones legales. Por su parte las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano que se regeneren naturalmente, por lo que se encuentran disponibles en forma continua y su uso no libera emisiones contaminantes.

²⁶ Sistema de información energética, SENER.

términos del consumo de agua, deterioro del suelo y de la ocupación de zonas más o menos fértiles.

Los biocombustibles líquidos de primera generación se obtienen de cultivos como la caña de azúcar, la soya y la palma aceitera que son los más utilizados en nuestro caso. Estos productos se utilizan para consumo alimenticio por lo que observaremos un doble efecto negativo: menos tierra para alimentos y productos alimentarios que se utilizan para producir biomasa, entonces ¿en qué medida la producción de biomasa contraviene la soberanía alimentaria? Ya que una parte de las tierras ya no se utilizan para producir alimentos. El uso creciente de cultivos alimentarios para producir biocombustibles ha desatado un gran debate internacional sobre los posibles efectos negativos en la seguridad alimentaria, particularmente en países en vías de desarrollo como el nuestro.

Ante las carencias en materia de producción de alimentos esenciales a la dieta nacional (maíz y frijol, principalmente) la estrategia más viable para aumentar el uso de las energías renovables está representada por las fuentes de energía solar, eólica, geotérmica y no por la biomasa.

Desde un punto de vista social, una dificultad importante en la transición energética será evitar la permanencia de la existencia de la desigualdad social. Los sistemas de energías renovables deberán ser capaces, no solo de lograr una descarbonización sino también satisfacer el aumento de demanda de energía, consumo y crecimiento de la población (Tornel, 2020). El hecho de que la transición energética se vea como una acción lineal y progresiva en la que a mayor desarrollo, innovación y tecnología se logre satisfacer la demanda creciente reduciendo la emisión de gases efecto invernadero. Se debe poner especial atención a las disparidades que puedan surgir en las sociedades atribuibles a las políticas locales y contextos sociales en los que los proyectos de energía renovable se desarrollen; es decir, lograr una transición energética sin descuidar la atención a la justicia social. México, al igual que los países en desarrollo de América Latina están actualmente en el proceso planear y desarrollar sistemas futuros de energía obligados a considerar aspectos basados en la redistribución que

garantice en todo momento el acceso y equidad a energías limpias y que sean asequibles en todo momento.

Otro aspecto relevante es el asociado a las instituciones públicas involucradas. Existen algunos programas de fomento a la producción de energías limpias como el Prodesen que detalla la planeación anual de producción de energía para observar el crecimiento de la demanda eléctrica de las distintas regiones del país y, con ello, definir acciones para transitar a las energías limpias. Por otra parte, está la Secretaría de Energía (SENER) que es la encargada de conducir la política energética del país dentro del marco institucional vigente para garantizar el suministro suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos a todo el país.

En 2019 la SENER definió, a través de foros de consulta, la política energética del país para el periodo 2019 – 24. Se discutió principalmente el asunto de hidrocarburos además del eléctrico, energías limpias y renovables e innovación tecnológica. Sin embargo, el gobierno federal ha proporcionado señales confusas en cuanto al desarrollo de recursos no convencionales por lo que es necesario que se dé mayor claridad así como un debate informado sobre el tema (Hernández I. y Bonilla, 2020) .

Es bien sabido que, en el contexto de cambios institucionales en el sector energético, existen dos aspectos que generan tensiones entre los actores y desafíos en términos de política pública y estrategia de desarrollo a largo plazo: i) la sustentabilidad ambiental y social de la producción de energías renovables, sobre todo de la bioenergía, y ii) el abastecimiento energético de toda la población tomando en cuenta la creciente demanda.

Uno de los principales factores que ha estado presente en el debate sobre el aprovechamiento de fuentes renovables para incrementar la oferta de energía eléctrica se asocia a la confiabilidad de la red de distribución. Se trata de la capacidad de toda la red para mantener un flujo continuo y eficiente de energía a lo largo y ancho del territorio nacional. Dado que las fuentes renovables solo pueden producir energía de manera intermitente o discontinua, se les considera limitadas para garantizar el abasto energético que requiere la demanda.

Adicionalmente el estado actual de la regulación y la infraestructura de la red nacional de energía eléctrica pone en riesgo la continuidad en la distribución de energía.

La Generación Distribuida (GD)²⁷ impulsada por la ley de transición energética de 2015 podría permitir el incremento del uso de fuentes renovables de energía como la fotovoltaica para abatir las desigualdades que padece una buena parte de la población del país en materia de consumo de energía eléctrica. El aprovechamiento de la energía solar a través de paneles en los techos de las casas requiere menos infraestructura²⁸ que en el caso de las fuentes eólica o la geotérmica, por lo que representa una importante ventana de oportunidad para asegurar mayor cobertura.

La interrupción de las actividades comerciales, industriales y de servicios trajo consigo una disminución del consumo de energía, lo que a su vez ocasionó pérdidas económicas a la CFE porque ya había comprado a Pemex petróleo como insumo para la producción de electricidad. Sin embargo, la pandemia no detuvo la operación de los proyectos emblemáticos del nuevo gobierno. El punto de tensión es claro: el Acuerdo del CENACE impide que avancen proyectos de energías renovables bajo el argumento de la reducción en el consumo de energía eléctrica, mientras que el gobierno avanza en su proyecto para refinar más petróleo. Como señalan (Villavicencio y Millán, 2020) las medidas regulatorias establecidas por el gobierno en los últimos años generan incertidumbre para los proyectos de inversión privada en energía eólica y fotovoltaica, aunque también lo anterior se debe a que antes no había una adecuada regulación donde CFE era el único organismo que asumía todas las ineficiencias.

Resulta innegable que modificar la matriz energética para tener mayor soberanía energética, reducir paulatinamente la pobreza energética y mitigar el cambio climático, solo será posible sustituyendo el uso de energías fósiles por renovables. Lo anterior implica cambiar la infraestructura para la producción y distribución de energía eléctrica, adecuar los marcos

²⁷ Electricidad generada en el mismo sitio donde se consume y que no rebasa del 500 kW.

²⁸ Considerando instalaciones domésticas en cada hogar donde, dependiendo de la ubicación geográfica, pueda aprovecharse este recurso.

regulatorios del mercado energético, generar incentivos a la inversión pública y privada, generar consensos entre gobierno, empresas y ciudadanía para la construcción de proyectos nacionales de largo plazo que supere las tensiones, los vacíos y las disyuntivas que hoy obstruyen el tránsito hacia la producción y el consumo de energía de manera más sustentable para el país.

Para poder enfrentar de manera exitosa los desafíos que tiene nuestro país respecto al sector energético podemos establecer diversos caminos. Una forma es a través de un modelo energético cerrado, poco abierto a la competencia, como lo ha estado estableciendo el gobierno actual. Otra alternativa es a través de un modelo más abierto a la participación de recursos privados, como lo han promovido los opositores a la 4T. Cada alternativa tiene sus ventajas y problemáticas propias por lo que en este capítulo se describe y analiza cada una de ellas para, posteriormente establecer una comparación entre ellas y emitir algunas conclusiones.

5.2 Modelo energético con un enfoque soberanista o nacionalista.

Se califica de nacionalista a la nueva orientación de la política energética puesto que en términos generales el nacionalismo es la doctrina o práctica que coloca los intereses colectivos o del Estado por encima de los intereses de los individuos, regiones o de otras naciones (Smith, 2013). Frente a la experiencia de otros países, para garantizar la seguridad energética de México (a partir de la disponibilidad, la confiabilidad y la asequibilidad del precio de la electricidad en conjunto con la transición energética), el gobierno del presidente Andrés Manuel López Obrador presentó una iniciativa de cambio constitucional en materia eléctrica. A través de ella, el Estado buscó restablecer el sistema de planeación, históricamente exitoso en el caso de la CFE, que fue desmantelado incluso antes de la Reforma Energética del 2013, de tal manera que se pueda armonizar la oferta y la demanda de energía eléctrica sin poner el riesgo por desajustes, como actualmente existe, la confiabilidad del sistema, particularmente en algunas regiones.

La transición energética es un aspecto central de la iniciativa. Si bien se reconoce que la CFE ya alcanzó el objetivo de generar el 35% de la energía eléctrica con fuentes renovables (Vargas y Olvera, 2021), persiste la meta de reducir la emisión de gases efecto invernadero y con ello mitigar el cambio climático en las centrales de generación de CFE. Esto a partir de 10 plantas de generación hidroeléctrica y la construcción de un parque fotovoltaico en el estado de Sonora.

Un giro a la regulación del modelo neoliberal que permitirá que no se disparen las tarifas eléctricas, como ocurre en la Unión Europea, es que la CFE maneje el despacho económico considerando los costos totales de producción y privilegiando el mérito económico, dejando atrás el criterio de incorporar los costos variables y marginando los costos de los combustibles de generación. Así CFE garantizará la asequibilidad a partir de mantener el control en la determinación de las tarifas, cumpliendo en todo momento con el objetivo de mantener el acceso a la electricidad en calidad de un derecho humano.

Actualmente tenemos un sistema eléctrico mixto, con un mercado eléctrico mixto, con un mercado eléctrico y un servicio público estatal con ciertos privilegios orientados a los productores privados de energía que han debilitado los pilares fundamentales de un suministro eléctrico de calidad; es decir, han afectado la confiabilidad, la planeación y el control del sistema.

En opinión de un grupo de profesionales (Observatorio Ciudadano de Energía, 2022) con experiencia proponen lo siguiente para el sector eléctrico:

- Reducción drástica del consumo de gasolina, diésel y combustibles a través de una transformación radical en los sistemas de transporte, esto con el objetivo de descarbonizar los sistemas energéticos. Ello requiere impulsar notoriamente el transporte eléctrico, así como mejorar drásticamente la eficiencia en el uso de combustibles en los transportes que utilizan estos petrolíferos.

- Continuar con la electrificación de hogares para aumentar la calidad de vida de la población y reducir drásticamente el consumo de combustibles como gas LP, gas natural y leña. Para ello se deberá propiciar el uso de calentadores de agua, reducción de los consumos energéticos para calefacción y refrigeración, promoción de sistemas de cocción por microondas e inducción eléctrica, así como eliminación total de los sistemas de iluminación incandescente.
- Instalación de iluminación pública en calles, jardines, plazas, etc. con sistemas solares automáticos y de muy bajo consumo energético.
- Establecer normas que promuevan el aumento de eficiencia energética para grandes usuarios.
- Propiciar la generación eléctrica renovable, principalmente solar y eólica, de manera que se admita en las redes de transmisión y distribución. Debe preverse que cada uno de los sectores involucrados: generación renovable, generación convencional, transmisión y distribución, reciban una justa y equitativa compensación por sus costos de manera que sean sostenibles, sin pérdidas y sin ganancias excesivas y sin subsidios implícitos a cargo de la empresa pública para quienes no lo requieren o justifican.
- La generación convencional existente, tanto la hidroeléctrica como la termoeléctrica, tendrá que adaptarse, hacerse flexible, para cumplir el papel de respaldo de las variaciones combinadas de la carga y de la generación renovable.
- Aprovechar la existencia del gas natural disponible, aunque sea mayoritariamente importado, así como la infraestructura de transporte del mismo en un periodo de transición.
- Hacer crecer la capacidad de generación nuclear con el objetivo de satisfacer la generación base del Sistema Interconectado Nacional, así como para aprovechar la característica de esta tecnología de cero emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, la decisión de la Unión Europea ha considerado la energía nuclear como limpia y necesaria para cumplir las metas y compromisos de reducción de gases efecto invernadero. No deberá soslayarse la importancia y seguridad de este tipo de instalaciones reflejada en la operación de más de 442 reactores operativos en el planeta, dos de ellos mexicanos, así como la existencia de más de 50 unidades en construcción en países desarrollados como en vías de ello. Los accidentes de

Chernóbil y Fukushima fueron un fuerte golpe a la credibilidad de la seguridad, sin embargo, no se puede negar que han servido para aprender de ellos y mejorar los sistemas y condiciones operativas.

- Se tiene que tomar una decisión de tipo económica como de justicia social. Solo los consumidores que realmente lo requieran deben recibir apoyos fiscales, esto en la perspectiva de fortalecer el bienestar con la llamada “canasta energética básica”.
- El despacho de las unidades generadoras deberá seguir siendo, como hasta ahora, por costos variables crecientes. El servicio de energía eléctrica, al menos el básico, no debe ser un espacio de negocios y especulación, es ante todo un servicio público en beneficio de la población.
- Se debe permitir la participación de empresas privadas en las diferentes ramas del servicio público, sin abusos y sin privilegios.
- Debe de haber siempre un respeto pleno a los derechos y a la voz de los ciudadanos como consumidores de energía, estableciendo el derecho de todos los habitantes al servicio público de electricidad para de esta manera mejorar su calidad de vida y respetando en todo momento los derechos de las comunidades.
- Impulsar proyectos de aplicación inmediata como la electrificación masiva del transporte de carga y de pasajeros; proyectos eólicos mar adentro; dotar energía eléctrica al cien por ciento de la población para que ningún habitante se quede sin sus beneficios; contar con sistemas de información de acceso público por internet en tiempo real y con archivo histórico de la demanda eléctrica en el Sistema Eléctrico nacional, así como la generación que satisface esa demanda.

El modelo energético del siglo XXI promueve la transición del uso de combustibles fósiles hacia el desarrollo y despliegue de tecnologías limpias. Al establecer políticas, regulaciones o programas orientados al desarrollo sostenible y de un futuro bajo en carbono, es como las energías limpias surgen como un abanico de nuevas oportunidades para las comunidades con mayor rezago socioeconómico. (García A., 2019).

Lo anterior incluye la participación social por medio de programas que promuevan el acceso universal a la energía, eficiencia energética y el empoderamiento de los consumidores. Esto se ha logrado a través de i) el acceso a la energía solar por medio de la instalación de techos solares logrando reducir emisiones que dañan el medio ambiente, favoreciendo la economía familiar reduciendo el consumo de energía eléctrica y dando acceso a energía eléctrica en zonas remotas; ii) creando programas de apoyo a los usuarios finales para promover la sustitución de equipos y sistemas de baja eficiencia por los de mejor desempeño energético; iii) el Instituto de Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) pone a disposición de sus derechohabientes una llamada Hipoteca Verde ²⁹ en la cual el derechohabiente puede adquirir sistemas de aire acondicionado, calentadores solares de agua, sistemas fotovoltaicos interconectados a la red con la instalación de que cuente con tecnologías que le favorezcan en el ahorro económico familiar.

En el futuro se debe buscar fortalecer el componente social que no sólo incorpore la participación de la población en el desarrollo de proyectos de pequeña, mediana y gran escala, sino que, sensibilice a las comunidades de los beneficios que éstos pueden brindar, tales como: el empoderamiento del ciudadano, la reducción gradual de su consumo eléctrico y el impacto positivo en la salud de las personas y el medio ambiente, al sustituir fuentes convencionales, como la leña por la energía fotovoltaica a través de techos solares.

Uno de los principales desafíos a atender es la intermitencia inherente a la naturaleza de energías renovables como la fotovoltaica y la eólica. A medida que estas tecnologías alcancen mayores niveles de penetración, la intermitencia asociada a éstas puede llegar a ser muy importante, impactando la confiabilidad del sistema eléctrico y por ende la seguridad energética del país.

En este sentido, la incorporación de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica representaría un medio para enfrentar el problema de intermitencia y garantizar la seguridad

²⁹ Infonavit, “Hipoteca Verde”, 2018, disponible en http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/trabajadores/cuido_mi_casa/hipoteca+verde.

del suministro, al tiempo que diversifica la matriz energética. Esto enfrenta el reto de contar con reservas explotables, socialmente sustentables y suficientes de materiales como el litio y el cobalto, que son insumos fundamentales en la elaboración de baterías de almacenamiento.

En México se ha identificado un potencial de crecimiento para el mercado de almacenamiento de 2, 333 MW en los próximos diez años.³⁰ Dado que el almacenamiento es visto como un facilitador de la integración de las energías renovables, este conjunto de tecnología puede tener un impacto positivo para su desarrollo y despliegue en el país. Por lo anterior, el 29 de enero de 2019, la CRE aprobó un acuerdo que define y reconoce los distintos servicios que las tecnologías de almacenamiento pueden ofrecer al sistema eléctrico. Este acuerdo constituye un primer paso hacia la consolidación de un marco regulatorio robusto que permita aprovechar todos los beneficios que el almacenamiento puede aportar al sistema eléctrico.

El hecho de que las tecnologías de almacenamiento sean más baratas y confiables, trae beneficios no sólo al sector eléctrico, sino que a su vez revolucionará el sector transporte. Incluso es gracias a un menor costo de las baterías y de la electricidad, que los automóviles con motores eléctricos han registrado costos cada vez más competitivos.

En México existen diversos incentivos para promover el uso de vehículos eléctricos. A nivel federal se ha implementado la exención del Impuesto sobre Automóviles Nuevos (ISAN), además, la CFE facilita la instalación de un medidor independiente, lo que permite diferenciar el consumo eléctrico de vehículo del resto del hogar. A nivel estatal se han implementado incentivos como: la exención al pago de la tenencia, la exención de la verificación ambiental, el engomado “E” (exento), las placas verdes y el estacionamiento preferencial con opción de carga.

³⁰ Quanta Technology, “Feasibility Study for Large Scale Energy Storage Systems in Brazil, Colombia and Mexico”, 2017, Project performed by Quanta Technology for ISA, under USTDA financial support.

Si bien México está comprometido con un futuro más limpio, la transición energética es una tendencia que día con día cobra una mayor importancia y es parte no sólo de un esfuerzo nacional, sino de una transformación global.

La descarbonización debe lograrse de forma que se fomente el crecimiento económico continuo y sostenible. Es decir, una nueva inversión en el sector energético puede ayudar a impulsar el crecimiento. La búsqueda agresiva de la eficiencia energética ayuda a reducir la pobreza energética y mejora el acceso a la energía. Las nuevas tecnologías que permiten mejoras notables en la eficiencia energética son posibles, incluso a nivel doméstico.

Las implicaciones sociales de la descarbonización pueden ser muy positivas en la medida que haya oportunidades para que las comunidades y los individuos se involucren directamente en el desarrollo de acciones apropiadas para reducir su consumo energético y, por tanto, las emisiones contaminantes a la atmósfera.

De esta manera, los gobiernos tienen un papel fundamental en hacer posible esa inclusión por medio de: programas focalizados de acceso a la energía para comunidades marginadas; regulaciones que democratizen la adopción de las energías limpias para todo tipo de usuarios; créditos o incentivos fiscales que impulsen la adopción de tecnologías sustentables en los hogares y edificios; programas de eficiencia energética para la reducción de consumo energético a lo largo y ancho del país, y campañas de comunicación para informar a las poblaciones rurales y urbanas de los beneficios de la transición energética.

En opinión de (Enríquez Rosas et al., 2022) la migración a diversos esquemas de incentivos tiene como finalidad mejorar el marco normativo, pero continuando con la promoción de las energías renovables a través de diversos mecanismos de subsidios. La promoción de las energías renovables debe continuar como una acción prioritaria para México y la implementación de subsidios para su promoción es fundamental. Estas tecnologías cumplen con todos los principios del desarrollo sostenible, a nivel ambiental, económico y social. A medida que la transformación energética global cobra impulso, su capacidad de generar

empleos garantiza su sostenibilidad socioeconómica y proporciona una razón más para que los países se comprometan con las energías renovables.

En el marco de la transición energética, podemos reconocer que el gobierno de la 4T ha logrado avanzar en la recuperación de la soberanía energética del país, propiciar la garantía de abasto de energía, promover el alcance de la autosuficiencia en petróleo y derivados, ampliar la cobertura eléctrica, mantener el aumento de precios de la gasolina y las tarifas eléctricas por debajo de la inflación, rehabilitar las centrales hidroeléctricas, reservar el litio – como mineral estratégico – bajo el control del estado, rescatar y fortalecer a Pemex y a la CFE, reducir notoriamente el robo de combustibles (*huachicol*) y cumplir con el acuerdo de París sobre la generación de electricidad con energías limpias (Rodríguez, 2022).

Es necesario tener presente que se debe salvaguardar la soberanía, la seguridad y los intereses de México de manera que se puedan satisfacer las necesidades energéticas de la industria, el transporte, el comercio, el campo, los servicios públicos y los hogares. Lo anterior debe garantizar el acceso de los ciudadanos a un flujo de energía, suficiente, continuo, confiable, económico, diversificado y respetuoso con el ambiente. De igual manera es necesario considerar el aprovechamiento con prudencia de petróleo y gas natural que tenemos sin menoscabar esfuerzos en reducir la contaminación que resulta de la producción y consumo de energía. Es necesario también considerar el apoyo que debe haber al crecimiento económico de manera que siempre se logre elevar el bienestar social. También es necesario enfatizar nuestra contribución a los objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Quienes optan por continuar con la Transición energética propuesta por el actual gobierno consideran que es necesario tomar en cuenta que se deben respetar los contratos celebrados y permisos otorgados por pasadas administraciones con empresas energéticas siempre que no tengan vicios de legalidad, estén libres de corrupción y sean benéficos para el país. Tomando en cuenta su cuestionable beneficio se propone impedir el uso del *fracking* así como la construcción de nuevas centrales nucleoelectricas ni hidroeléctricas de alto impacto ambiental, social y cultural. El gas es el energético más consumido en el país y es inevitable

que su uso seguirá manteniéndose durante varias décadas más, aunque lo anterior no tiene que ser obstáculo para iniciar su remplazo por energías limpias. Es necesario establecer un modelo de mercado para las industrias de la energía que no priorice la competencia económica sobre la soberanía y la seguridad energéticas. También es necesario considerar que para que la política energética cumpla su finalidad debe ir acompañada de una política general desarrollo y de proyecto de país.

Con base en lo anterior lo que permitirá consolidar, a corto y mediano plazo, la política energética propuesta por AMLO deberá centrarse en cinco ejes principales.³¹

- Soberanía energética. Es la facultad del Estado para crear y garantizar su propio derecho en materia de energía. Con ello tiene la libertad de adoptar la política y el modelo energético que más convenga al interés nacional. Esto implica tener la autoridad completa y exclusiva que ejerce el Estado en las personas y bienes que intervienen en el abastecimiento de energía, autoridad ejercida a través de un régimen jurídico, político, social y ambiental. Esto es, tener independencia y autonomía en sus relaciones con otros Estados, sin tener injerencia alguna en los asuntos internos y menos la coerción económica, política o de cualquier otro tipo.
- Seguridad energética. Es la garantía de contar con combustibles y la electricidad que requiere el país a corto y largo plazo, sin interrupciones y a un precio accesible. Esto considera que la energía es un bien público que provee el Estado ante la incapacidad del mercado. La clave para que no falte energía y sea asequible es la correcta gestión de riesgos e inversiones mediante un proceso estricto de planeación a cargo del Estado.
- Solidaridad energética. Se puede entender como la firme determinación de aprovechar el carácter esencial de la energía para cerrar brechas de desigualdad y abrir caminos de equidad, justicia y cohesión social. Es la forma justa y humana de organizar el abastecimiento de energía la cual debe estar al alcance de los ciudadanos

³¹ Información obtenida en entrevista con el Dr. Rodríguez P., Víctor, especialista en el área.

física y económicamente. Es decir, se hace fundamental abatir la pobreza energética. La creación de valor económico no tiene cabida en el desarrollo sostenible si no se acompaña de beneficios sociales tangibles, preservación y cuidado del ambiente. En otras palabras, es necesario abatir la indiferencia, el abuso, la corrupción, el autoritarismo, el engaño, la apropiación privada de los bienes públicos, el autoritarismo y el despojo.

- Sustentabilidad energética. Se refiere, en forma general, a establecer un equilibrio entre las dimensiones económicas, sociales y ambientales. En forma específica se asocia a la elevación de la eficiencia energética, el uso de tecnologías limpias y el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, para reducir emisiones contaminantes, especialmente gases de efecto invernadero.
- Sobriedad energética. Se puede asociar a la voluntad de reducir el consumo de energía mediante cambios en el comportamiento, la organización y la estructura de la sociedad, independientemente de la eficiencia técnica de los equipos y procesos. Es decir, no privarse de la utilización de la energía sino hacerlo de manera moderada, racional, incluso con austeridad todo ello en forma voluntariamente aceptada.

Para algunos autores como (Montoya et al., 2013) un modelo energético privatizador no tiene fundamento económico, social ni político. En el siglo XXI, mantener el petróleo y la electricidad en las manos soberanas del pueblo de México es condición indispensable para que la nación sea potencia económica. Si la energía producida no es controlada por los mexicanos, dejaremos de ser un país independiente y con una estructura productiva nacional raquítica y el Estado mexicano se verá debilitado profundizando aún más la pobreza e inequidad.

Las reservas de hidrocarburos son recursos estratégicos de las naciones. La propuesta privatizadora del presidente Enrique Peña Nieto se sustenta en una mentalidad colonizada, constituyen una amenaza al pueblo de México, propone la privatización de la explotación de hidrocarburos lo que implica avanzar hacia el otorgamiento de concesiones a empresas

extranjeras que, opuesto a lo que indica la Constitución, permite, para éstas, el control directo de los territorios y los recursos de la Nación mediante contratos.

En las tres décadas previas al Gobierno de la 4T se aceleró la extracción y exportación de petróleo crudo, se dejó de invertir en refinación y petroquímica, por lo que se han tenido que importar cantidades crecientes de gasolina, refinados y derivados del petróleo. Al mismo tiempo, se entregaron contratos a corporaciones privadas y extranjeras para la generación de energía eléctrica destinada al servicio público lo que trajo como consecuencia el encarecimiento de las tarifas y la pérdida de competitividad de la industria nacional.

Bajo este tenor, el enfoque del modelo energético cerrado asociado a un proteccionismo se basa en los siguientes principios:

- a) La Constitución debe respetarse y defenderse frente a los intereses de las corporaciones globales.
- b) La riqueza del subsuelo es propiedad de la nación y debe ser explotada en su beneficio.
- c) Se deben respetar el espíritu y la letra de los artículos 27 y 28 constitucionales los cuales establecen que la explotación de los hidrocarburos – lo que no se reduce a la extracción del crudo – debe realizarla exclusivamente el Estado mexicano.

Con base en lo anterior, cualquier política energética de Estado, en función del interés nacional, debe contemplar en todo momento los objetivos siguientes:

- a) Mantener una soberanía energética.
- b) Fortalecer a los organismos públicos sustentados en la Constitución.
- c) Utilizar los recursos de la Nación para la seguridad energética de nuestro país y no la de otros.
- d) Disponer de la renta petrolera como patrimonio estratégico, destinando una parte de ésta para inversión y otra para reducir desigualdades sociales.
- e) Fortalecer una matriz energética con energías renovables producidas por entidades públicas.

- f) Diseñar una política estratégica integral para hidrocarburos, electricidad, energía solar, eólica, maremotriz, geotérmica y nuclear, bajo control nacional.
- g) Liberar a Pemex y a CFE de las deudas impuestas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- h) Suprimir en un corto plazo la exportación de crudo y la importación de refinados y petroquímica.
- i) Destinar los recursos energéticos para el desarrollo nacional en función del mercado interno y la acumulación de capital en México.
- j) Apoyar la re-industrialización acelerada de México mediante políticas de fomento industrial.
- k) Desarrollar el sistema de energías renovables y las políticas de conservación y eficiencia sobre la base de tecnologías, aportadas por organismos públicos y empresas nacionales.
- l) Integración de un sector industrial sustentando en empresas de capital nacional para la producción de maquinaria, tecnologías, bienes de capital e insumos.
- m) Establecer el marco jurídico e institucional correspondiente a los intereses nacionales y derogar las leyes anticonstitucionales aprobadas en la reforma energética.
- n) Disponer de la renta petrolera para restituir la soberanía económica multidimensional que se ha perdido durante las últimas décadas.

México debe establecer una policía energética en función de nuestros intereses nacionales, con el objetivo de ser una potencia económica por nuestros propios medios, como condición indispensable e irrenunciable para respetar las garantías individuales, la libertad y los derechos humanos colectivos e individuales de los mexicanos en el siglo XXI.

“La definición de esa nueva política energética nacionalista parte de una premisa insoslayable: la de la definición de un plan integral, justamente a partir del objetivo de la seguridad energética y de las estrategias nacionales; del desarrollo humano y la protección al medio ambiente, sin incorporar necesidades de otras naciones que, como hoy ocurre, comprometen la plataforma de producción de nuestros hidrocarburos y particularmente de nuestro petróleo crudo y nos reducen al lamentable papel de exportadores de crudo e

importadores de petrolíferos y petroquímicos, lo que es increíble, absurdo y reprobable en un país petrolero”.³²

La política de energética tiene carácter multidimensional y estructural determinante del desarrollo, por lo que la política energética debe ser política de Estado, e incluir como parte de ésta y no como condiciones exógenas: la dimensión fiscal, de desarrollo industrial y tecnológico, de comercio exterior, de relación con la política monetaria y de abasto de energéticos y energía a precios competitivos.

Con base en lo anterior, quienes apoyan el modelo energético nacionalista (A. Montoya et al., 2013) tienen claro que los principios irrenunciables de la política energética nacional deben ser: i) la Constitución tiene prelación sobre los tratados internacionales; ii) se debe respetar de manera irrestricta el espíritu y la letra de los artículos 27 y 28 de la Constitución, sin transgresiones por interpretaciones anticonstitucionales en leyes secundarias.³³; iii) la rectoría económica del Estado es un imperativo inmediato para el desarrollo nacional; iv) la soberanía energética es condición necesaria de la soberanía nacional; y v) la política energética es el principal fundamento económico y político de la seguridad nacional y del desarrollo soberano de México.

El sistema energético del futuro está basado en la electricidad. Ante ello, México debe realizar su transición energética soberana que implica sustituir en las próximas décadas, la totalidad de la energía de origen fósil por energías renovables y nuclear. Esta transición, además de ser un imperativo ético, es una oportunidad invaluable para que México resuelva la declinación de las reservas de hidrocarburos que se observará a partir de 2032 (Montoya, 2022).

³² Javier Jiménez Espriú. “Reforma Energética”; México, 13 de enero, 2013.

³³ *Ibíd.*

La energía eléctrica debe ser considerada actividad vinculada de manera directa al poder nacional, la seguridad nacional y la soberanía de las naciones. Por ello, la rectoría del Estado sobre los sistemas energéticos (sean fósiles o de electricidad) se debe llevar a cabo sobre la base de la facultad del Estado en regular las actividades económicas de los particulares y su participación en procesos de producción y distribución de bienes y servicios.

Dado que la política energética es fundamento decisivo para el desarrollo económico, social, sectorial y regional, la Administración Pública Federal actual, en estricto apego a sus mandatos constitucionales en materia de derechos humanos y de soberanía, ha establecido una política de autosuficiencia energética, como criterio general que orienta las políticas públicas en la materia.

Es responsabilidad ineludible del Estado garantizar la autosuficiencia energética, así como el abastecimiento continuo de energía eléctrica manteniendo en todo momento las condiciones necesarias de la soberanía y la seguridad nacional. Por ello el Estado debe conducir la planeación, las políticas y, tanto la ejecución como el control del proceso de transición.

En el caso de México, la transición energética es imprescindible por dos razones principales: por un lado, las actuales reservas de hidrocarburos aseguran un horizonte de autosuficiencia de dos lustros y, por otro lado, alrededor del 65% de la generación de energía eléctrica se produce con gas importado por lo que se está en una situación muy vulnerable. Dicha transición tiene un doble objetivo: construir la autosuficiencia energética en el tránsito de esta sustitución y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; todo ello a partir del desarrollo de capacidades científicas, tecnológicas e industriales nacionales por lo que esta iniciativa de transición se debe construir con una política de Estado, con planeación y ejecución bajo la rectoría del Estado.

México es el único responsable de su propia transición energética. El país ha emitido el 1.2% de las emisiones acumuladas de 1850 a 2021³⁴, con aproximadamente 25 billones de toneladas de CO₂; en 2020 emitió 1.2% de las emisiones de carbono del mundo; lo cual representa el 1.7% del consumo mundial de petróleo como energía primaria: el 2.3% del gas natural y el 0.3% del carbón.

Por otra parte, México produce minerales estratégicos para la transición energética como el grafito, plata, plomo, molibdeno, zinc, cobre y manganeso; sin embargo, la explotación de los mismos la realizan mayoritariamente empresas extranjeras que tienen concesiones de largo plazo. Destacan también las reservas de litio, níquel y cromo.

La reforma Constitucional de 2013 no tiene como objetivo estratégico la autosuficiencia nacional en energía sino más bien subsidiar y transferir la propiedad de activos de la nación a particulares. Lo anterior se refleja en que las políticas ejecutadas bajo el amparo de la reforma de 2013 no contemplan escenarios de planeación para metas de autosuficiencia y eficiencia energética sino únicamente están enfocadas a implementar mecanismos de subsidios a empresas extranjeras.

Sin lugar a duda, México debe llevar a cabo una transición energética de forma soberana y mantener la autosuficiencia energética. Nos enfrentamos a un gran reto: el cambio en la matriz energética que da sustento a los sistemas económico, social y político. Derivado del calentamiento global existe la presión para dejar de usar recursos fósiles, tendencia que distinguirá al siglo XXI. Dicha transición es una política estratégica e histórica de Estado, bajo su responsabilidad y conducción, que debe establecer las políticas, instituciones y recursos para ir conformando un nuevo sistema energético basado en energías renovables y nuclear, de manera que sea capaz de garantizar la autosuficiencia energética de la nación, contribuya a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero de manera que en forma

³⁴ Según datos de *Carbon Brief*, UK. (<http://Home - Carbon Brief » Clear on climate>).

gradual, ordenada, sistemática y eficaz sean sustituidas las fuentes sustentadas en energías fósiles.

Para lograr lo anterior, el sector energético debe transformarse considerando en todo momento que:

- La electricidad es un área estratégica, que incluye la generación, conducción, transformación, distribución y abastecimiento de energía eléctrica. De igual manera, el litio y los minerales deben ser considerados de la misma manera.
- Es el Estado mexicano el principal responsable del abastecimiento a toda la población de la energía eléctrica necesaria, como un servicio público sin fines de lucro, a cargo del Estado.
- La Comisión Federal de Electricidad es el organismo responsable de la planeación y ejecución en materia de electricidad, así como de las actividades críticas y estratégicas asociadas a dicho sector.
- Se requieren nuevas empresas públicas, sociales y privadas de capital nacional, que manufacturen los nuevos equipos, sistemas y tecnologías necesarias.
- Se requieren capacidades nacionales: jurídicas, institucionales, científicas, tecnológicas, de ingeniería, industriales y de infraestructura que sean capaces de enfrentar el reto de dicha transformación.
- El soporte e impulso al desarrollo económico nacional debe ser una política de Estado de manera que pueda generar empleos calificados de alto ingreso, bienestar social e ingresos fiscales al Estado mexicano.

Es imprescindible la incorporación de sistemas y medios de almacenamiento de electricidad para que las energías renovables intermitentes se consoliden en la diversificación de las

fuentes de energía en el sistema eléctrico. La generación distribuida³⁵, planificada y con soporte en redes inteligentes es otro medio determinante para lograr que las energías renovables sustenten el desarrollo del país en forma sustentable.

La transición energética, en forma soberana, es la única que puede garantizar el alcanzar la autosuficiencia de generación de energía eléctrica y evitar la política neoliberal extractivista como se dio en los últimos 50 años en petróleo y minerales. Para lo anterior, deberá apoyarse en los siguientes principios:

- El Estado y sus organismos que son de interés público son la única vía para establecer un Sistema Eléctrico Nacional racional, ético y sustentable todo ello mediante una política de Estado con sustento constitucional.
- La Comisión Federal de Electricidad, como empresa productiva del Estado, debe ser responsable de la planificación y control del Sistema Eléctrico Nacional, con capacidad de crear las subsidiarias y filiales que sean necesarias para la transición.
- El Estado es el responsable de la creación, instalación y operación de la infraestructura para la transición energética.
- Se deberá contar con el reconocimiento de la participación de los sectores social y privado en la generación eléctrica, incluyendo la generación distribuida, en el marco de la política del Estado mexicano, subordinada al interés público de un servicio esencial, bajo la planificación y control del Sistema Eléctrico Nacional, a través de la CFE.

Un mercado como es el de la electricidad debe ser servicio público a cargo del Estado y no debe estar en manos de intereses privados o extranjeros, ya que ello pone en riesgo la seguridad nacional. Bajo este tenor, es necesario continuar con las políticas impulsadas por

³⁵ Conocida también como generación *in-situ* o generación dispersa se refiere a aquella generación en pequeña escala instalada cerca del lugar de consumo, a través de instalaciones de potencia reducida, comúnmente por debajo de 1,000 kW, con opción de interactuar (comprar o vender) con la red eléctrica.

la 4T, que requieren de evolución y continuidad para lograr los objetivos de la Nación mexicana como Estado soberano.

Mientras el cambio de energías fósiles por energías limpias serán un detonador del cambio industrial, este último será quien funja como fuerza motriz para una transformación socioeconómica. En el ámbito de la transportación de mercancías y personas, punta de lanza del cambio energético-industrial, será la electromovilidad la que marque la pauta de la nueva era de desarrollo.

Será un aspecto clave reordenar la infraestructura y el factor humano para el desarrollo tecnológico desde la nueva perspectiva del Estado. Será necesaria una política industrial de Estado, para conducir el proceso de reindustrialización acelerada, lo cual le implica que la Nación fortalezca su soberanía e independencia en el siglo XXI.

A través de la CFE, el gobierno federal puede programar las inversiones requeridas de manera sustentable, sin recurrir a inversiones privadas nacionales o extranjeras y sin afectar los recursos destinados a infraestructura social. Un punto importante es el compromiso de CFE como monopolio de Estado para mantener tarifas eléctricas estables muy similares a las actuales y libres de especulación de los mercados mayoristas que favorecen a inversionistas privados (Apodaca, 2022).

En opinión de los expertos que se oponen a la integración energética de Norteamérica apuntan desde hace años al riesgo de que México pierda su soberanía al enfrentar un alto grado de vulnerabilidad por la dependencia del país del suministro de hidrocarburos, principalmente gas y gasolinas, desde el extranjero. Señalan también que la dependencia de las decisiones tomadas en el extranjero por parte de compañías controladas por fondos de inversión y encargadas de celebrar los contratos de suministro de los energéticos a México vulneran la independencia energética (Rodríguez, 2018).

Esta visión, sin embargo, no es nueva; proviene, en realidad, de una comprensión del mundo – y del concepto de soberanía – desde la lógica nacionalista del siglo XX, cuando los sistemas

energéticos se encontraban integrados verticalmente por medio de monopolios que fungían también como autoridades administrativas que, a su vez, lograban no solo un control eficaz de los sistemas energéticos, sino también un control político conveniente en términos electorales.

A tres años de la administración del presidente López Obrador, los esfuerzos hacia la integración energética regional con el norte no han desaparecido, pero sí han ido disminuyendo en intensidad, pese a que la dependencia de las importaciones de gas y gasolinas se incrementa. La actuación de las autoridades, como de la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), impiden el avance de la inversión privada en el sector, al negar la autorización de licencias y permisos para nuevas inversiones; el resultado es un incremento artificial *de facto* del poder del mercado de Pemex y de la CFE en relación con sus competidores.

Así la propuesta de López Obrador para solucionar dicha dependencia es la inyección de inversión estatal y la máxima supresión posible de la participación privada que permita la autosuficiencia de combustibles. La forma en que quiere lograrlo es a través de modificar la rectoría del Estado mediante decretos, actos administrativos y reformas legales que frenen la actividad privada y privilegien a Pemex y a CFE por encima de los derechos de compartir y participar en el mercado que tienen las empresas privadas. En opinión de expertos, esto viola el principio de competencia económica consagrado en el artículo 28 constitucional, los tratados comerciales celebrados con otros países y las leyes vigentes en la materia, origen del malestar de los inversionistas extranjeros. Pese a los esfuerzos del Gobierno actual de autosuficiencia, algunos datos demuestran que alcanzar sus objetivos de soberanía energética, de esa manera, es más difícil de lo que parece.

A lo anterior hay que añadir que entre 2018 y 2021, la producción de combustóleo se incrementó 59.2% mientras que los inventarios aumentaron en ese mismo periodo. Lo anterior es relevante dado que, como se puede notar, al aumentar la producción de combustóleo, y al estar limitado el mercado internacional para su venta, la solución que se encontró para desahogar los inventarios fue quemarlo en las plantas termoeléctricas para la

generación de energía eléctrica, decisión que contraviene acuerdos internacionales en materia de combate al cambio climático.

En 2021, la mayor participación de fuentes de energía de la CFE para la generación de electricidad fue el gas natural con 43.7%, seguida por hidroeléctricas con 17.2%, combustóleo con 13.8%, nuclear con 10.6%, geotérmica con 8.6% y carbón con 4.2% (CFE, 2022a). En opinión de varios expertos, esto muestra que el interés del Gobierno federal por privilegiar a las empresas estatales, en el caso eléctrico, está acompañado del interés por desahogar los inventarios de combustóleo a fin de alcanzar la autosuficiencia energética.

En el siguiente apartado describiremos las principales características del enfoque de modelo energético en el que se permite una inversión privada lo que lo hace global o abierto.

5.3 Modelo energético con un enfoque global o abierto.

Un sector energético que sea confiable, limpio y competitivo requiere infraestructura, regulación y certidumbre jurídica en todos los aspectos: de la producción de hidrocarburos hasta la comercialización de combustibles, desde la generación hasta el consumo eléctrico.

Si partimos de la premisa que establece que la confiabilidad del sistema eléctrico depende de la planeación, de la infraestructura física y de una tecnología que permita hacer un uso eficiente de la misma con la que se minimicen las pérdidas de la red, se concluye que México requiere hoy de una mayor integración de energías renovables – solar fotovoltaica y eólica – que aproveche la diversidad geográfica y climática a través de inversión en redes de transmisión – responsabilidad exclusiva del Estado – con una rectoría adecuada del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Para lograrlo, dicho sistema requiere mayores recursos, si es que el objetivo final es proveer a la población un servicio eléctrico más limpio, más barato y de mejor calidad, independientemente de qué modelo se elige, global y aperturista o proteccionista y cerrado. El problema público a resolver es la elección entre dos modelos y elegir el más conveniente bajo un criterio objetivo.

La seguridad energética implica tener más, no menos alternativas para tener energía confiable y a precios competitivos. Por ello, en el caso de México, el reto más grande e inmediato no se encuentra en las gasolinas sino en el suministro de gas natural, que ya representa casi la mitad de la oferta energética primaria en el país. Lo que se necesita entonces es mejorar la infraestructura de almacenamiento para hacerles frente a las potentes interrupciones en los mercados.

La electrificación de la economía y la movilidad seguirán avanzando. Para tener un uso más eficiente del gas natural, tener una matriz de generación más diversa y menos contaminante es imprescindible la participación privada, como lo es que la CFE incremente sustancialmente sus inversiones en las redes de transmisión y distribución. Es importante señalar que para ello no es necesario grandes cambios en el cambio normativo, basta con algunas actualizaciones legales y reglamentarias que encaucen mejor los recursos públicos y logren un desempeño institucional que detone la inversión pública y privada.

En el sector eléctrico el reto está en disminuir la huella ambiental mientras se mantiene el balance entre generación y demanda. La SENER contempla invertir únicamente el 11% de capacidad instalada en energías renovables y más del 50% estará destinado a los ciclos combinados. Lo anterior muestra una clara tendencia hacia la dependencia en una fuente no renovable. México tiene compromisos que lo vinculan a comenzar el proceso de descarbonización por lo que es urgente que el país acelere el proceso de transición energética para que tengan un menor impacto en sus bolsillos, sin que esto vaya en detrimento de las finanzas públicas y un medio ambiente más sano, así como una economía más competitiva con mayores posibilidades de crecimiento.

Al parecer, México ha dejado de ser un país con una economía petrolizada por lo que es necesario, entonces, apostar por explorar y desarrollar campos petroleros de forma eficiente, tomando en cuenta las condiciones del mercado internacional, así como buscar las mejores fuentes de financiamiento que no impliquen un deterioro de las finanzas públicas. Para lograr maximizar el valor de este activo desde una perspectiva de equidad intergeneracional; es decir, para lograr que los ingresos provenientes de la explotación de un recurso no renovable

como el petróleo beneficien a las generaciones que vivirán una vez que se agote, no solo a las presentes, (Carrillo et al., 2022) proponen: i) reanudar e incrementar la frecuencia de las rondas de hidrocarburos; ii) promover la figura de los *farm-outs*³⁶ entre Pemex y operadores privados; iii) rediseñar el funcionamiento del Fondo Mexicano del Petróleo para financiar la transición energética; iv) desarrollar una estrategia para que las refinerías procesen productos de mayor valor agregado y para reconfigurar las instalaciones para petroquímica, y v) facilitar el otorgamiento de permisos de importación de combustibles.

El país debe aprovechar las ventajas del gas natural como combustible de transición. Del mismo modo, se requiere promover la competencia en el mercado de gas licuado de petróleo (GLP) para incentivar un mejor servicio que sea asequible para los hogares mexicanos sin que represente una carga para las finanzas públicas. Para poder responder a la demanda de gas natural en México la cual ha registrado un crecimiento sostenido sin infraestructura de transporte y almacenamiento adecuados (Carrillo et al., 2022) proponen: i) promover la producción de gas natural a partir de las rondas de hidrocarburos; ii) desarrollar infraestructura de almacenamiento y transporte de gas natural; iii) seguir la normatividad y regulación para el otorgamiento de permisos de importación y de distribución de gas LP al sector privado; iv) Diseñar una estrategia para minimizar las emisiones de gas metano a la atmósfera.

En cuanto a la electricidad el país debe apostar porque una mayor parte de su electricidad sea generada a partir de una matriz diversa que apoye la mitigación del cambio climático y provea energía segura y asequible a los consumidores. En opinión de algunos expertos ante el incremento pronosticado de la demanda de energía eléctrica, el país corre el riesgo de presentar un déficit de generación si no se reanuda la inversión pública y privada. De igual manera es necesario reforzar la infraestructura de transmisión para que crezca a un ritmo constante con el crecimiento de la demanda. Para ello el IMCO (Instituto Mexicano para la

³⁶ Son asociaciones estratégicas entre empresas que tienen derechos de explotación y producción con un tercero (o varios) a quienes les transfieren algunos de esos derechos. Estos acuerdos pueden tener diferentes metas según el contrato.

Competitividad) propone: i) cumplir con la normatividad y regulación para el otorgamiento de nuevos permisos de generación eléctrica; ii) reactivar las subastas de largo plazo; iii) retomar los Certificados de energía limpia como instrumentos para expandir la capacidad renovable del país; iv) publicar en el Diario Oficial de la Federación la regulación para la generación distribuida colectiva; v) ejercer en su totalidad los recursos probados para inversión e infraestructura de transmisión y distribución; vi) liberar recursos adicionales para CFE Transmisión y CFE Distribución.; vii) priorizar las inversiones en áreas de negocio donde la CFE genera utilidades; viii) cumplir con las obligaciones en materia de inversión en infraestructura de transmisión y distribución; ix) aprovechar los mecanismos de financiamiento de inversión disponibles y facilitar la participación del sector privado en la inversión en infraestructura de transmisión.

Se puede considerar la seguridad energética como la disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía a un precio asequible³⁷ o bien la disponibilidad, acceso, precio y fuentes de energía aceptables ambientalmente³⁸ no hay una definición única del concepto y la discusión en torno al tema continúa. Sin embargo, para lograr esto en México, de acuerdo con datos de la Asociación Mexicana de Empresas de Hidrocarburos (AMEXHI) a raíz de la entrada en vigor de los Contratos para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos, la industria de dicho sector ha invertido lo suficiente para generar beneficios tangibles como empleos directos, inversiones en fortalecimiento de proveedores nacionales, ingresos para el Estado, desarrollo social, descubrimientos de hidrocarburos que van a contrarrestar el declive de los yacimientos que producen actualmente y, el incremento de las reservas de los hidrocarburos de la Nación.

En materias de energéticos, en 2021, las exportaciones petroleras de México representaron el 7.6% del total de exportaciones, cifra que contrasta con el porcentaje que registraba México en 2008 equivalente a 21.5% del total de exportaciones. Actualmente, la balanza comercial de hidrocarburos es altamente deficitaria. Entre 2020 y 2021, el déficit comercial

³⁷ Definición de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía.

³⁸ Definición de acuerdo con el Centro de Investigación en Energía Asia Pacífico (APEREC).

aumento 79.1%, mientras que en gas natural se observa un aumento del indicador en 152%, de derivados del petróleo en 47% y de petroquímica en 76% (México Evalúa, 2022). Como se puede apreciar, los mercados de energía en los Estados Unidos, Canadá y México están ampliamente integrados. Canadá y México suministran juntos casi la mitad de las importaciones totales de petróleo de Estados Unidos. Por su parte, ambos países son importantes compradores de productos derivados del petróleo refinado de su vecino, Estados Unidos. Asimismo, un crecimiento del comercio de gas natural producido en Estados Unidos también es cada vez más importante para la relación energética entre los tres países.

Evidentemente esta alta dependencia de México de los hidrocarburos de Norteamérica ha despertado un debate entre especialistas y grupos políticos en los últimos años, principalmente en el 2015, cuando la administración del presidente Peña Nieto canceló el plan de construcción de una nueva refinería y apostó por aumentar la importación de combustibles, y en el periodo previo a las elecciones presidenciales de 2018 cuando el candidato López Obrador utilizó como pieza fundamental de su plataforma electoral la defensa de la soberanía energética, principalmente en hidrocarburos.

En 2021 y 2022, el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, por sus siglas en inglés) realizó estudios detallados en la región norteamericana en los que se realizaron proyecciones con base en el análisis de escenarios que consideraban optimizaciones en el uso de las redes de transmisión y las plantas de generación eléctrica en la región. Asimismo, el estudio detalla prospectivas de la demanda de electricidad en los tres países, emisiones de gases de efecto invernadero, necesidades de adecuación técnica del sistema y las tecnologías específicas que ayudarían a habilitar de mejor manera los procesos de transición energética.

De estos estudios se desprenden cuatro conclusiones interesantes:

- De lograrse la integración energética entre los países de Norteamérica, existirán múltiples caminos para reducir 80% de las emisiones de carbono en el sector eléctrico de la región para 2050.

- Un sistema energético regional bajo en emisiones de carbono podría equilibrar la oferta y la demanda para el año 2050 a través de inversiones en energías renovables que permitan abastecer hasta 80% de la electricidad de los Estados Unidos. En Canadá, las tecnologías hidroeléctricas, de gas y eólicas podrían contribuir a la adecuación de los recursos en el sistema futuro.
- Para México, con esta inversión, los costos de producción eléctrica se verían reducidos significativamente, además de generar nuevas oportunidades de inversión, crear empleos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.
- El aumento del comercio de electricidad entre los tres países podría proporcionar un valor neto de entre 10,000 y 30,000 mdd al sistema, razón por lo cual sería necesario invertir en líneas de transmisión que permitieran el transporte eficiente de energía.

En opinión del NREL, México tiene la capacidad suficiente para satisfacer las necesidades eléctricas totales del país, siempre y cuando acuda a los mecanismos de inversión, de la mano del sector privado, adecuados para hacer las inversiones una realidad.

Según la Agencia de Cooperación Alemana, a pesar de que México cuenta con una irradiación solar promedio de 5.3 W/m^2 , apenas explota el 2% de su potencial. México podría aprovechar el potencial de otras tecnologías renovables, por ejemplo, el eólico y el de biomasa. Si bien los estudios y datos realizados hasta ahora muestran que América del Norte podría convertirse en una potencia energética mundial, satisfacer una demanda de energía que crece exponencialmente en la región, lo anterior plantea retos mayúsculos. La implementación de la electromovilidad del parque vehicular, la descarbonización³⁹ de las cadenas de suministro y patrones de consumo, la digitalización de toda la economía y la necesidad de procesar agua para todo el territorio son atisbos del tamaño del desafío.

³⁹ «Descarbonizar» la economía requiere «electrificarla», es decir, pasar de consumir combustibles fósiles a usar electricidad de origen limpio o renovable para realizar las actividades de producción, distribución, comercialización y consumo de los productos y servicios que requiere la población.

Para que lo anterior suceda se requiere de una voluntad política firme, de una cooperación honesta y una alineación clara en visión y objetivos. Esto implica, también, que el gobierno federal mexicano encabezado por Andrés Manuel López Obrador renuncie a su visión actual de la política energética que apunta en la dirección contraria a la congruencia con la lógica soberanista de su campaña electoral.

No obstante, la realidad habla por sí misma. La economía mexicana está integrada a la región de Norteamérica al depender en un 80% del comercio internacional de energéticos, particularmente con los vecinos del norte. Un giro en la política energética actual requeriría adoptar esquemas funcionales en la rectoría del sector, en la regulación y en la gobernanza de sus empresas estatales, con el propósito de brindar certidumbre a sus socios comerciales y a la inversión privada, a través del impulso de la competencia económica y la adopción de la transparencia como valor primordial. Como lo demuestra el NREL la región de Norteamérica podría alcanzar un nivel ambicioso de autosuficiencia y seguridad energética, dado el potencial para exportar crudo y gas natural, para generar electricidad con tecnologías limpias y para explotar minerales críticos para la transición hacia una economía baja en carbono. De hecho, la soberanía y la seguridad energéticas podrían ser más alcanzables mediante el cambio tecnológico actual hacia las energías renovables y la cooperación internacional.

En estos términos de integración regional energética, la oportunidad para México es muy relevante. Actualmente todos los países se encuentran en el rediseño de sus políticas energéticas a fin de lograr mejores condiciones de seguridad que les permitan asegurar inversiones para crecer y desarrollarse a la par de las necesidades del consumo y las industrias del futuro, una tendencia hacia la electrificación de la economía que a su vez busca reducir el peso de los combustibles fósiles en las matrices energéticas de los países.

Entre 2019 y 2020, el Gobierno federal buscó modificar las reglas en el sector eléctrico con el fin de despachar en la red eléctrica primero a las plantas de la CFE, en omisión del mérito económico que establece la ley, esto es, que el CENACE se aboque a inyectar primero al sistema la energía limpia, que coincide con ser la más barata actualmente. Dos años después,

el presidente López Obrador presentó iniciativas al Congreso para reformar la ley de la industria eléctrica (febrero de 2021) y la Constitución (septiembre de 2022). La primera obtuvo los votos necesarios, aunque inmediatamente fue impugnada y la segunda no. Aunque diferentes en alcance, ambas iniciativas de reforma mantenían aspectos en común, siendo uno de los principales el cambio en el orden del despacho eléctrico. La SENER señaló que las plantas hidroeléctricas serían las que tendrían la prioridad en el despacho de energía eléctrica en el SEN, seguidas de las plantas nucleares y de las geotérmicas; después le seguirían las plantas a gas natural de la CFE y las plantas térmicas convencionales (a combustóleo); en los últimos lugares de prioridad fueron destinados a las plantas de tecnología eólica y solar, las plantas que funcionan con gas del sector privado y las plantas de carbón.

En previsión de lo anterior, y con base en un estudio de escenarios el NREL había advertido con evidencia, que si el Gobierno mexicano cambiara las reglas del despacho eléctrico los costos de generación se incrementarían hasta en 52.5%. Lo anterior deja muy claro que la política energética del Gobierno federal actual camina en un rumbo equivocado en términos de eficiencia económica y de combate al cambio climático, dado que no solo le resulta más cara, sino desdeña las energías renovables para dar preferencia a las centrales térmicas de la CFE operadas con base en gas, carbón, diésel o combustóleo, fuentes altamente contaminantes.

La SENER y la CFE han salido en defensa de la política anterior argumentando que el uso de las hidroeléctricas será el motor principal para cumplir los objetivos de generación de energía limpia. Sin embargo, esto también ha sido criticado por expertos y por activistas y organizaciones ambientalistas por el uso diverso – doméstico, público urbano, pecuario, agrícola, acuacultura, conservación ecológica, generación eléctrica, uso industrial, lavado de terrenos, turismo, terapéutico, entre otros – que tiene el agua y las posibilidades altas de sequía en gran parte del país, tal y como se ha vivido en 2022.

A diciembre de 2021, la generación de la CFE a partir de plantas hidroeléctricas fue equivalente a 10.4%, por lo que la ambición de generar el 35% con fuentes limpias en 2024

se presume imposible. Los expertos pronostican que la infraestructura basada en combustibles fósiles seguirá siendo la tecnología predominante para la generación eléctrica para los próximos años, lo que retrasará al país de manera importante hacia la descarbonización, requisito indispensable para el desarrollo de la industria en el marco de una agenda global 2030 que busca alcanzar objetivos de desarrollo sostenible, agenda que México suscribió el 25 de septiembre de 2015.

El conflicto bélico entre Rusia y Ucrania ha propiciado alzas en el precio de los combustibles como crudo, gas y carbón, lo que ha impactado de manera significativa el incremento del precio del diésel, combustóleo, carbón y gas natural. Sin embargo, aun cuando es verdad que existe un ambiente volátil en los mercados internacionales que afectan al alza de los precios de los combustibles, lo cierto es que la empresa enfrenta una fragilidad preocupante dado que sus finanzas se han deteriorado de forma dramática desde 2019.

El sector energético debe fortalecerse en distintos ámbitos para enfrentar los desafíos del cambio climático, la transición energética para generar electricidad con más fuentes de energía limpias, y hacer frente al incremento de la demanda de electricidad que se verificará en los próximos años, en razón de la necesaria descarbonización de la economía en todas sus dimensiones como la manufactura, el transporte, la digitalización y la crisis hídrica.

En este tenor, los expertos y críticos que optan por un modelo con mayor apertura proponen (México Evalúa, 2022):

- México debe dar muestra de confiabilidad y, ante todo, respetar el Estado de Derecho. Aunque es perfectible, el modelo energético de la reforma constitucional en materia energética de 2013 tiene virtudes que permiten incentivos a la competencia económica: menores precios y el cambio tecnológico hacia energías más limpias.
- Si el Gobierno mexicano elige modificar el marco legal y dichos cambios son declarados constitucionales, se debe indemnizar a las partes afectadas y asumir los costos tanto económicos como políticos y medio ambientales que el enfoque de la

política energética ocasione, esto en consistencia con los acuerdos asumidos internacionalmente.

- Es pertinente compilar información que dé cuenta de los resultados de la reforma energética de 2013 y de la integración económica con América del Norte.
- En México, por el subsidio eléctrico, la CFE ofrece tarifas de electricidad por debajo de su costo de generación, a expensas del erario. De permitir operar y madurar al mercado eléctrico mayorista, la disminución en costos permitiría una reducción progresiva del subsidio y tarifas más bajas a los consumidores.
- El Sistema Eléctrico Nacional requiere mecanismos de costo-eficiencia que aseguren que la electricidad generada, adquirida y consumida sea la más barata, independiente de la propiedad de las plantas generadoras.
- Es clara la relación virtuosa que se produce cuando la eficiencia da legitimidad al Estado. Un Estado con empresas eficientes puede avanzar política e independientemente de ideologías pues la funcionalidad de los servicios si son asequibles y de calidad, dará cuenta a los ciudadanos de progreso y bienestar. Esta es la clave para dar certeza a todos los involucrados en los mercados energéticos, esto es, las empresas que dan empleos y pagan impuestos y que deben cumplir con la protección al medio ambiente, y los consumidores, que buscan no solo participar como receptores de energía barata y continua, sino también anhelan ser parte de nuevas tendencias de producción aislada de energía o interconectada de pequeña escala, y de transporte limpio, a través de electromovilidad.
- Lo deseable es que existan diversos participantes que compitan para producir bajo la adecuada vigilancia del Estado, por medio de órganos reguladores y operadores de la red eléctrica independientes, que funjan técnicamente como árbitros, y un sistema de justicia que resuelva los conflictos de forma eficaz.
- El Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) contempla la apertura comercial del sector eléctrico, la generación de valor económico y la protección a los inversionistas. De no integrarse energéticamente con una armonía regulatoria y el cumplimiento del Estado de derecho, México dejaría ir una oportunidad enorme. La

integración sectorial significa vincular los diversos vectores energéticos⁴⁰ entre sí, y (electricidad, gas, combustibles sólidos y líquidos) entre sí, y con los sectores de uso final, como los edificios, el transporte, la industria y los bienes públicos.

- La vinculación de sectores permite la optimización del sistema energético en su conjunto, en lugar de descarbonizar y lograr ganancias de eficiencia separadas en cada sector o en cada país de forma independiente. Por ello, la estrategia de vinculación regional entre países lleva estos conceptos a una escala mayor, al tiempo que incluye la implementación de tecnologías, procesos y modelos comerciales, la digitalización, las redes y medidores inteligentes y los mercados en una flexibilidad operativa que permite lograr con mayores probabilidades mejores niveles de seguridad energética en términos de precio, sustentabilidad y calidad de la energía.
- México depende de las exportaciones hacia Estados Unidos y Canadá porque ese es nuestro principal motor de desarrollo y de crecimiento, si esas exportaciones se vieran afectadas, o se llegara al extremo de convocar a la cancelación del Tratado, lo que estaríamos haciendo es invitar a una tremenda depresión de la economía mexicana. Esto significa un empobrecimiento sistemático de todo lo nacional y la extinción de la inversión privada nacional y extranjera por décadas (Rubio, 2022).

Es deseable y necesario erradicar la pobreza energética. Pero ¿debe ser el Estado quien lo propicie o la participación de los que conforman el mercado energético? Los Procedimientos Especiales de la ONU, y otros tratados de derechos humanos emitidos por la organización, han debatido en varias ocasiones sobre la conveniencia de involucrar a actores privados en el suministro de bienes y servicios esenciales, y sobre las obligaciones de los gobiernos de regularlos y monitorearlos cuando sea el caso. En casos en los que los gobiernos permitan la intervención de privados, los primeros deben monitorear su comportamiento para garantizar que el goce y el ejercicio de los derechos humanos no dependa de la capacidad adquisitiva de la población para acceder a un servicio (México Evalúa, 2021).

⁴⁰ Dispositivo o sustancia que tiene capacidad para almacenar una energía que posteriormente será liberada en un momento determinado y en forma controlada; por ejemplo: electricidad, gas, combustibles sólidos y líquidos, etc.

En este sentido, diversos organismos de derechos humanos aseveran que las tarifas y los costos de conexión a los servicios esenciales, como el suministro de agua y electricidad, deben “diseñarse de manera que sean asequibles para todas las personas (incluso mediante políticas sociales)”. La recomendación de la ONU de vigilar el desempeño del sector privado es congruente con un modelo de mercado donde coexisten los sectores público y privado, y donde también participan las organizaciones de la sociedad civil.

Para algunos expertos, la clave para la solución de la pobreza energética en cualquier lugar del mundo es que la población de bajos ingresos sea vista como consumidora de bienes y servicios, y no como beneficiaria de obras de caridad. Incluso existen casos en que las donaciones de plantas de generación y redes de transmisión de gran escala con el paso del tiempo se vuelven chatarra, por falta de financiamiento para su operación y mantenimiento (Kleinfeld y Sloan, 2012).

Lo que tiene verdadero potencial es un modelo de mercado que tome en cuenta la variedad de necesidades de muchas personas. Es más, un modelo en el que los consumidores de bajos recursos contribuyan a generar demanda y el sector privado genere la oferta al amparo de un Estado regulador fuerte que sea garante de los principios fundamentales consagrados en la Constitución, es en sí un caso de éxito.

Por siglos, toda la energía que se producía venía de fuentes descentralizadas; esto es, individualizadas y desconectadas de una red central. Las estufas de leña y los hornos individuales de carbón fueron la forma más común de energía en los hogares. Después, en el siglo XX, esto cambió por la generación centralizada, alimentada por carbón, gas y otras fuentes, con una gran ventaja: su capacidad de crear economías de escala. Sin embargo, en países con un gran número de habitantes vulnerables las desventajas de la generación centralizada son mayores, pues estas regiones tienen zonas de alta marginación económica y geográfica. Además, ya que se compone de instalaciones de gran escala, la generación centralizada requiere inversiones sustanciales para operar, mantener y expandirse.

Por otra parte, muchos países en desarrollo tienen zonas rurales que son difíciles de alcanzar, sobre cerros y entre junglas y, en consecuencia, la generación centralizada requiere de miles de kilómetros de construcción y operación de líneas de transmisión. Como remedio para la pobreza energética, la fuerza de la generación distribuida⁴¹ descansa, en parte, en las flaquezas recién mencionadas de los sistemas centralizados. Los paneles solares, que ahora compiten en precio con las plantas de diésel, son además fáciles de instalar y no requieren de compras gubernamentales. Además, la electricidad se puede generar cerca del consumidor, lo cual favorece su penetración en topografías complicadas. Es factible que los techos solares comunitarios estén alejados de las grandes redes, puesto que sólo requieren de sistemas pequeños de distribución (minirredes).

Hay otro beneficio de la generación distribuida, además de la descentralización de la electricidad de zonas urbanas a zonas rurales y pequeñas municipalidades⁴²: la copropiedad de las instalaciones puede cerrar brechas tribales, étnicas y religiosas.

Resulta innegable que para la problemática de la pobreza energética no contamos con fuentes de información fáciles de sistematizar ni con indicadores homogéneos y de publicación frecuente que permitan conocer su magnitud y dinámica. Sin embargo, sí es posible identificar diferentes formas de combatirla por lo que algunos expertos emiten las siguientes recomendaciones:

- Se debe alimentar el interés sobre la pobreza energética en todos los sectores sociales, de manera que satisfaga las necesidades de información de personas con distintos niveles educativos.

⁴¹ La generación distribuida tiene muchas definiciones. En este trabajo se refieren a sistemas alimentados por energías renovables, como mini-hidros, pequeños parques eólicos, techos solares, geotermia y minirredes que no sean centralmente despachadas. Se refiere a los sistemas energéticos que producen menos de 20 MW cada uno.

⁴² Incluso en algunos países vivir en los grandes centros de población es la única manera de tener acceso a los servicios públicos.

- Es necesario impulsar el diálogo entre distintos tomadores de decisiones para lograr, en primer lugar, que la pobreza energética sea reconocida en la Constitución y definida en las leyes secundarias, y que su solución sea normada mediante reglas flexibles y abiertas.
- Es recomendable que el INEGI afine algunos indicadores de pobreza energética, como los relacionados con la atención a las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y desagregar los datos de consumo de combustibles y electricidad para poder valorar si existen fenómenos de sustitución en el consumo de energéticos asociados con el confort térmico de los hogares.
- Es imperativo contar con información integral y accesible sobre las acciones y proyectos que emanan tanto del sector público como del sector privado, para contar con los elementos que permitan una valoración objetiva de las acciones y avances hacia la reducción deseada de la pobreza energética en México.
- Es preciso explorar la manera de crear sistemas descentralizados de generación eléctrica enfocados a la satisfacción de poblaciones vulnerables, toda vez que la mayor parte de los sistemas centralizados solo han alcanzado a usuarios de alto consumo, con la capacidad adquisitiva para pagarlos.
- Se debe promover la inversión privada en sistemas descentralizados, como la generación distribuida, y crear sinergias con los gobiernos de diferentes niveles y las organizaciones de la sociedad civil.
- Es preciso que toda política pública destinada a remediar la pobreza energética incluya un enfoque de género. Lo mismo para grupos en contextos de vulnerabilidad como niños, niñas, adultos mayores, personas con discapacidades, etc.
- Es necesaria la creación de un observatorio independiente enfocado en la pobreza energética, con el objeto de dar seguimiento a políticas públicas y a la actualización de datos oficiales, para hacer recomendaciones sobre ambos.
- Es recomendable que las organizaciones no gubernamentales jueguen un papel importante en la capacitación y organización de las comunidades, que a su vez elijan representantes para influir sobre las decisiones energéticas de sus localidades, mediante un contacto eficaz con las autoridades municipales correspondientes.

- Las políticas públicas deben considerar los principios de justicia energética por reconocimiento, por distribución y procedimental.

Es innegable que el sector eléctrico requiere cambios y modernizaciones. En opinión de algunos expertos como (Kohlsdorf, 2022) ante las actuaciones unilaterales del sector público el sector privado debe retomar la discusión y proponer soluciones ya que la aparente calma después de la reorientación de las políticas del sector energético por el gobierno actual no están más que manteniendo latente la presencia de múltiples problemas.

El costo de los hidrocarburos y su impacto sobre los precios de la electricidad han desatado discusiones y análisis muy importantes a nivel global sobre los cambios y correcciones necesarios a las reglas del mercado actuales, siendo los precios del mercado spot⁴³ un aspecto crucial.

El tema dominante de las discusiones se centra en el gran reto de, por un lado, mantener o reforzar la transición energética y, por otro, reforzar la elección de las tecnologías modernas que eliminan o reducen significativamente la intermitencia o volatilidad de la generación solar o eólica para de esta manera poder garantizar la estabilidad del sistema eléctrico nacional.

No obstante, el aumento de los precios del combustible, el costo de los energéticos en México no ha tenido un impacto “demasiado” marcado para la gran mayoría de los consumidores ya que, hasta ahora, la CFE ha absorbido dicho incremento de combustibles sin casi traspasarlo a los usuarios. Sin embargo, esto puede transmitir un mensaje erróneo al sector privado ya que no recibe incentivos que lo estimulen a hacer más eficiente el consumo eléctrico en hogares y empresas. La falta de energía convencional y renovable está frenando las

⁴³ Es el mercado de corto plazo que mediante oferta y demanda define en cada momento el precio del petróleo y gas, y en México fija hora por hora el precio del mercado de la electricidad.

inversiones industriales en México. Las tendencias globales de “*near shoring*”⁴⁴ y “*friend shoring*”⁴⁵ representan una oportunidad para detonar inversiones.

Desde este punto de vista, para poder contar con un sistema eléctrico más sustentable acorde a la demanda que se mantendrá en las próximas décadas se proponen las siguientes acciones

- Limitación de los ingresos generadores. Actualmente se discute si la última central en entrar operación, la central con los costos marginales más altos, es la que fije el precio del mercado spot; lo anterior debido a que este esquema no favorece a los generadores renovables. Sin embargo, es importante recalcar que una modificación de las reglas de mercado requiere un estudio muy profundo.
- Incrementar las tarifas de la CFE. Un incremento generalizado que refleje el aumento de los costos de los hidrocarburos es una manera de propiciar el ahorro de energía a hogares y empresas. De esta manera una reducción de la demanda automáticamente reduciría la presión de los precios al alza. Esto iría acompañado de mantener subsidios a los hogares y empresas de bajos recursos. Lo anterior se basa en la premisa que la mejor forma de controlar los incrementos de los precios siempre ha sido el aumento de la oferta, por supuesto, en condiciones de libre competencia y no de oligopolios. Aunado a esto, se propone también conceder permisos de generación al sector privado sin permitir una mayor acumulación de capacidad en pocas empresas privadas.
- Buscar incentivos que permitan inversiones en generación en sitio. Con la gran ventaja que no se requieren costosas y demoradas inversiones en el fortalecimiento de redes de transmisión o de distribución se puede aprovechar que muchas regiones cuentan con suficiente gas natural en las que se pueden instalar cogeneraciones. De igual manera nuestro país cuenta con grandes potenciales de generación solar en sitio.

⁴⁴ Se refiere a la estrategia de externalización por la que una empresa transfiere parte de su producción a terceros que, a pesar de ubicarse en otros países, están localizados en destinos cercanos y con una zona horaria semejante.

⁴⁵ Se refiere a la estrategia “*near shoring*” entre dos países que, además de cercanos, tienen una relación “*amigable*”.

Se hace necesario instalar soluciones que cumplan con altos estándares de interconexión y las normas actuales se deben volver más estrictas para que la energía que estas centrales entreguen a la red no desestabilice la misma. Lo anterior se puede lograr con paneles solares con inversores de última generación y baterías.

- Propiciar un incremento acelerado de la oferta de generación. Para lograr reducciones sustanciales en el precio de la electricidad es necesario incrementar la producción y oferta de gas natural mexicano dando viabilidad a más cogeneraciones y ciclos combinados adicionales a los que ya tiene planeado CFE.
- Lograr una coordinación regional conjunta entre los intereses estatales y las necesidades federales. Para evitar el freno de las inversiones privadas en México se puede buscar que los empresarios y gobiernos regionales participen activamente de manera que se encuentren alternativas para aprovechar el gran potencial del país que abarca desde la agroindustria hasta la producción de semiconductores. En la actualidad cada nuevo parque industrial y proyecto de generación se presenta de manera individual. Las Comisiones de Energía de los Estados y las respectivas Secretarías de Desarrollo Económico deberían coordinar esfuerzos conjuntos para compartir los costos de los refuerzos requeridos por la red y asegurar nuevas inversiones y generación de empleos.
- Consulta y atención de la posible disputa comercial dentro del T-MEC por temas energéticos. Es mejor que los eventuales pagos por indemnizaciones se conviertan en gastos o inversiones en México. Incluso a nivel internacional todos los participantes del mercado deben mantener actualizada su tecnología. Es imprescindible actualizar el sector eléctrico con base en normas ambientales cada vez más exigentes, sin perder de vista también la modernización y actualización tecnológica de las instalaciones.

Entonces, es benéfico que se permita la intervención del sector privado en la transición y modernización del sector energético. Pero es de suma importancia que dicho sector entienda los requerimientos del sector público y acepte los cambios derivados de los grandes avances tecnológicos. En paralelo, el sector público puede y debe, a su vez, fortalecer sus instituciones

pero con medidas, regulaciones y tecnologías del siglo XXI teniendo siempre presente que todo ello acelere la transición energética hacia una senda más sostenible.

El abasto de energía en México depende fundamentalmente de las energías fósiles y de manera creciente del gas natural, aunado a ello, prácticamente la mitad de la energía que se consume es importada. En 2020 las energías fósiles aportaron 87% de la energía consumida y el 49% corresponde al gas natural, además el 47% de la energía consumida en 2020 fue importada (SENER, 2020a).

El uso del gas natural ha desplazado a todos los demás combustibles industriales, es más barato y es menos contaminante.⁴⁶ La producción del mismo ha venido declinando mientras que la oferta ha seguido creciendo de manera sostenida y las importaciones lo han hecho de manera acelerada. Por otra parte, el 85% del gas natural que consumen CFE y el sector privado se importa de los Estados Unidos. El sistema de transporte consta de dos sistemas que operan de manera casi independiente, por un lado, está el antiguo sistema de Pemex, hoy de Cenegas⁴⁷ y, por otro lado, el sistema licitado por CFE. Es importante recalcar que no contamos con capacidad de almacenamiento. Todo lo anterior nos pone en un alto riesgo en contra de la seguridad energética.

Vale la pena recalcar que gracias a esta red de ductos, el precio del gas en México se ha vuelto competitivo. El precio en México está por debajo del que pagan los sectores eléctrico e industrial en la mayoría de los Estados Unidos.

Actualmente Pemex está produciendo la mitad de lo que se producía hace 15 años⁴⁸ y procesa en el Sistema Nacional de Refinación (SNR) poco más de 800 millones de barriles diarios y

⁴⁶ Produce 25% menos gases efecto invernadero, 20% menos NO_x, 99% menos SO₂ y 97% menos de partículas finas.

⁴⁷ Centro Nacional del Control del Gas Natural. Organismo público descentralizado de la Administración pública Federal, sectorizado a la SENER.

⁴⁸ En 2005 produjo 3.4 MMBD y en 2019 – 2022 la cantidad se ha reducido a 1.7 MMBD.

exporta el resto. A partir de 2020 nos hemos visto obligados a exportar crudo ligero para poder exportar los excedentes de combustóleo.⁴⁹ Principalmente se exporta para ser utilizado como carga para refinerías de alta conversión en Estados Unidos y el Lejano Oriente. Sin embargo, mientras que las refinerías que nos compran la mezcla de combustóleo y crudo ligero maximizan sus utilidades, nuestras refinerías se ven obligadas a consumir una carga de crudo más pesado y pierden cada vez más dinero.

Nuestro sistema nacional de refinación consta de seis refinerías poco eficientes que requieren obligadamente ser modernizadas. Su capacidad de refinación de crudo es de poco más de 1.6 miles de millones de barriles diarios. Por otra parte, dichas plantas fueron diseñadas hace más de 50 años, con criterios de diseño condicionados por precios muy bajos de energía y costos muy altos de capital, que obligaron a sacrificar eficiencia para reducir costos de inversión.⁵⁰ Es un hecho que el Sistema Nacional de Refinación está operando al 50% de su capacidad lo cual lo hace alejarse de la meta de producción planteada por el actual gobierno.⁵¹ A principios de 2021 el presidente rectificó la meta, comprometiéndose a procesar 1.2 MMBD en 2023; sin embargo se antoja una meta inalcanzable.

La estrategia de exportación de combustóleo obliga al SNR a procesar un crudo más pesado. Esto trae como consecuencia un importante aumento en la producción de combustóleo así como un deterioro en el rendimiento de productos de alto valor. Esto ha traído como consecuencia inevitable un significativo incremento en las pérdidas del SNR. Con base en todo lo anterior, se hace urgente modernizar nuestras refinerías y, mientras esto ocurre, importar crudo ligero para alimentar a las refinerías el crudo para el que fueron diseñadas. De esta manera se aumentaría significativamente la producción de destilados de alto valor,

⁴⁹ A partir de enero de 2020 no se puede utilizar en alta mar combustóleo de alto contenido de azufre.

⁵⁰ La refinería de Salamanca entró en operación en 1950; la de Minatitlán en 1956; la de Tula y la de Madero en 1976; la de Salina Cruz junto con la de Cadereyta en 1979.

⁵¹ La administración actual se comprometió a rehabilitarlo y operarlo al 85% de su capacidad a finales de 2021.

se reduciría la producción de combustóleo siendo este último de mejor calidad y tendría mejores mercados de exportación.

En el Sector Eléctrico se ha rezagado la instalación de nuevas centrales eléctricas. La CFE ha asignado diversos contratos para instalar 6,500 MW de capacidad en 9 centrales de ciclo combinado y 2 de combustión interna, pretendiendo iniciar operaciones en 2025. La iniciativa privada tiene detenidos, por trabas regulatorias y/o por incertidumbre jurídica, al menos 130 proyectos con 8,200 MW de capacidad.⁵² No parece viable alcanzar la meta comprometida para 2024 de 35% de energías limpias, para ello sería necesario agregar en los próximos dos años al menos 8,000 MW de capacidad de nuevas centrales hidroeléctricas, eólicas y solares. En los últimos dos años hemos incorporado apenas 3,200 MW en centrales eólicas y solares instaladas por el sector privado.

Merece también la pena destacar que la Red Nacional de Transmisión prácticamente no ha crecido en los últimos años y los planes de ampliación son muy limitados. La ventaja del gas natural en la generación de energía eléctrica resulta evidente cuanto se comparan los costos de generación. En opinión de (Barnés De Castro, 2022), es falso que la adquisición de energía renovable a través de subasta implica un alto costo para la CFE; por el contrario, la energía adquirida a través de subasta representa un ahorro a la CFE entre 600 y 1,100 millones de dólares por año, dependiendo de la central térmica que resulta desplazada. Las tres subastas realizadas por el CENACE fueron particularmente exitosas.⁵³

Se pone de manifiesto que los retos del cambio climático hacen imperativo modificar nuestra matriz energética. Nuestra dependencia excesiva de energías fósiles y la importación marcada de energía hacen necesario el tener que impulsar, por un lado, las medidas de uso eficiente de energía, particularmente en las entidades del sector público y, por otro lado, el transporte eléctrico tanto público como privado. Tenemos un gran potencial de energías

⁵² 5,200 MW con energías renovables y 3,000 MW con gas natural.

⁵³ Se adquirieron 20 millones de MWh/año a un costo promedio de 33 USD/MWh.

renovables para diversificar nuestra matriz energética; sin embargo, para aprovechar dicho potencial se hace necesario la participación de la iniciativa privada. Es también necesario repensar el impulso de la energía nuclear y capturar las oportunidades de cogeneración eficiente en Pemex.

El incremento en la producción de gas natural es un tema de seguridad nacional y es un hecho que su demanda seguirá creciendo en el marco de una transición energética. Es un reto innegable la falta de capacidad económica de Pemex así como las barreras a la participación de la iniciativa privada que impiden tanto el desarrollo de reservas no explotadas, la inversión en plantas de rechazo de nitrógeno y la necesaria modernización de los complejos procesadores de gas. Por otra parte, nuestro sistema de transporte de este energético es limitado y no está debidamente interconectado, además carecemos de almacenamientos subterráneos. Dado que el país cuenta con reservas suficientes para reducir nuestra dependencia del exterior, para explotarlas se requiere de la participación tanto de Pemex como del sector privado. Estamos en posibilidad de incrementar la flexibilidad y la seguridad de abasto interconectando ambas redes de transporte que tenemos además de contar con la identificación de lugares idóneos para la instalación de almacenamientos subterráneos.

Es imperativo aprovechar nuestras reservas petroleras mientras éstas tengan mercado. Si bien Pemex no ha logrado incrementar la producción hay oportunidades para ampliarla en aguas profundas, en yacimientos no convencionales y en yacimientos maduros, con recuperación secundaria. Para lograr ello es necesario tanto la participación de Pemex como de la iniciativa privada.

Nuestro Sistema Nacional de Refinación requiere una modernización a fondo. Es ineficiente y obsoleto, fue diseñado para operar con crudo ligero y se encuentra operando al 50% de su capacidad; por ello es indispensable modernizarlo para que sea rentable. Se propone importar crudo ligero para mejorar la carga de alimentación lo que permitirá incrementar la producción de diésel y gasolina, reducir la cantidad y mejorar la calidad del combustóleo, así como mejorar la rentabilidad del sistema.

En cuanto al sector eléctrico, México debe acelerar la optimización y modernización del mismo. Se requiere programar el retiro de las centrales de la CFE poco eficientes y obsoletas; son altamente contaminantes cuando operan con combustóleo. La red nacional de transmisión requiere importantes refuerzos y se está poniendo barreras burocráticas a los proyectos de iniciativa privada los cuales son necesarios para la transición del sistema eléctrico a uno más sostenible. Impulsando el uso de las energías limpias, instalando nuevas centrales de ciclo combinado, aprovechando las centrales de vapor para respaldar las energías limpias intermitentes y dar soporte a la red, ampliando y reforzando la red de transmisión será como México logre optimizar y modernizar su sistema eléctrico. La iniciativa privada puede y debe jugar un importante papel complementando a la CFE, siempre en un marco jurídico con certidumbre.

Con base en los enfoques descritos podemos establecer ahora un comparativo puntual entre ambos lo que nos permitirá establecer algunas conclusiones sobre las estrategias a proponer en materia de política energética en nuestro país.

5.4 Comparativo de los modelos energéticos de política proteccionista y cerrada vs. global y aperturista para el sector energético en México.

Antes de establecer las comparaciones entre ambos modelos es necesario enfatizar que es imprescindible en todo momento mantener el desarrollo del país de manera que las decisiones sean imparciales y puedan resolver las problemáticas con una dimensión científica, económica, social, racional y tecnológicamente viable. La impostergable transición energética debe ser rápida y eficaz de manera que permita ir sustituyendo las fuentes de energía basada en combustibles fósiles por energías limpias cuidando siempre que los servicios energéticos sean asequibles para que se vaya reduciendo considerablemente la pobreza energética. La matriz energética debe ser lo más variada posible para que se pueda ir fortaleciendo una soberanía energética. Por otra parte, es necesario mantener un equilibrio entre la integración energética con los países vecinos de América del Norte sin que ello menoscabe en nuestra independencia energética. Esto es, resulta necesario e impostergable

lograr, independiente del camino a seguir, un sector energético dirigido siempre hacia la sostenibilidad.

Con base en lo comentado en los apartados anteriores de este capítulo podemos decir seguir un modelo energético basado en un enfoque soberanista o nacionalista, sin participación privada evitará que los objetivos sociales no sean relegados a un segundo plano, toda vez que es el Estado quien será el responsable directo de la ejecución y planeación y no las empresas privadas que, de manera natural, siempre contemplarán la maximización de sus ganancias. Por otra parte, limitará los precios altos de los energéticos, lo cual es proclive a generar una pobreza energética más acentuada y permitirá contar con una forma de organización de abastecimiento de energía justa y adecuada para toda la población.

Este modelo pone como prioridad la seguridad energética para garantiza en todo momento el que se asequible a toda la población. Evitará que las tarifas eléctricas se disparen como ha ocurrido en la Unión Europea ya que es el Estado, a través de CFE, mantener el control sobre las mismas. El servicio de energía eléctrica es, ante todo, un servicio público en beneficio de la población y no debe de verse como un espacio de negocios y especulación. Para lograr que se propicie la asequibilidad para toda la población, el Estado deberá incentivar los apoyos fiscales para los consumidores que realmente lo requieran. También destaca que no deja de ser obligación del gobierno mantener en todo momento un respeto pleno a los derechos y a la voz de los ciudadanos como consumidores de energía.

De esta manera se tiene posibilidad de que se recupere la soberanía energética del país, promoviendo el alcance de la autosuficiencia en petróleo y derivados. Como ha ocurrido en la administración del gobierno actual, este enfoque permite mantener el aumento de precios de la gasolina y las tarifas eléctricas por debajo de la inflación.

Además, este enfoque permite fortalecer una independencia y autonomía en sus relaciones con otros Estados, garantizando una soberanía energética. Se podrá propiciar la voluntad de reducir el consumo de energía mediante cambios en el comportamiento, la organización y la

estructura de la sociedad; es decir, propiciar el uso de energía en forma moderada, incluso con cierta austeridad, pero en forma voluntariamente aceptada.

El otorgamiento de concesiones a empresas extranjeras es opuesto a lo que indica la Constitución, además que permite para estas empresas un control de los territorios y recursos de la Nación, lo cual no es congruente con que el petróleo y la electricidad sean bienes públicos y deben estar siempre en manos soberanas del pueblo de México.

El Estado es quien debe conducir la planeación, las políticas y, tanto la ejecución como el control del proceso de transición energética. Solo a través de una transición soberana se puede garantizar la autosuficiencia de energía eléctrica y evitar la política neoliberal extractivista como se dio en las últimas décadas a petróleo y minerales. En el caso del sector eléctrico, a través de la CFE, el gobierno puede programar las inversiones requeridas de manera sustentable sin necesidad de recurrir a inversiones privadas nacionales o extranjeras.

Si bien se requiere que empresas públicas, sociales y privadas manufacturen nuevos equipos y tecnologías necesarias, el Estado debe ser en todo momento el responsable de la planeación y ejecución de las actividades críticas y estratégicas en el sector energético.

En contraste, bajo otro punto de vista, un modelo energético con un enfoque global, abierto con participación privada permitirá mayores inversiones y con ello un desarrollo económico acelerado. Esto permitirá contar con más alternativas para tener energía confiable a precios competitivos. Solo con la participación privada se podrá contar con una matriz de generación más diversa y menos contaminante.

Este modelo permitirá acelerar el proceso de la transición energética de manera que no genere un detrimento en las finanzas públicas, es necesario recurrir a fuentes de financiamiento que no impliquen un deterioro de las finanzas públicas y que permitan ajustarse a las condiciones del mercado internacional.

También permitirá la competencia en el mercado del gas licuado de petróleo lo que hará posible una transición energética más rápida y mejorar el servicio de manera que sea asequible para los hogares mexicanos sin que represente una carga para las finanzas públicas. Además de permitir satisfacer la demanda creciente de dicho energético.

En el caso del sector eléctrico, solo con la participación de la inversión pública y privada se podrá reforzar la infraestructura de transmisión de electricidad para que crezca de manera que pueda responder a la creciente demanda que se tendrá. Adicionalmente la generación distribuida permitirá la satisfacción de la demanda creciente de energéticos con una significativa reducción de costos por lo que es necesaria una política abierta que permita ir la introduciendo paulatinamente.

Este enfoque permitirá también retomar los certificados de energía limpia como instrumentos para expandir la capacidad renovable en el país. Por otra parte, permitirá afrontar con éxito la alta integración de nuestro mercado energético con el de Norteamérica. Con la participación privada, los costos de producción eléctrica se verán reducidos significativamente, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.

Solo brindando certidumbre a sus socios comerciales y a la inversión privada, la soberanía y la seguridad energética podrían ser más alcanzables mediante el cambio tecnológico actual hacia las energías renovables y la cooperación internacional. Es factible que existan diversos participantes que compitan para producir y satisfacer la demanda; es decir se puede contar con un modelo de mercado en el que coexistan los sectores público y privado. Vista la población de bajos ingresos como consumidora de bienes y servicios y no como beneficiaria de obras de caridad, este modelo permite la reducción de la pobreza energética. Por supuesto que lo anterior requiere una adecuada vigilancia del Estado por medio de órganos reguladores y operadores de la red eléctrica independientes.

La generación centralizada requiere inversiones cuantiosas para operar, mantener y expandirse por lo que un modelo con un enfoque abierto es obligadamente indispensable. Por

otra parte, es necesario detonar inversiones tanto para cubrir la demanda energética como para propiciar el desarrollo económico del país y el modelo energético de política proteccionista lo limita profundamente.

Conclusiones

Si bien existen diferentes maneras de definir lo que se conoce como desarrollo sustentable es innegable que, para lograrlo, debe haber un equilibrio entre los aspectos económicos, sociales y ambientales. No es una condición estática, es un proceso dinámico y por la dificultad de poderlo definir se hace necesario medirlo para que el concepto sea operativo y útil. Esto se puede lograr con la ayuda de indicadores adecuados que permitan proporcionar un panorama general y completo además de ser fáciles de interpretar y manejar.

Es fundamental desarrollar un conjunto de indicadores robusto y comprensibles para monitorizar el progreso hacia un desarrollo sostenible. Para escoger los indicadores más convenientes no hay una metodología única. Sin embargo, existen algunos aspectos que son comúnmente considerados. Es altamente recomendable identificar los temas principales que se quieran considerar como relevantes en el contexto del desarrollo sustentable y después establecer una estructura y metodología que aborde esos aspectos. Cada indicador establecido estará basado en una noción pragmática de sostenibilidad y el conjunto de ellos deberá ser capaz de considerar aspectos económicos, sociales y ambientales, principalmente.

Un sector energético debe lograr un desarrollo económico y una mejora de las condiciones socio-económicas de la población a través de un uso racional de los recursos energéticos de la región. También ha sido necesario considerar la necesidad de una seguridad y confiabilidad energética a precios asequibles. El desarrollo de tecnologías de producción de energía y aprovechamiento de ésta se ha convertido en un objetivo de política internacional y en una parte fundamental del desarrollo sostenible. Bienestar, salud, nutrición, infraestructura, educación, esperanza de vida, etc. son aspectos que están fuertemente ligados al consumo de energía per cápita. El uso de la energía está fuertemente ligado a prácticamente cualquier aspecto del desarrollo por lo que debe verse como un derecho básico.

Existe un gran reto en el aspecto del desarrollo causado por la posición dominante de los combustibles fósiles en las fuentes de energía disponibles; dicho desarrollo está asociado a los grandes niveles de consumo de energía y entra en conflicto con el deseo de reducir las

emisiones asociadas a ella. Aunque en el pasado el desarrollo económico de varios países se logró a costa de un impacto negativo al medio ambiente, es momento de buscar opciones de conciliación. En este sentido, las políticas energéticas pueden ser útiles para lograr un balance entre ambos aspectos.

En el presente, más del 80% de la energía primaria del mundo proviene de combustibles fósiles – petróleo, carbón y gas natural –. El uso de energía fósil probablemente permanecerá como la mayor fuente de energía durante varias décadas; sin embargo, es necesario enfocar esfuerzos a fin de que la transición hacia el uso de energías limpias se dé lo más aceleradamente posible.

Entre 2013 y 2014 se aprobó una profunda reforma de mercado diseñada para satisfacer la creciente demanda de energía, elevar la competitividad de los combustibles y la electricidad, así como acelerar el paso hacia un nuevo modelo de producción y consumo de energía. El comercio y la inversión fueron liberalizados y se permitió la inversión extranjera. Al concederle mayor protagonismo al sector privado y a los mecanismos de mercado se esperaba atraer capital, tecnología, conocimientos y experiencias, que vendrían a solucionar los problemas y encarar los desafíos de la transición energética.

Con dicha reforma energética se abrieron rondas de licitación de áreas petroleras para revertir la caída de las reservas y producción de hidrocarburos. Se eliminaron los precios subsidiados y se alentaron las importaciones. Se sometió a Pemex a una regulación asimétrica para limitar su poder de mercado y facilitar la emergencia de un mercado competitivo. En la misma lógica se creó un mercado mayorista de electricidad con regulación asimétrica para diluir el poder de mercado de la CFE. Se tomaron medidas para elevar la capacidad de almacenamiento de combustibles, además de establecer nuevos arreglos institucionales y fortalecer el cuerpo de organismos reguladores.

En 2015 se aprobó la Ley de Transición Energética, se estableció una estrategia para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, se pusieron en marcha programas especiales en esos ámbitos y se firmó el Acuerdo de París. Un año más tarde

iniciaron las subastas para la compra de electricidad limpia en conexión con un mercado de certificados verdes.

Algunas de estas medidas fueron suspendidas en 2018 al entrar en funciones el gobierno actual, dirigido por Andrés Manuel López Obrador, quien es poco empático con el modelo de mercado de competencia y se orientó a fortalecer a las empresas públicas. La voluntad de frenar el avance del sector privado en petróleo y electricidad, de revertir la declinación de la producción petrolera y de recuperar la autosuficiencia en gasolina, diésel y otros refinados, ha introducido un compás de espera en materia de transición y sostenibilidad energética.

Es cierto que, en general, algunas de las políticas energéticas de los últimos veinte años han estado orientadas a mejorar la competitividad, seguridad, equidad y sustentabilidad ambiental, así como la robustez y resiliencia del suministro de energía; es decir, a mejorar su sostenibilidad, sin embargo, otras políticas han sido contrarias a ese objetivo primordial.

La decisión de aprovechar la abundancia, la cercanía y el bajo precio del gas proveniente de Estados Unidos ha mermado en el aspecto de autosuficiencia puesto que ha desincentivado la búsqueda y extracción de gas natural en el país, siendo el energético más utilizado en México, el que más se utiliza en la generación de electricidad, el que más se importa con respecto al consumo y el que está más expuesto a los riesgos geopolíticos. La dependencia externa en gas natural supera el 90% porque la producción nacional es consumida casi en su totalidad en los propios procesos de la industria petrolera. México ha logrado elevar la competitividad de la industria eléctrica y las manufacturas mexicanas, sin tener que asumir el impacto ambiental del “*fracking*”⁵⁴ y de la producción de gas no convencional; sin embargo, ha tenido que asumir los riesgos geopolíticos de la importación masiva. Ejemplo de lo anterior es la suspensión de los envíos a México decidida por el gobierno de Texas en

⁵⁴ Llamada también fracturación hidráulica o hidrofracturación es una técnica para posibilitar o aumentar la extracción de gas y petróleo del subsuelo, siendo una de las técnicas de estimulación de pozos en yacimientos de hidrocarburos.

febrero de 2021 para atender la crisis de abastecimiento de ese estado. Estamos ante una situación preocupante de alta vulnerabilidad energética.

Asimismo, la decisión de obstaculizar la construcción y puesta en operación de centrales eléctricas privadas, con la finalidad de mantener un parque de generación mayoritariamente público, por razones de soberanía y seguridad nacional, han mermado fuertemente el aprovechamiento de las energías eólicas y solar, ambas necesarias para conseguir la neutralidad de carbono. A pesar de que México cuenta con una abundante cartera de opciones de mitigación de gases efecto invernadero basadas en energías renovables y eficiencia energética, la transición hacia las fuentes de energía renovable no avanza lo suficiente. La política energética ha favorecido al uso de los combustibles fósiles y a las sustituciones entre ellos mismos, sobre todo el remplazo de petrolíferos por gas natural, y aún en ese terreno, aprovechamiento del gas está lejos de ser óptimo, a juzgar por el cuantioso desperdicio en los campos de producción.

En este trabajo se planteó como objetivo analizar la sostenibilidad del sistema energético mexicano identificando sus características, avances y perspectivas enmarcadas en una transición necesaria e impostergable. Para ello se utilizó un conjunto de indicadores seleccionados de manera que reflejaran con mayor precisión las especificidades nacionales, además de considerar que la información disponible de ellos estuviera lo menos segmentada. Con el análisis realizado es posible afirmar que la sostenibilidad del sector energético mexicano ha disminuido sensiblemente en los últimos cinco años a pesar de que el discurso oficial diga lo contrario. Si bien las intenciones son buenas, los resultados muestran un alejamiento del camino hacia la sostenibilidad energética.

Con base en los resultados obtenidos se observa una erosión sistemática de la seguridad energética y un claro aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. A pesar de los avances en robustez del sistema energético, cobertura eléctrica, acceso de los hogares a tecnologías y combustibles limpios, consumo eléctrico por habitante y productividad energética, hubo regresiones notables en autonomía energética, diversidad de fuentes de energía para la producción de electricidad, en alcance de los recursos fósiles, el peso del uso

de las energías renovables en el consumo nacional de energía, la emisión de gases de efecto invernadero y la emisión de CO₂ en la generación de energía eléctrica. Los avances han sido insuficientes para compensar los retrocesos por lo que ha habido una reducción en la sostenibilidad del sector.

La transición hacia un sistema energético sostenible ha tenido como barreras importantes la falta de articulación de las políticas energéticas y ambientales, así como el papel relevante de los ingresos petroleros en finanzas públicas que dan perennidad a la extracción y consumo de hidrocarburos. La política energética ha centrado su atención en el sector petrolero y ha dejado en segundo plano el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, la eficiencia de los procesos y la racionalidad en el consumo.

A pesar de que el gobierno actual ha establecido programas y acciones orientadas hacia la sostenibilidad, la atención y los recursos se han concentrado en atender fundamentalmente cuatro aspectos: elevar la producción de petróleo, conseguir la autosuficiencia en gasolinas, mantener el precio de los combustibles y la electricidad por debajo del ritmo inflacionario, así como rescatar y fortalecer a Pemex y CFE. Esta última preocupación se ha traducido en múltiples y variadas medidas para frenar el avance de las empresas privadas, aunque estén trabajando en favor de la sostenibilidad o quieran sumarse a ese esfuerzo más allá del *greenwhasing*⁵⁵ o del puro interés comercial.

El gobierno a cargo del actual dirigente argumenta que la élite neoliberal intentó reducir el sector energético a un aparato administrativo al servicio de las grandes corporaciones y a un instrumento coercitivo en contra de las mayorías. Con base en este razonamiento el Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024 establece como propósito central la recuperación de la fortaleza del Estado como garante de la soberanía nacional, la estabilidad y el estado de derecho, árbitro de los conflictos, generador de políticas públicas coherentes y articulador de los propósitos nacionales.

⁵⁵ Estrategia de mercado que utilizan algunas empresas para aparentar ser más respetuosas con el medio ambiente de lo que en realidad son.

De esta manera, el objetivo principal en el sector energético ha sido recuperar el control del Estado, bajo la consideración de que el suministro de energía es un asunto de seguridad nacional. Si bien lo anterior es prioritario, puede dejar en segundo plano la sostenibilidad del sector.

En un contexto internacional claramente perfilado hacia la transición energética para detener el aumento de emisiones causantes del calentamiento global y el cambio climático, la actual política energética que busca un sector nacionalista y cerrado a la inversión privada está perfilándose como una política que busca la soberanía energética pero que pone en segundo plano el camino hacia una sostenibilidad del sector.

El gobierno mexicano no es el único que considera la sostenibilidad energética como factor importante pero no primordial. En China, India, Estados Unidos y Alemania, por ejemplo, gobernantes pragmáticos no han dudado en permitir la quema de cantidades ingentes de carbón para garantizar la seguridad energética, mantener elevadas tasas de crecimiento económico o satisfacer necesidades básicas, a pesar de la preocupación internacional e incluso la reprobación por el volumen de emisiones resultante.

El regreso del nacionalismo a la política energética, luego de un largo periodo de ausencia por el empuje de las reformas de mercado, no es un fenómeno limitado a las fronteras mexicanas. De hecho, se está ampliando y es probable que se intensifique en un contexto internacional caracterizado por las tensiones geopolíticas, la volatilidad del precio de los energéticos y las materias primas, la inflación y las amenazas de recesión global.

La pandemia de coronavirus y la guerra de Ucrania han impulsado el resurgimiento del nacionalismo no sólo en los países de la periferia, sino en los países centrales del sistema capitalista. La crisis energética en Europa, incubada durante la pandemia y fustigada por la intervención rusa en Ucrania, ha despertado una ola de nacionalismo en ese continente. La preocupación central se ha desplazado de la lucha contra el cambio climático a la urgente

necesidad de contar con energía suficiente, barata, sin interrupciones y que no provenga de Rusia.

La política energética de la administración actual no es un fenómeno aislado. Los gobiernos tienden a privilegiar objetivos políticos de corto plazo y a sacrificar los de largo plazo. Hacia adelante el reto es reducir a su mínima expresión el componente fósil del nacionalismo ascendente y articularlo con la transición energética y la sostenibilidad. Tal vez, es necesario tener presente que a veces lo urgente no deja tiempo a lo importante.

El dilema entre un enfoque global, abierto y el enfoque soberanista o nacionalista se puede resolver si se consideran criterios de eficiencia porque reivindica y fortalece al Estado. Además, como efecto secundario se puede lograr un equilibrio entre los entes públicos y privados donde ninguno tenga una preminencia que socave el bienestar de los consumidores y que minimice en todo momento el impacto negativo al medio ambiente.

Referencias

- Aburto, J. L. (2022, 9 de junio). Hacia un sistema de energía ambientalmente sostenible: 1. Las crisis del petróleo a partir de los años 70. *Revista Este País*.
https://estepais.com/tendencias_y_opiniones/crisis-petroleo-1970/
- Aceleanu, M. I., Șerban, A. C., Pociovălișteanu, D. M., & Dimian, G. C. (2017). Renewable energy: A way for a sustainable development in Romania. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 12(11), 958–963. <https://doi.org/10.1080/15567249.2017.1328621>
- Apodaca, J. L. (2022). Un escenario sustentable de expansión del sistema eléctrico nacional para la transición energética de México (2022 - 2036). *Revista de Administración Pública - 157, LVII*, 61–82.
- Armin Razmjoo, A., Sumper, A., & Davarpanah, A. (2019). Development of sustainable energy indexes by the utilization of new indicators: A comparative study. *Energy Reports*, 5, 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.03.006>
- Ayala, M., & Tenthoff, M. (2012). *El capitalismo verde: otra cara del mismo modelo*.
<https://dds.cepal.org/redesoc/publicacion?id=2282>
- Barnés De Castro, F. (2022, 25 de octubre). Retos y oportunidades del sector energético. *Energy Day. Cámara de Comercio Británica A. C.*
- Bell, S., & Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators. Measuring the Immeasurable? (Second)*.
- Bossel, H. (1999). Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. In *International Institute for Sustainable Development (Vol. 68, Issue 1)*.
<https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.rcsar.2016.10.002>
- Brundtland, G. H. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común. In *Naciones Unidas. Asamblea General*.
- Carrillo, J., Díaz Diego, Mancera, S., Ocampo, Ó., & Ramiro, M. (2022). *La energía que queremos: Infraestructura, regulación y Estado de derecho para un sector energético que detone la competitividad en México*. <https://imco.org.mx/la-energia-que-queremos-2/>
- CENACE. (2022). *Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036*.
<https://www.gob.mx/cenace/documentos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-2022-2036>
- CFE. (2022a). *Informe anual 2021*.
- CFE. (2022b). *Plan de Negocios 2022-2026 CFE*.
<https://www.cfe.mx/finanzas/Documents/Plan%20de%20Negocios%202022-2026%20V48%20PUBLICA.pdf>
- CFE. (2022c, 3 de marzo). *HIDROELÉCTRICAS, ENERGÍA LIMPIA Y CONFIABLE PARA LA POBLACIÓN*. Portal CFE. Boletines. <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=2482>

- Dahl, A. L. (2012). Achievements and gaps in indicators for sustainability. *Ecological Indicators*, 17, 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.032>
- Engel, J. Ronald., & Gibb Engel, Joan. G. (1990). *Ethics of Environment and Development*. London: Belhaven.
- Enríquez Rosas, J. D., Roldán Rubio, F. E., & Sandoval Valencia, J. E. (2022). *¿Son los subsidios el mejor mecanismo para asegurar la inversión en fuentes de energía renovable?* (M. Anglés Hernández & M. Palomino Guerrero, Eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Jurídicas. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/14/6571/17.pdf>
- Estrada, J. H., Rodríguez, V., & Ventura, V. H. (2022). *El gas natural en México: impacto de la política de autosuficiencia, seguridad y soberanía en la transición y la integración energética regional*. www.cepal.org/apps
- Fotourehchi, Z. (2017). Sustainable Development. *Iranian Economic Review*, 21(3), 583–601. https://ier.ut.ac.ir/article_62941_2bd2657561ce8d93295b5163c0ea5346.pdf
- Galván, M. (2019, 21 de febrero). *La termoeléctrica de Morelos, otro proyecto polémico que AMLO llevará a consulta*. Expansión Política. <https://politica.expansion.mx/mexico/2019/02/21/la-termoelectrica-de-morelos-otro-proyecto-polemico-que-amlo-llevara-a-consulta>
- García A., G. I. (2019). *La transición energética hacia las tecnologías limpias: un motor para el desarrollo de México* (M. Anglés Hernández & M. Palomino Guerrero, Eds.). UNAM. Instituto de Investigaciones Jurídicas. www.juridicas.unam.mx<https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv>
- García O., R., & Bracamonte S., Á. (2019). Acceso a los servicios de energía. Una crítica a la Agenda 2030 de México. *Región y Sociedad*, 31, e1146. <https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1146>
- Guevara, Z., Córdoba, O., García, E., & Bouchain, R. (2017). The Status and Evolution of Energy Supply and Use in Mexico Prior to the 2014 Energy Reform: An Input-Output Approach †. *Economies*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.3390/economies5010010>
- Hernández I., J. A., & Bonilla, D. (2020). Examining Mexico's energy policy under the 4T. *Extractive Industries and Society*, 7(2), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.03.002>
- Horta, L. (CEPAL). (2019). Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América Latina y el Caribe. *Gtz*, 53(9), 131. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/3763-indicadores-politicas-publicas-materia-eficiencia-energetica-america-latina>
- IAEA. (2005). Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. In *IAEA*. <https://doi.org/10.1205/095758200530763>
- Ibarrarán, E., Davidsdottir, B., & Gracida, R. (2009). Índice de Sustentabilidad Energética : estimaciones para México. *Principios*, 15, 85–100.
- Iddrisu, I., & Bhattacharyya, S. C. (2015). Sustainable Energy Development Index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 50, pp. 513–530). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.032>

- IMCO. (2023). *Centro de Investigación en Política Pública*. Centro de Investigación En Política Pública. <https://imco.org.mx/monitor/energia/>
- INEGI. (2000). *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. http://centro.paot.org.mx/documentos/inegi/indicadores_desarrollo_sustentable.pdf
- Islas Samperio, J., Manzini Poli, F., Macías Guzmán, P., & Grande Acosta, G. K. (2015). *Hacia un sistema energético mexicano bajo en carbono* (Primera).
- IUCN. (1980). World conservation strategy. In *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)*.
- Karlen, D. L. (2008). Sustainability Indicators: A Scientific Assessment. *Journal of Environmental Quality*, 37(4), 1663--1673.
- Kemmler, A., & Spreng, D. (2007). Energy indicators for tracking sustainability in developing countries. *Energy Policy*, 35(4), 2466–2480. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.09.006>
- Kettner-Marx, C., Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., & Littig, B. (2018). *Monitoring Sustainable Development Climate and Energy Policy Indicators*. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/61557>
- Kleinfeld, Rachel., & Sloan, Drew. (2012). *Let There Be Light : Electrifying the Developing World with Markets and Distributed Energy*. Truman National Security Institute.
- Kohlsdorf, H. (2022). ¿'Calma chicha' en sector eléctrico? *Reforma*.
- Livas G., A. (2016). *Contribución del sector energético a la sustentabilidad del desarrollo, análisis sistémico del caso mexicano 1970 - 2010* [Tesis para optar por el Grado de Doctor en Ingeniería (Energía)]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- López Obrador, A. M. (2018a). *Proyecto de Nación 2018 - 2024*. <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Esquema.pdf>
- López Obrador, A. M. (2018b, 1 de diciembre). *Discurso de Andrés Manuel López Obrador. Presidente de los Estados Unidos Mexicanos. Mensaje a la Nación desde el Zócalo de la Ciudad de México*. Gobierno de México. Presidencia de La República. <https://www.gob.mx/presidencia/articulos/discurso-de-andres-manuel-lopez-obrador-presidente-de-los-estados-unidos-mexicanos?idiom=es>
- López Obrador, A. M. (2022). *Compromiso del Gobierno de México en el combate al cambio climático*. Secretaría de Relaciones Exteriores. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/733833/20220617_MEF_PEUM._Vf.pdf
- Meadows, D. H. ; Meadows, D. L. ; Randers, J., & Behrens, W. (1972). *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la Humanidad "Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la Humanidad."* <http://habitat.aq.upm.es/gi/mve/daee/tmzapia.in.pdf>
- México Evalúa. (2021). *Vivir a oscuras: la pobreza energética en México*. <https://www.mexicoevalua.org/vivir-a-oscuras-la-pobreza-energetica-en-mexico/>

- México Evalúa. (2022). *La paradoja energética: motivos para abandonarla*.
<https://www.mexicoevalua.org/la-paradoja-energetica-motivos-para-abandonarla/>
- Molina, J., Martínez, V., & Rudnick, H. (2009). *Indicadores de Seguridad Energética : Aplicación al Sector Energético de Chile*. March.
https://www.academia.edu/8275409/Indicadores_de_Seguridad_Energética_Aplicación_al_Sector_Energético_de_Chile
- Montoya, A., Vargas, R., Barrios, H., Garaicochea, F., & Núñez, G. (2013). *Estrategia urgente en defensa de la Nación. Política energética para que México sea potencia económica en el siglo XXI* (Manuel. C. Bartlett Díaz, Ed.). Partido del Trabajo.
http://partidodeltrabajo.org.mx/2017/wp-content/uploads/2017/08/politica_energetica_web.pdf
- Montoya, M. del C. , A. (2022). Transición energética soberana de México: imperativo histórico estratégico en el siglo XXI. *Revista de Administración Pública - 157, LVII*, 17–60.
- Naciones Unidas. (2015). Asamblea General. In *Naciones Unidas*.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0290\(19990420\)63:2<175::AID-BIT6>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0290(19990420)63:2<175::AID-BIT6>3.0.CO;2-G)
- O'Callaghan, K., Bryant, D., & Vancouver. (2012). *Rio+20: Defining The Future We Want?*
<https://www.fasken.com/en/knowledge/2012/06/corporatesocialresponsibilitybulletin-20120621>
- Observatorio Ciudadano de Energía. (2022, 8 de marzo). *Temas para reflexionar sobre el servicio público de electricidad: de aquí al 2050*. OCE. www.energia.org.mxredaccion@energia.org.mx
- OIEA. (2008). *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías*. 183.
<https://doi.org/10.4016/46611.01>
- OLADE. (1997). *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: Enfoques para la política energética*.
- Olvera, D. (2021, 22 de enero). *La gran apuesta de la CFE son las hidroeléctricas. Suena bien. Pero contaminan. Y no tenemos tantas - SinEmbargo MX*. SinEmbargo.
<https://www.sinembargo.mx/22-01-2021/3921272>
- Patlitzianas, K. D., Doukas, H., Kagiannas, A. G., & Psarras, J. (2008). Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations. *Renewable Energy*, 33(5), 966–973.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.05.003>
- PEMEX. (2019a). *Plan de negocios de Petróleos Mexicanos y sus empresas productivas subsidiarias 2019-2023*. https://www.pemex.com/acerca/plan-de-negocios/Documents/pn_2019-2023_total.pdf
- PEMEX. (2019b). *Anuarios estadísticos. PEMEX*. Anuarios Estadísticos.
<https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Paginas/AnuarioEstadistico.aspx>

- Phillis, A., Grigoroudis, E., & Kouikoglou, V. S. (2020). Assessing national energy sustainability using multiple criteria decision analysis. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 28(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1780646>
- Presidencia de la República. (2019, 12 de julio). *Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024*. Diario Oficial de La Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019#gsc.tab=0
- Ramírez Cabrera, V. F. (2019). Subastas eléctricas en México, evaluación y qué hacer sin ellas. *Nexos*. <https://www.nexos.com.mx/?p=42822&>
- Rinne, J., Lyytimäki, J., & Kautto, P. (2013). From sustainability to well-being: Lessons learned from the use of sustainable development indicators at national and EU level. *Ecological Indicators*, 35, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.023>
- Robinson, M. (2022, 25 de mayo). *Cómo la pandemia mundial ha definido el nacionalismo de los recursos. Adaptado de un discurso pronunciado por Mark Robinson, Director Ejecutivo del EITI, en la conferencia Investing in African Mining Indaba 2022*. EITI. <https://bit.ly/3RCzpbx>
- Rodríguez, V. (2018). Seguridad energética: análisis y evaluación del caso de México. *Serie Estudios y Perspectivas*, 179, 1–133. https://url2.cl/q8G8U%0Ahttps://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44366/1/S1801208_es.pdf
- Rodríguez, V. (2022, 7 de agosto). *Crisis y transición energética*. Observatorio Ciudadano de La Energía. <https://energia.org.mx/crisis-y-transicion-energetica-por-victor-rodriguez-padilla/>
- Rousseau, I. (2020). La reforma energética (2013-2014) a la luz de la nueva legislación sobre los impactos sociales de los proyectos. *Foro Internacional*, 60(2), 853–887. <https://doi.org/10.24201/fi.v60i2.2740>
- Rubio, L. (2022, 28 de julio). *T-MEC, en riesgo relación comercial de México con EU y Canadá*. UnoTV. <https://www.unotv.com/opinion/luis-rubio/t-mec-en-riesgo-relacion-comercial-de-mexico-con-eu-y-canada/>
- Salgado, R., & Altomonte, H. (2002). Indicadores de Sustentabilidad 1990-1999. *Cepal*, 17(3), 1–79. <https://doi.org/10.3989/arbor.2000.i653.1000>
- Saxe-Fernández, J. (2019). Capitalismo omnívoro y “nacional-trumpismo”: impulso bélico-industrial, bancario y financiero hacia el colapso bio-climático. *Estudios Latinoamericanos*, 44, 43–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fcpys.24484946e.2019.44.77196>
- Schipper, L., Unander, F., Marie-Lilliu, C., & Landwehr, Michael. (2000). The IEA Energy Indicators Effort: Applications on the road from Kyoto. *Workshop on Best Practices in Policies and Measures, April*, 11–13.
- Searcy, C. (2006). DESIGNING SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDICATORS AT AN ELECTRIC UTILITY. *University of Alberta*.

- SEGOB. (2015). *Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030*.
http://www.senado.gob.mx/comisiones/cambio_climatico/reu/docs/presentacion_290415.pdf
- SEGOB. (2022, 20 de abril). *Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Minera*. Diario Oficial de La Federación.
- SENER. (2011). *Indicadores de Eficiencia Energética en México: 5 sectores, 5 retos*.
- SENER. (2016). *Balance nacional de energía 2015*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/248570/Balance_Nacional_de_Energ_a_2015__2_.pdf
- SENER. (2020a). *Balance Nacional de Energía 2019*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/618408/20210218_BNE.pdf
- SENER. (2020b, 8 de julio). *Programa Sectorial de Energía 2020 - 2024*. Diario Oficial de La Federación.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596374&fecha=08/07/2020#gsc.tab=0.
- SENER. (2023). *Balance Nacional de Energía 2022*. <https://www.gob.mx/sener/articulos/balance-nacional-de-energia-296106>
- Sheinbaum, C., Ruiz, B. J., & Rodríguez, V. (2012). Mexican energy policy and sustainability indicators. *Energy Policy*, 46, 278–283. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.060>
- Smith, D. (2013). *Nationalisme _ l'Encyclopédie Canadienne*.
<https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/nationalisme-2>
- Solorio, I., Ortega, J., Romero, R., & Guzmán, J. (2021). AMLO's populism in Mexico and the framing of the extractivist agenda: The construction of the hegemony of the people without the indigenous voices. *Z Vgl Polit Wiss*, 15, 249–273.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12286-021-00486-5>
- Solórzano, O. A., & Portador, T. de J. (2016). Paradoxes of Energy Eolic. Alternative to Climate Change In the Global Agenda? The Wind Corridor in the Isthmus Of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Ambiente y Sostenibilidad*, 6, 55–63.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/11507/Paradojas%20de%20la%20energia%20eolica.pdf?sequence=1>
- Taylor, P. G., Abdalla, K., Quadrelli, R., & Vera, I. (2017). Better energy indicators for sustainable development. *Nature Energy*, 2(July), 17117. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.117>
- Tornel, C. (2020). Integrating social and justice dimensions to energy transitions: the case of Mexico. In *The Regulation and Policy of Latin American Energy Transitions* (pp. 283–301). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819521-5.00016-4>

- Tsai, W.-T. (2010). Energy sustainability from analysis of sustainable development indicators: A case study in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 2131–2138. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.027>
- Vargas, R., & Olvera, S. (2021, 11 de octubre). *Trazar el rumbo de la transición energética: Objetivo en la iniciativa de la reforma eléctrica de 2021*. Energy & Commerce. <https://energyandcommerce.com.mx/rumbo-transicion-energetica-reforma-electrica-amlo-mexico/>
- Vera, I., & Langlois, L. (2007). Energy indicators for sustainable development. *Energy*, 32(6), 875–882. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.08.006>
- Villavicencio, D. H., & Millán, J. C. (2020). La transición energética en México: disyuntivas, tensiones y avances en la ejecución del proyecto nacional. *Caravelle*, 115, 25–40. <https://doi.org/10.4000/caravelle.8635>
- World Bank Group. (2016). *Regulatory Indicators for Sustainable Energy*. https://www.academia.edu/32359585/REGULATORY_INDICATORS_FOR_SUSTAINABLE_ENERGY_Global_Scorecard_for_Policy_Makers_2016
- World Energy Council. (2016). *World Energy Trilemma | 2016*. <http://www.worldenergy.org/publications/2016/world-energy-trilemma-2016-defining-measures-to-accelerate-the-energy-transition/>
- World Energy Council. (2018). World Energy Trilemma Index. *World Energy Council*, 158. <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2018/10/World-Energy-Trilemma-Index-2018.pdf>
- World Energy Council. (2020). *World Energy Trilemma Index 2020*. 1–69. <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/jpm.2004.7.865>
- World Energy Council. (2022). *World Energy Trilemma Index 2022*. www.worldenergy.org

Anexo 1. Indicadores de sostenibilidad para México de 2000 a 2020.

A) Dimensión: seguridad energética.

1) Autarquía o autosuficiencia.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producción (PJ)	9467	9483	9573	10298	10460	10625	10550	10219	9966	9525	9318	9293	9059	9053	8854	8261	7714	7027	6485	6333	6785
Importación (PJ)	892	881	1080	954	979	1175	1312	1563	1780	1690	2063	2308	2450	2401	2561	2904	3994	4418	5032	4803	3568
Consumo nacional de energía (PJ)	6679	6574	6824	7048	7347	7957	8056	8092	8338	8315	8271	8638	8815	8988	8651	8529	9140	9250	9237	8811	7827
Autarquía: importación/consumo	0.13	0.13	0.16	0.14	0.13	0.15	0.16	0.19	0.21	0.20	0.25	0.27	0.28	0.27	0.30	0.34	0.44	0.48	0.54	0.55	0.46
Valor normalizado	0.87	0.87	0.84	0.86	0.87	0.85	0.84	0.81	0.79	0.80	0.75	0.73	0.72	0.73	0.70	0.66	0.56	0.52	0.46	0.45	0.54

Fuente: SENER y cálculos propios.

2) Robustez.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Exportaciones (PJ)	2809	3910	2890	4416	4512	4363	4342	4121	3654	2382	3644	3566	3312	3184	3121	3105	3101	2975	3031	1747	2858
Exportaciones (Millones de BEP)	623	639	636	722	738	713	710	674	597	553	596	583	541	520	510	508	507	486	495	449	467
PIB (a precios internacionales ctes. de 2011) en millones de dólares	1756122	1749020	1748323	1773611	1843147	1885683	1970446	2015598	2038648	1930890	2029715	2104064	2180701	2210229	2273216	2348076	2409843	2460766	2514780	2513469	2548749
Robustez: exportaciones / PIB (BEP/mil US\$)	0.35	0.37	0.36	0.41	0.40	0.38	0.36	0.33	0.29	0.29	0.28	0.25	0.24	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.18	0.18	0.18
Valor normalizado	0.65	0.63	0.64	0.59	0.60	0.62	0.64	0.67	0.71	0.71	0.71	0.72	0.75	0.76	0.78	0.78	0.79	0.80	0.80	0.82	0.82

Fuente: SENER y cálculos propios.

3) Diversidad de oferta energética interna.

Petajoules (PJ)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	9467	9483	9573	10298	10460	10625	10550	10219	9966	9525	9318	9293	9059	9053	8854	8261	7714	7027	6485	6333	6785
Carbón	226.70	174.26	141.97	184.78	246.05	254.21	283.39	305.80	289.82	254.67	306.49	392.28	310.81	299.88	303.73	287.69	254.17	308.24	279.58	230.46	192.29
hidrocarburos	8542.82	8640.16	8773.10	9424.24	9510.19	9613.22	9520.15	9165.21	8902.62	8551.41	8304.88	8152.10	8035.66	7994.30	7782.96	7203.85	6694.85	5940.60	5374.18	5315.16	5703.46
Petróleo crudo	6619.79	6811.69	6991.48	7608.65	7763.14	7573.78	7304.40	6923.38	6520.85	6075.31	6008.65	5933.53	5918.86	5814.63	5597.20	5067.69	4826.85	4354.89	4045.95	3788.64	3820.93
Condensados	138.11	144.91	128.41	131.48	153.09	183.67	141.13	107.20	91.45	86.08	92.51	100.38	87.69	134.07	106.31	98.83	88.31	67.28	48.90	60.49	140.98
Gas natural	1784.92	1683.57	1653.21	1684.11	1593.96	1855.76	2074.63	2134.62	2290.33	2390.03	2203.72	2118.19	2029.13	2045.61	2079.45	2037.32	1779.68	1518.43	1279.33	1466.04	1741.56
Nucleoenergía	90.33	96.70	106.97	114.87	100.63	117.88	119.42	114.49	106.64	112.75	63.94	106.39	91.32	122.60	100.60	120.41	109.95	113.22	156.00	124.82	125.62
Renovables	607.34	571.78	550.70	574.45	603.21	639.35	626.88	633.34	667.30	606.12	642.94	641.84	621.58	636.08	666.97	649.09	655.16	665.16	675.08	662.37	763.32
Hidroenergía	119.07	102.37	89.50	71.47	90.64	99.75	109.61	98.42	141.21	141.21	133.77	130.57	114.88	100.88	140.01	111.21	110.51	114.65	116.95	84.99	96.97
Geotermia	112.45	106.08	102.86	142.32	149.01	165.36	151.45	168.74	159.86	152.69	149.94	149.30	133.13	131.32	129.88	134.53	132.59	127.43	113.18	112.88	112.21
Energía solar	1.82	2.18	2.43	2.79	3.10	2.16	2.35	2.83	3.33	4.10	4.56	5.80	6.64	7.60	8.73	10.15	11.09	15.16	23.98	40.32	50.75
Energía eólica	0.0017	0.0017	0.0005	0.0180	0.0216	0.0180	0.0162	0.8928	0.9180	2.15	4.46	5.93	13.28	15.06	23.13	31.48	37.36	38.23	47.12	60.22	70.93
Índice de Herfindahl (H)	5257	5484	5640	5735	5752	5400	5194	5042	4824	4711	4734	4622	4788	4654	4567	4392	4467	4336	4314	4139	3853
Valor normalizado	0.53	0.50	0.48	0.47	0.51	0.53	0.55	0.58	0.59	0.59	0.60	0.58	0.59	0.60	0.62	0.61	0.63	0.63	0.65	0.65	0.68

Fuente: SENER y cálculos propios.

4) Diversidad de generación de electricidad.

(Megawatts-hora)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	N/D*	N/D	200362388	202595551	207018878	217158778	223563512	230926639	234096293	233471638	241490895	257883546	260497832	257860107	258255774	261066828	263152828	257416682	258684793	250394572	224573500
Termoeléctrica	N/D	N/D	130318452	135513970	140367069	138783568	143855837	154335728	153417459	160235866	160025506	171580248	178890729	179091286	168731530	177148878	180732357	177792629	177839949	186563625	167756154
Dual, ^{Ver nota 1}	N/D	N/D	13879465	13858650	7915280	14275114	13875192	13375027	6883311	12288066	15577758	15395879	16233964	15583718	16166990	3475167	0	0	0	0	0
Carboeléctrica	N/D	N/D	16151911	16681199	17883260	18380282	17931203	18100710	17789140	16886210	16485076	18158431	17724103	16044400	17445927	30124021	34220085	30751593	29345046	23333223	13472065
Geotermioeléctrica	N/D	N/D	5397616	6281658	6578085	7298519	6685387	7403854	7055760	6739666	6618460	6506614	5816642	6069717	5999651	6291154	6032801	5924537	5248378	5244908	4718228
Nucleoeléctrica	N/D	N/D	9746621	10501508	9193935	10804906	10866241	10420725	9803976	10501079	5879241	10089195	8769599	11799870	9677208	11577138	10567174	10882262	13554877	11189830	11177935
Edicia	N/D	N/D	6667	5374	6147	4999	44803	248432	254613	249247	166392	357283	1744144	1813890	2077000	2386946	2461542	1976434	7141743	1916029	1900048
Hidroeléctrica	N/D	N/D	24861656	19753192	25076382	27611390	30304849	27042152	38889203	26444964	36738462	35795896	31516574	27444133	38144774	30050768	29118396	30077738	30544539	22237001	25539849
Fotovoltaica	N/D	N/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2076	13094	12894	12757	12353	10888	10261	9956	9222
Índice de Herfindahl (H)	N/D	N/D	4528	4720	4863	4397	4460	4729	4664	4954	4724	4726	4962	5039	4592	4898	5031	5073	5027	5741	5775
Valor normalizado	N/D	N/D	0.63	0.60	0.59	0.64	0.63	0.60	0.61	0.58	0.60	0.60	0.58	0.57	0.62	0.58	0.57	0.56	0.57	0.49	0.48

* N/D información no disponible Nota 1. De 2016 a 2020 SENER reporta 0 en este rubro

Fuente: SENER y cálculos propios.

5) Duración de recursos fósiles.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producción anual de petróleo (miles de barriles por día)	3012	3127	3177	3371	3383	3333	3256	3076	2792	2601	2577	2553	2548	2522	2429	2267	2154	1948	1833	1701	1705
Producción anual de petróleo (millones de barriles anuales)	1099	1141	1160	1230	1235	1217	1188	1123	1019	950	941	932	930	921	887	827	786	711	669	621	622
Reservas de crudo, totales (en millones de barriles). ^{Ver nota 2}	41495	39918	38286	36266	34390	33312	33093	31909	31212	30930	30487	30560	30613	30817	29328	25825	21354	16882	15738	15292	13518
Reservas/producción anual	38	35	33	29	28	27	28	28	31	33	33	33	33	33	33	31	27	24	24	25	22
Normalizado (1 equivale al más alto)	0.97	0.90	0.85	0.76	0.72	0.71	0.72	0.73	0.79	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.85	0.81	0.70	0.61	0.61	0.61	0.64

Nota 2. Reservas incorporadas en el transcurso del año, certificadas al 1 de enero del año siguiente.

Fuente: SENER y cálculos propios.

B) Dimensión: equidad energética

6) Cobertura eléctrica.

	2000	2001	2002	2003	200
--	------	------	------	------	-----

7) Acceso a energía limpia para cocinar.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Acceso a tecnologías y combustibles limpios para cocinar (% de la población)	82.4	83.1	84.1	84.6	84.9	85.3	85.3	85.4	85.4	85.2	85	84.85	84.6	84.6	84.6	84.6	84.8	84.8	84.8	84.9	84.9
Acceso a energía limpia para cocinar (valor normalizado)	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

8) Consumo de energía eléctrica per cápita.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Consumo de energía eléctrica per cápita (kWh/hab.)	1800	1834	1844	2001	1927	1996	2021	2048	2047	1995	2019	2217	2254	2144	2157	2171	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Consumo de energía eléctrica per cápita (kWh/hab.) en la Unión Europea	5780	5917	5996	6127	6242	6295	6381	6406	6409	6083	6350	6248	6248	6161	6022	5883	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Valor normalizado, ^{Nota 3}	0.31	0.31	0.31	0.33	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32	0.33	0.32	0.35	0.36	0.35	0.36	0.37	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

Nota 3. Se normalizó tomando como referencia el consumo en la Unión Europea

Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

C) Dimensión: sostenibilidad ambiental

9) Aprovechamiento de fuentes de energía renovables.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Consumo nacional de energía (PJ)	6679	6574	6824	7048	7347	7957	8056	8092	8338	8315	8271	8638	8815	8988	8651	8539	9140	9250	9237	8811	7827
Consumo de energías renovables (% del total del consumo de energía final)	12.17	11.34	10.68	10.17	10.21	10.31	9.82	9.46	9.77	9.17	9.36	9.07	8.97	9.23	9.76	9.39	9.22	9.54	9.63	9.64	6.65
Trayectoria ideal (base 1990, 35% al 2030), ^{Nota 4}	19.56	20.08	20.59	21.11	21.62	22.13	22.65	23.16	23.68	24.19	24.71	25.22	25.74	26.25	26.77	27.28	27.80	28.31	28.83	29.34	29.86
Fuentes de energía renovable normalizada	0.62	0.57	0.52	0.48	0.47	0.47	0.43	0.41	0.41	0.38	0.38	0.36	0.35	0.35	0.36	0.34	0.33	0.34	0.33	0.33	0.33

Nota 4. Según criterio de la Agenda 2030

Fuente: SENER y cálculos propios.

10) Producción de electricidad con fuentes de energía renovables.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Porcentaje del total de generación de electricidad	19.80	17.11	15.06	12.13	14.45	15.20	15.33	14.09	17.54	12.95	16.60	14.89	13.79	13.30	17.54	15.39	16.50	15.38	15.41	16.10	16.21
Trayectoria ideal, ^{Ver Nota 5}	27.73	28.03	28.33	28.64	28.94	29.24	29.55	29.85	30.15	30.45	30.76	31.06	31.36	31.67	31.97	32.27	32.58	32.88	33.18	33.49	33.79
Normalizada con la trayectoria ideal	0.71	0.61	0.53	0.42	0.50	0.52	0.52	0.47	0.58	0.43	0.54	0.48	0.44	0.42	0.55	0.48	0.49	0.48	0.49	0.48	0.48

Nota 5. Tomando como base el año 1990 y el valor esperado del 35% al 2024 según Acuerdo de París 2015.

Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

11) Productividad energética.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Intensidad energética de energía primaria: energía/PIB de ref 2011 (MJ/US\$)	4.11	4.28	4.30	4.49	4.35	4.51	4.40	4.24	4.13	4.34	4.01	4.05	4.07	4.02	3.85	3.30	3.21	3.07	3.09	3.06	3.08
Productividad energética, ^{Ver Nota 6}	0.24	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.24	0.24	0.23	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.30	0.31	0.33	0.32	0.33	0.33
Valor normalizado, ^{Ver Nota 7}	0.59	0.56	0.56	0.54	0.55	0.53	0.55	0.57	0.58	0.55	0.60	0.59	0.59	0.60	0.63	0.73	0.75	0.79	0.78	0.79	0.79

Nota 6. Se consideró la productividad energética (inverso de la intensidad) para que 1 indique lo más sostenible.

Nota 7. Se utilizó el criterio de la OLADE, que considera que el doble de la productividad energética en 1990 (año base) equivale a 1.

Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

12) Emisión de gases efecto invernadero.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Emisiones totales de gases efecto invernadero (kt de CO2 equiv.)	531670	529010	534200	556090	563270	586270	609010	630890	660920	645320	650160	664660	659240	652690	645940	670100	682910	678120	679880	679251	679894
Referencia, ^{Ver Nota 8}	371300	369139	366978	364817	362656	360495	358334	356173	354012	351851	349690	347529	345368	343207	341046	338885	336724	334563	332402	330241	328080
Valor normalizado considerando el valor de referencia	0.70	0.70	0.69	0.66	0.64	0.61	0.59	0.56	0.54	0.55	0.54	0.52	0.52	0.52	0.53	0.53	0.51	0.49	0.49	0.49	0.50

Nota 8. Año base 1990, considerando una reducción del 22% al 2030 según el Acuerdo de París, 2015.

Fuente: Banco Mundial y cálculos propios

Anexo 2. Artículo publicado: "Sustainability of the Energy Sector in Mexico from 2000 to 2020".

Gómez Leal, R., & Rodríguez Padilla, V. (2023). Sustainability of the Energy Sector in Mexico from 2000 to 2020. *Modern Economy*, 14, 250-272.
DOI:[10.4236/me.2023.143015](https://doi.org/10.4236/me.2023.143015)

Sustainability of the Energy Sector in Mexico from 2000 to 2020

Rigel Gámez Leal, Víctor Rodríguez Padilla

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, Mexico

Email: ing_galeri@yahoo.com.mx

How to cite this paper: Gámez Leal, R., & Rodríguez Padilla, V. (2023). Sustainability of the Energy Sector in Mexico from 2000 to 2020. *Modern Economy*, 14, 250-272. <https://doi.org/10.4236me.2023.143015>

Received: February 7, 2023

Accepted: March 17, 2023

Published: March 20, 2023

Copyright © 2023 by author(s) and Scientific Research Publishing Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Mexican government has sought a balance, through various public policies, regarding economic growth and social welfare and having a minimum impact on the environment. The objective of this article is to evaluate whether the energy supply in Mexico has become more sustainable between 2000 and 2020, a fundamental premise for any energy system. The analysis is based on a methodological combination of those approaches adopted by the Latin American Energy Organization and those by the World Energy Council, which are international institutions of great prestige in the Energy field. Even though results obtained by several authors show advances and setbacks, the overall result has been a notorious setback in terms of sustainability. These results were compared with those published by the World Energy Council and some notable differences were observed. Analyzed authors conclude that more accurate, effective and sustained public policies are required in the long term to make the energy supply increasingly sustainable in Mexico.

Keywords

Energy Sustainability, Energy Security, Energy Affordability, Energy Transition

1. Introduction

For more than two hundred years, humanity's progress has been based on the use of fossil fuels. Coal, oil and natural gas have been used to produce goods and services to improve the living conditions of the population. The advantages associated with these non-renewable resources surpassed their disadvantages until the negative consequences could no longer be overlooked. Its excessive use has damaged ecosystems and endangered the entire planet. Waste from fossil energy from both ends: production and consumption has become the main cause of glob-

al warming and climate change (IPCC, 2018).

Increase in environmental risks, concerns about planetary degradation and aspiration for a balanced development have led the international community to initiate an energy transition with three main pillars: first, the accelerated use of clean energy; second, the replacement of oil and coal by natural gas; and third, a shift towards more rational and efficient energy consumption (García, 2019). It is a collective effort where each country chooses the extent and speed of the transition according to its available resources, capital and technology, but also depending on other priorities set by its national development agenda and international commitments.

In 2015, the General Assembly of the United Nations Organization (Naciones Unidas, 2015) adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development, which includes 17 goals, one of which is to guarantee affordable, secure, sustainable and modern energy for all. It is an enormous challenge, not only because of resources and capacities that need to be mobilized, but also because of arbitrations required to solve conflicts between competing desired objectives for energy supply.

For the World Energy Council (WEC), an energy transition will depend on the coherence and effectiveness of public policies aimed at obtaining sustainable energy (World Energy Council, 2018). The challenge is to balance and improve the performance of these policies in three fundamental dimensions: energy security, energy equity and environmental care in a context of economic growth. This Council has developed a methodology to assess national energy systems' performances and rank them based on their achievements. The most recent report (World Energy Council, 2022) retrospectively analyzes 127 countries with help from 31 indicators grouped into eleven categories and four dimensions, all of them synthesized in an index called the "Energy Trilemma".

The "Energy Trilemma" is an annual assessment that evaluates each country's success in solving the triple challenge of finding solutions for a secure, affordable, and environment-friendly energy. This allows, through an energy sustainability index, to have a global and comprehensive classification for each country's energy policies and it also shows whether success has been achieved or improvement is needed for each case. Based on the above, a list is prepared that concentrates on evolution in such a trilemma and shows the comparative position for each country with a balance that is condensed into three letters (AAD, for example). Such an index indicates how each country is doing, being the letter A in the best position, while D represents the lowest grade. Thus, the better balanced a country is, the greater the area covered by a triangle conformed by the three dimensions of energy: sustainable energy security, energy equity and environmental sustainability each of the three represented by a letter.

Although this methodology makes it possible to compare different performances for different countries, it does not consider individual situations for each one. For example, territorial extension, number of inhabitants, energy resources available for each one and economic resources that can accelerate or delay energy transition,

among other factors are not considered.

The methodology proposed by the World Energy Council allows comparison among countries and provides information on challenges and opportunities for each country in the context of the global energy transition. However, this methodology is not without drawbacks. Taking a closer look at the performance of ten countries using principal component analysis (Asbahi et al., 2019), concluding the results are different from those obtained by the WEC. This result is not surprising because using the same rule to measure nations differently in size, geography, natural resources, wealth and history dilutes inherent details in each case. From the moment that specific information for each country is excluded, results may show supposed improvements that are far from the local reality, as it is the case for Mexico, which is discussed in this article.

The WEC concludes that Mexico has had a continuous improvement in energy security between 2011 and 2020, an assessment that is contrary to the perception of numerous analysts (Vargas, 2014; Oswald, 2017; Rodríguez, 2018; Sánchez, 2019) and even to the Mexican government itself, SENER (2020) who highlights a growing deterioration due to the rapid and unstoppable decline of both reserves and production of hydrocarbons, as well as unrestricted importation of natural gas and oil products that have transformed Mexico into a net importer of energy since 2014. On the energy equity side, the WEC reports stability in recent decades, without notable advances or setbacks, which does not reflect the elimination of subsidies and a substantial increase in the domestic price of fuels since 2008 and its impact on the household's economy. It also concludes that environmental sustainability tends to grow, which goes against a continuous increase in Mexican emissions of greenhouse gases. This gap between the results of the WEC and reality is explained because a number and variety of selected indicators have omitted or faded local phenomena of particular importance.

Mexico is a country with multiple economic and social problems, so it is important to find a way, in the short or medium term, to satisfy the basic needs of its population without compromising those of future generations. That is, to have a sustainable energy system with a balance between the environmental, social and economic dimensions.

The case of Mexico is interesting since, due to its geographical position and the hydrological, meteorological and topographic conditions of its territory, it has one of the largest renewable energy potentials worldwide. However, in contrast, it has a notable social inequality in addition to a very marked dependence on fossil fuels. This makes it urgent to achieve an energy transition that allows achieving an environmentally sustainable, low-carbon and socially inclusive energy system.

Mexican current administration has been carrying out actions in the energy sector that diverge from those of previous governments. This government is promoting an energy system based on a nationalist approach, strengthening public companies but setting aside the participation of private companies. However, re-

regardless of the way to achieve it regarding public or private involvement, the real focus should be to move in the shortest possible time toward a more sustainable energy model.

The main objective of this article is to assess whether the energy supply in Mexico is really becoming more sustainable as indicated by the WEC analysis. With this intention, the essay is divided into four parts: the first discusses what is meant by energy sustainability; in the second, a set of indicators are selected, quantified and synthesized which, in our opinion, better reflect the Mexican reality in the period from 2000 to 2020; in the third part, results obtained are discussed, and in the fourth and last part, an analysis is made regarding what has happened in recent years.

2. Literature Review

2.1. What Is Meant by Energy Sustainability?

Numerous definitions have been proposed in the literature to characterize what is known as sustainable development (Brundtland, 1987; Bossel, 1999; Karlen, 2008; Iddrisu & Bhattacharyya, 2015). Such quantity and variety of statements are typical of a diffuse concept in essence and scope. Then, it is not surprising that the estimation of progress of countries in this direction is the source of conflicting and debatable opinions (Salgado & Altomonte, 2002; Ibarrarán et al., 2009; Molina et al., 2009; Tsai, 2010).

Starting with the general problem of sustainable development, literature has focused its attention on the meaning of the concept according to different branches of the economy. For Fotourehchi (2017), the sustainability of development depends on the direct and indirect feedback effects between economic growth, social welfare and environmental degradation. For their part, O'Callaghan and Bryant (2012) consider it necessary to adopt the green economy approach to achieve this development. For Kemmler and Spreng (2007), an economic development that leaves aside the environmental and social aspects, it is far from being sustainable, hence the importance of giving equal weight to the economic, social and environmental aspects in order to arrive at a pragmatic notion of sustainability. For the Latin American Energy Organization¹ (OLADE, 2017), sustainable development implies an improvement in the quality of life in an economically, socially and environmentally sustained manner over time on the basis of a solid institutional structure.

Development refers to human progress. It is a process that expands the range of options and opportunities for food and health, education and culture, income and employment, encompassing the full spectrum of human needs, from a healthy physical environment to economic and political freedoms. To facilitate study and analysis, the literature regularly groups human needs and aspirations into three dimensions: economic, social, and environmental. However, as there is no sus-

¹Organization of cooperation, coordination and technical advice with the fundamental objective of promoting the integration, conservation, rational use, commercialization and defense of the energy resources of Latin America.

tained progress over time without solid institutional foundations, it has been unavoidable, in more recent studies, to add a fourth dimension that includes these aspects (INEGI, 2000; Bell & Morse, 2008; Song et al., 2017; Bell & Morse, 2018).

For Iddrisu and Bhattacharyya (2015), it is not enough to add a fourth category, hence his proposal is to consider an additional, called “technical”, which is associated with the ability to have a system of energy sources to meet the present and future needs of society in a reliable, efficient and clean way. More specifically (Ibarrarán et al., 2009), define energy sustainability as energy supply at an affordable cost for the population, ensuring service and respecting the environment. For their part, Vera and Langlois (2007) consider that a sustainable energy system is one that provides adequate energy services at affordable costs in a safe and environmentally friendly manner, taking into account social and economic needs. Tsai (2010) points out that the energy system achieves sustainability when it reaches a balance between a low-carbon economy and economic development, considering environmental protection and energy security under the principles of high efficiency, added value, reduced emissions and low energy dependence, especially on fossil fuels.

For Streimikiene and Šivickas (2008), a sustainable energy system promotes energy efficiency and a use of renewable energies through the mitigation of greenhouse gases and atmospheric pollution, also achieving a positive impact on energy security. Another way to analyze the sustainable development of an energy sector is to consider four aspects: strengths, weaknesses, opportunities and threats (Markovska et al., 2009).

The World Energy Council (2020) defines energy sustainability based on a balance between three fundamental aspects: energy security, energy equity and environmental sustainability. For the World Bank (World Bank Group, 2016), a sustainable energy system is one that guarantees access to energy, energy efficiency and use of renewable energies. For their part, Salgado and Altomonte (2002) consider that a sustainable energy system is one that takes into account four aspects: risks, vulnerabilities and restrictions for socio-economic development, inequitable biases in energy supply, inconsistencies in the use of resources and external effects on the environment. The Secretary of Energy in Mexico, points out that the energy sector is sustainable when it manages to promote economic development and improve the social and economic conditions of the population, through the rational use of the country’s energy resources (SENER, 2016).

The abundance of definitions results in a wide variety of proposals to quantitatively estimate energy sustainability. Some authors use dozens of indicators (IAEA, 2005; OIEA, 2008; World Bank Group, 2016); others retain a few: only those that, in their opinion, synthesize the essence of sustainability (OLADE, 1997; Armin Razmjoo et al., 2019, 2020). For their part, Rinne et al. (2013) point out that international enthusiasm for sustainable development has led to multiple classification criteria, although this does not prevent an overlap in the as-

pects analyzed.

Usually studies select indicators based on the three basic areas: economy, society and environment (Salgado & Altomonte, 2002; Ibarrarán et al., 2009; Sheinbaum-Pardo et al., 2012; Muniz et al., 2020). In contrast, the World Bank (World Bank Group, 2016) prefers a classification based on access to energy, energy efficiency and the use of renewable energies. In turn, the World Energy Council (2016) highlights, as already mentioned, energy security, energy equity and environmental sustainability. On the other hand, Phillis et al. (2020) underline as main areas the environment, the human system and the energy system.

It is important to emphasize that regardless of the definition adopted, most authors agree that the concept of sustainable development should be oriented towards considering the human being as the central point. In the same way, there is an agreement regarding the improvement of their quality of life being carried out with productive efficiency and considering at all times the preservation of available natural resources (INEGI, 2000). Furthermore, regardless of the preferred classification, it is undeniable that there is a consensus on the need to strike a balance between the different spheres of development.

The groups of indicators also have a practical purpose: to facilitate information's handling and interpretation. For example, the World Bank consolidates 27 indicators into 3 cores (World Bank Group, 2016), the World Energy Council integrates 35 indicators into just 3 principalcores (World Energy Council, 2020), and the International Atomic Energy Agency consolidates 30 indicators into 7 cores (OIEA, 2008) (see Table 1). We can also mention the case of Li and Li (2019) who use 20 indicators but, unlike the cases mentioned above, do not seek to compare several countries or regions, their objective is to evaluate the progress in sustainability of a single nation in a period of 15 years. Iddrisu and Bhattacharyya (2015) choose to integrate all variables into a single general sustainability index, a criterion that is also followed by Schipper et al. (2000), Ibarrarán et al. (2009), Molina et al. (2009), Sheinbaum-Pardo et al. (2012), Bell and Morse (2018), Cirstea et al. (2018), Armin Razmjoo et al. (2019) among others.

2.2. The Mexican Case

What set of indicators are the most appropriate to faithfully reflect the case of the Mexican energy system? From the outset, it is essential to provide a structure, a process and a criterion to build an adequate set. Although there is no single definition of sustainable development (Golusin & Ivanović, 2009), certain aspects can be measured to make the concept operable, so we can say that the indicators facilitate the orientation to follow. Horta (2019) defines an indicator as a quantitative measurement of certain variables or conditions, through which it is possible to understand or explain a particular reality or phenomenon and its evolution over time.

Indicators are useful tools to generate information to support decision making; they allow monitoring available resources, managing processes and their

Table 1. Sustainable indicators for different institutions.

	World Bank
Energy Access	Existence and monitoring of officially approved electrification plan
	Scope of officially approved electrification plan
	Framework for grid electrification
	Framework for minigrids
	Framework for stand-alone systems
	Consumer affordability of electricity
	Utility transparency and monitoring
Energy Efficiency	Utility creditworthiness
	National energy efficiency planning
	Energy efficiency entities
	Information provided to electricity consumers
	Incentives from electricity rate structures
	Mandates & incentives: large consumers
	Mandates & incentives: public sector
	Mandates & incentives: utilities
	Financing mechanisms for energy efficiency
	Minimum energy performance standards
Energy labeling systems	
Renewable Energy	Building energy codes
	Carbon pricing and monitoring
	Legal framework for renewable energy
	Planning for renewable energy expansion
	Incentives & regulatory support for renewable energy
	Attributes of financial and regulatory incentives
Energy Security (30%)	Network connection and access
	Counterparty risk
	Carbon pricing and monitoring
	World Energy Council
	Diversity of primary energy supply
	Energy consumption in relation to GDP growth
Energy Security (30%)	Import dependence
	Diversity of electricity generation
	Energy storage
	Preparedness (human factor)

Continued

Energy Equity (30%)	Access to electricity
	Access to clean cooking
	Quality of electricity supply
	Quality of supply in urban vs. rural areas
	Electricity prices
	Gasoline and diesel prices
	Natural gas prices
Environmental sustainability (30%)	Final energy intensity
	Efficiency of power generation and T&D
	GHG emission trend
	Change in forest area
	CO ₂ intensity
	CO ₂ emission per capita
	CO ₂ from electricity generation
Country Context (10%)	Macroeconomic environment
	Effectiveness of government
	Political stability
	Perception of corruption
	Transparency of policy making
	Rule of law
	Regulatory quality
	Intellectual property protection
	FDI & technology transfer
	Capacity for innovation
	Number of patents issued by residents
	Foreign direct investment net inflows
	Ease of doing business
	Wastewater treatment
Air pollution	
International Atomic Energy	
Equity	Share of households without electricity or commercial energy
	Share of household income spent on fuel and electricity
	Household energy use for each income group and corresponding fuel mix
Health	Accident fatalities per energy produced by fuel chain

Continued

Use and Production patterns	Energy use per capita
	Energy use per unit of GDP
	Efficiency of energy conversion and distribution
	Reserves-to-production ratio
	Resources-to-production ratio
	Industrial energy intensities
	Agricultural energy intensities
	Service/commercial energy intensities
	Household energy intensities
	Transport energy intensities
	Fuel shares in energy and electricity
	Non-carbon energy share in energy and electricity
	Renewable energy share in energy and electricity
End-use energy prices by fuel and by sector	
Security	Net energy import dependency
	Stocks of critical fuels per corresponding fuel consumption
Atmosphere	GHG emissions from energy production and use per capita and per unit of GDP
	Ambient concentrations of air pollutants in urban areas
	Air pollution emissions from energy systems
Water	Contaminant discharges in liquid effluents from energy systems
Land	Soil area where acidification exceeds critical load
	Rate of deforestation attributed to energy use
	Ratio of solid waste generation to units of energy produced
	Ratio of solid waste properly disposed of to total generated solid waste
	Ratio of solid radioactive waste to units of energy produced
	Ratio of solid radioactive waste awaiting disposal to total generated solid radioactive waste

Source: self-made.

impacts. Dahl (2012) points out that in order to achieve sustainability, a set of indicators based on values is necessary to measure and promote the implementation of ethical principles so that they serve as a guide on the path of sustainability.

The number of indicators should be as small as possible but not fewer than

necessary and they should be understandable and compact as well as cover all relevant aspects in the required field of study. The selection process must be participatory to ensure that each indicator contemplates the visions and values of the community or region under analysis.

Bell and Morse (2008) ensure that a good indicator must be simple to facilitate its management, in addition to having sufficient scope to cover environmental, social and economic aspects without overlapping with other indicators. It is also important that it is measurable and sensitive to indicate time lines, trends and changes. For indicators to be useful they must be relevant, based on a methodology, measurable, easy to communicate and access, but also limited in number and structured with a logical consequence (Taylor et al., 2017).

For their part, Armin Razmjoo et al. (2019) ensure that the set of indicators associated with energy sustainability must contain at least 7 in order to identify gaps and weaknesses in public policies that seek to achieve this objective. For Patlitzianas et al. (2008), the indicators must be appropriate for a realistic description, transparent and simple, complete, which means technical and scientific suitability, as well as having international acceptance and being flexible, easy to calculate and being relatable to other models. For (Gunnarsdottir et al., 2020), the indicators have important limitations, among them the ambiguity in the definition of sustainable energy development, the difficulty to reflect national or regional circumstances and the inconsistency of results because they vary according to the methodology used. Regardless of their limitations, the indicators must necessarily meet two essential characteristics: be complete and robust.

On some occasions, when there are no direct indicators or there is a lack of sufficient information, it is feasible to use substitute indicators (Karlen, 2008; Kettner-Marx et al., 2018); for example, greenhouse gas emissions being used to reflect the effects of climate change is a typical case in this area. Kettner-Marx et al. (2018) point out that an important additional difficulty is insufficient information, especially in the social field where there is a great lack of information even in developed countries. For his part, Bossel (1999) explains that indicators are essential to guide policies and decisions at any governmental, social and territorial level. Such indicators should consider the possible implications and should not focus on a single segment of the problem, but on the whole.

Based on the proposals suggested in the reviewed literature, the relevance of the “Energy Trilemma” proposed by the WEC (Gunnarsdottir et al., 2020) and on the specificities of the Mexican energy system, we have selected 12 indicators to analyze Mexico’s progress in terms of energy sustainability during the last 20 years (see Table 2). The scarcity or inconsistency of the available information prevented the construction of complete data series for some important indicators and we were forced to replace them with others.

3. Methodology

The period of analysis goes from 2000 to 2020, during this time, the Mexican

Table 2. Energy sustainability indicators selected for Mexico.

Energy Security	Autarky
	Robustness
	Diversity of internal energy supply
	Diversity of sources in electricity generation
Energy Equity	Duration of fossil resources
	Electrical coverage
	Access to clean technologies and fuels at home
Environmental Sustainability	Consumption of electrical energy per capita
	Use of renewable energy sources
	Electricity production with renewable energy resources
	Energy productivity
	Emission of greenhouse gases

Source: self-made.

energy sector experienced profound transformations in both supply and demand, had a context of market reforms, wide variations in the price of oil and Mexico's commitments to international community regarding climate change. Based on a combination of the methodology from the Latin American Energy Organization and that of the World Energy Council, both prestigious institutions in the field of energy, each indicator was given the same importance since what is sought is to achieve a balance between the 3 dimensions shown in **Table 2**. Additionally, in order to be able to compare these indicators with each other and assess sustainability, they were normalized in a scale of 0 to 1, so that, the higher the value, the greater progress in terms of sustainability and vice versa. This methodology allows, based on this normalized indicators, to elaborate a polygonal graph in which the greater the sustainability, the greater the area and vice versa.

The indicators selected for the analysis for the Mexican case was the following (see **Table 2**):

1) Autarky. This indicator is obtained by dividing imports by energy consumption. It allows to determine a country's situation, whether independence, self-sufficiency or dependence with respect to external energy supply. In general terms, it is desirable that demand is covered with local energy so as not to be at the expense of the volatility of international markets and geopolitical risks. The normalization criterion consists of setting the maximum value when there are no net imports and the minimum when all the energy comes from the international market.

2) Robustness. It is related to the economic strength of the energy system. Conceptually, it has to do with the energy trade balance, oil export revenues, oil's share of tax revenue, investment leverage, and other economic issues. While in the past abundant oil exports were considered an element of strength of the Mex-

ican economy, in terms of sustainability of the energy sector, they are a negative element due to generated imbalances. The selected indicator is the weight of energy exports in Gross Domestic Product (GDP): a low value denotes greater robustness and vice versa.

3) Diversity of the internal energy supply. A diversified energy basket is the best way to ensure continuous and sufficient supply at an affordable price. Having multiple options at hand makes it easier to resolve imbalances between supply and demand. Diversification makes it easier to reduce dependence on fossil fuels and to increase the share of clean energy.

The option selected to estimate diversification is the Herfindahl index (Molina et al., 2009). A high value is associated with a highly concentrated supply and vice versa.

4) Diversity of sources in electricity generation. Electric power is an essential good for the development of productive activities, as well as for the well-being of a society, so it is important to ensure a sufficient and reliable electricity supply that allows growth and economic development of a country. The multiplicity of options available becomes more relevant in the generation of electricity since it cannot be stored in large quantities and must be generated at the time it is needed, hence, the importance of having a wide range of options to meet demand at all times. As in the previous case, the option selected to estimate the degree of diversification was the Herfindahl index.

5) Duration of fossil resources. Producing and holding oil reserves has long been considered the strength of the energy system due to the importance of oil in the economy, especially in transportation. The indicator par excellence for estimating the scope of resources of this type is the reserves/production ratio, which estimates the reserves in years of production, assuming that the rate of extraction remains constant. Due to the characteristics of our country, the criterion Salgado and Altomonte (2002) use was considered adequate. In such, the most desirable is to have a reserve/production ratio of at least 45 years, which would correspond to a value of 1 in normalization.

6) Electrical coverage. The energy equity dimension is characterized by three indicators. The first is electricity coverage, which refers to the number of people who have electricity compared to the total population. The increase in coverage is considered an element of sustainability since the availability of this type of energy substantially improves quality of life. Normalization is direct: the maximum value is reached when the entire population has access to the service.

7) Access to clean technologies and fuels at home. More than half of the population in Mexico lives in poverty. The distance from urban centers and their low economic power prevent this group from accessing clean technologies and fuels for use at home, which is another attribute of a sustainable energy system. This requirement is associated not only with energy equity but also with social justice and solidarity. The use of firewood, charcoal, manure and coal for cooking, heating water and air conditioning spaces leads to premature deaths from pulmonary emphysema and asphyxia, as well as poisoning and other diseases

associated with the inhalation of combustion gases in enclosed places. In this area, the most affected are women and infants; such problem has a gender dimension. The indicator that reflects this situation is the relationship, which allows direct normalization: the maximum is reached when the entire population has access to technology and clean fuels at home.

8) Consumption of electrical energy per capita. Access to electricity is essential for development; it is one of the sustainable development objectives of the 2030 Agenda. Electric power is necessary to meet basic needs for lighting, education, health, drinking water supply, communication and information, among a wide range of services. There is a very marked correlation between residential electricity consumption and social well-being. This indicator is defined as the ratio of electricity consumption in the residential sector divided by the number of inhabitants. What is desirable is that the entire population has an acceptable standard of living thanks to availability and use of electricity in their homes. To normalize this indicator, the level reached by the European Union was taken as a reference, given that it is a group of countries with high economic development and social welfare.

9) Use of renewable energy sources. Reducing the carbon footprint requires a greater share of renewable sources in energy consumption. It is one of the objectives of the 2030 Agenda. It is highly desirable that the replacement of fossil fuels is accelerated, but in practice it will depend on the characteristics of the local energy system, the available means, the resistance and the restrictions of any public policy. In this case, the normalization considers, on the one hand, the level reached by renewable sources in the energy basket in 1990 and, on the other, Mexico's commitment to reach a penetration rate of 35% in 2030 (SEGOB, 2015).

10) Electricity production with renewable energy sources. The greatest potential for diversification is located in the generation of electricity due to the high consumption of energy and the diversity of technology used. This is where wind and solar, geothermal and hydroelectric power have found a niche to expand. The participation of renewable sources in the production of electrical energy is an extremely important indicator. In the Paris Agreement, Mexico committed to generate 35% of its electricity with clean energy in 2024 (SEGOB, 2015). The normalization of this indicator takes into account this goal and the progress achieved in 1990, the year from which there is consistent statistical information.

11) Energy productivity. Energy intensity is a classic indicator in the world of energy that is calculated as the ratio between national energy consumption and GDP. It indicates the amount of energy that a country needs to generate a unit of GDP. Energy intensity is declining as the economy leaves behind heavy industrialization and infrastructure creation while it increasingly relies on low-energy activities. The higher the productivity, the lower the energy intensity and the lower the need for energy to sustain the development process. The indicator is normalized considering the aspirational goal of doubling energy productivity with respect to that achieved in 1990, the base year of the study prepared by the Latin

American Energy Organization (OLADE, 1997), which may allow a historical comparison with the perspective of this international organization.

12) Emission of greenhouse gases. There is a broad consensus among the scientific community in pointing the emission of greenhouse gases of anthropogenic origin as responsible for climate change and global warming. Within emitting industries, the energy sector is the most relevant. The relationship between carbon dioxide (CO₂) emissions and primary energy consumption is used as an indicator in this study and is normalized based on Mexico's commitment at the Paris Summit to reduce greenhouse gas emissions by 22% by 2030 (SEGOB, 2015).

4. Analysis and Discussion of Results

Table 3 shows the normalized quantification of the indicators at the beginning and at the end of the analysis period. The global energy sustainability index has gone from 0.70 in 2000 to 0.61 in 2020, which indicates a clear decrease in the sustainability of this sector by 13% as well as a marked deviation from the sustainability path.

In general terms, the energy supply has lost sustainability (**Figure 1**). Advances in robustness, diversity of internal energy supply, electricity coverage, access to clean technologies and fuels at home, electricity consumption per capita, as well as increased energy productivity, do not compensate for setbacks in terms of self-sufficiency, diversity of sources in the generation of electricity,

Table 3. Normalized values of sustainability indicators for the Mexican energy sector between 2000 and 2020.

		2000	2020
Energy Security	Autarky	0.87	0.54
	Robustness	0.65	0.82
	Diversity of internal energy supply	0.53	0.68
	Diversity of sources in electricity generation	0.67	0.48
	Duration of fossil resources	0.84	0.48
Energy Equity	Electrical coverage	0.98	0.99
	Access to clean technologies and fuels at home	0.82	0.85
	Consumption of electrical energy per capita	0.31	0.38
Environmental Sustainability	Use of renewable energy sources	0.62	0.32
	Electricity production with renewable energy resources	0.71	0.46
	Energy productivity	0.59	0.79
	Emission of greenhouse gases	0.70	0.49
Global Sustainability Index		0.69	0.61

Source: self-made.

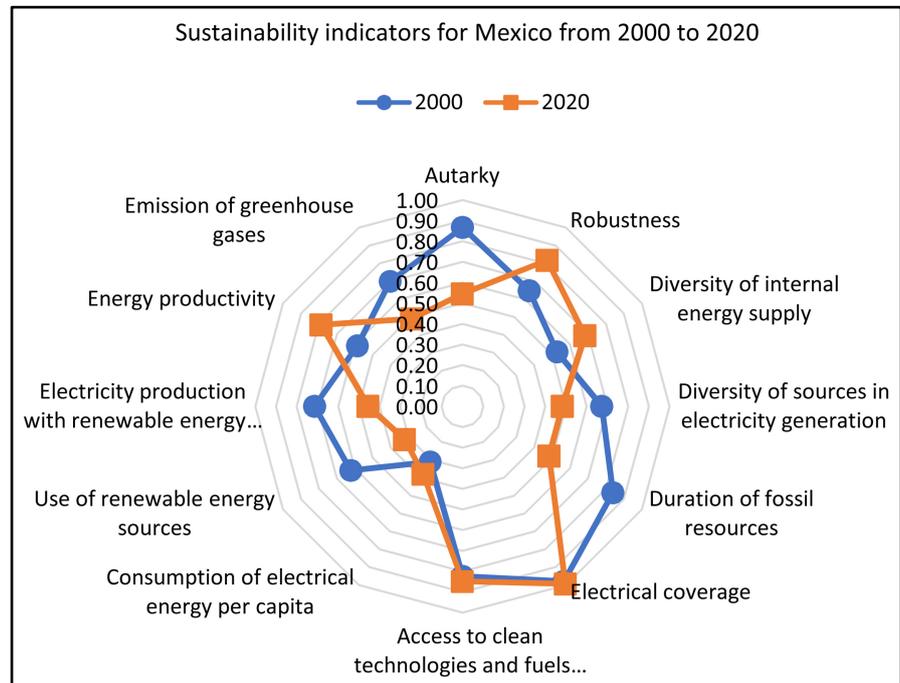


Figure 1. Sustainability indicators for Mexico from 2000 to 2020. Source: self-made.

outreach of fossil resources, use of renewable energy sources, production of electricity with renewable energy sources, as well as emission of greenhouse gases. The net result is declining sustainability (**Figure 2**).

We can observe that the factors that played against sustainability were the following (see **Table 4**).

Energy autonomy was lost. The relative weight of imports in primary energy consumption multiplied by 3.5, going from 13% to 46% between 2000 and 2020. The production of oil products and natural gas was insufficient to cover the increase in demand, hence the import growth. The domestic production of hydrocarbons began to suffer from the maturity of the geological heritage. Investments in exploration and development were insufficient to reverse the decline, and although solely oil production may have been insufficient to produce the oil products that were needed, refining capacity remained stagnant additionally.

- The energy basket for the production of electrical energy became even more concentrated instead of being diversified. The country accentuated its dependence on fossil fuels. The greater use of nuclear, geothermal, solar, wind and other alternative energies was not enough to achieve a better balance between the available options.
- Oil reserves were reduced to almost a third. In 2000, reserves reached 41.495 million barrels of crude oil equivalent, 20 years later they barely reached 13.518 million barrels (**PEMEX, 2019**). In temporary terms, the scope of the reserves was reduced from 38 to 22 years.
- The share of renewable sources in energy supply has regressed instead of progressed. Its relative weight in primary energy consumption went from 12.2%

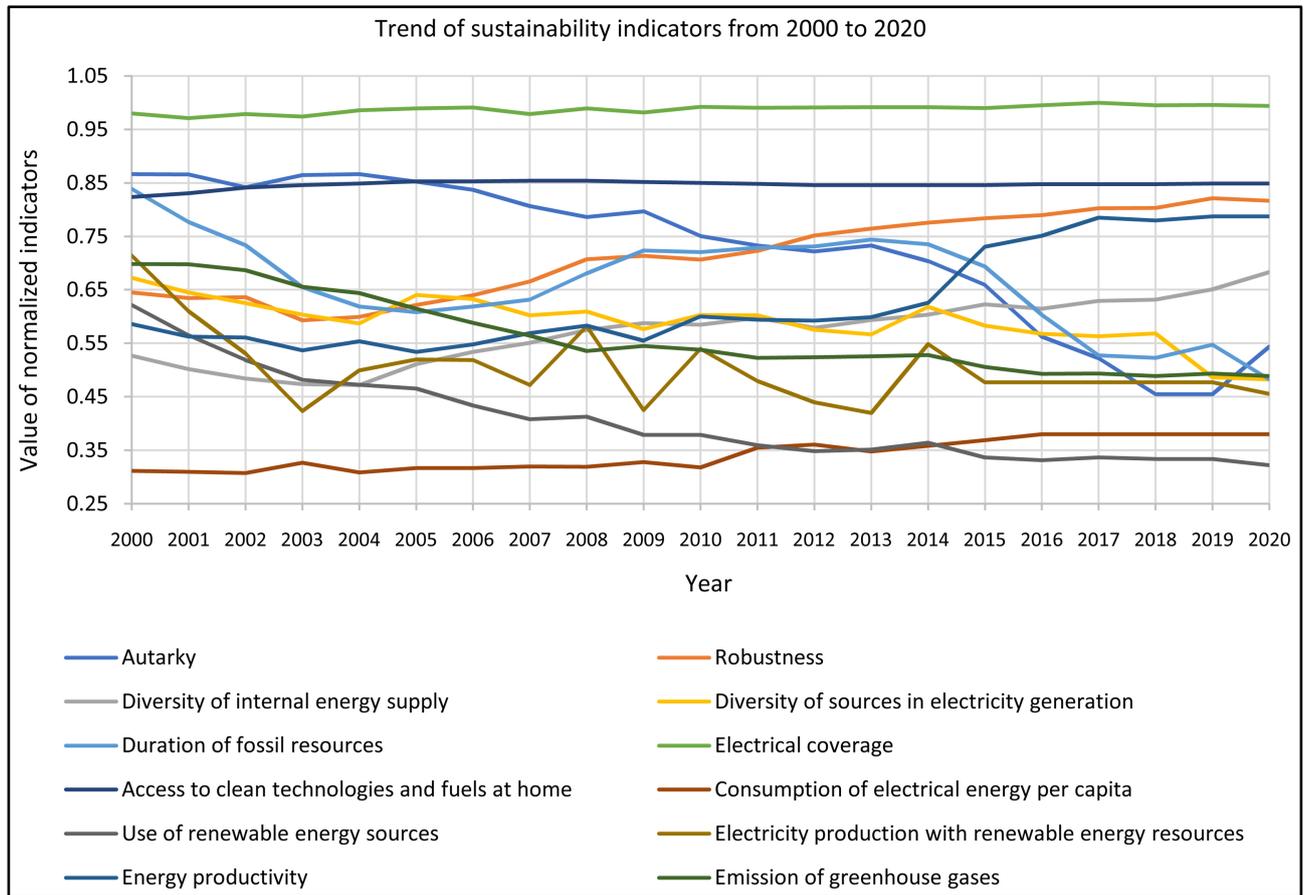


Figure 2. Trend of sustainability indicators for Mexico from 2000 to 2020. Source: self-made.

in 2000 to 9.6% in 2020, which means a decline of 21%. This clear departure from sustainability will make it more difficult for Mexico to reach the goal of 35% use of renewable sources in 2030, an international commitment it has signed.

- Electricity generation accentuated its dependence on fossil fuels. The percentage of generation from renewable energies fell from 19.8% in 2000 to 15.4% in 2020. As electrical energy is a fundamental factor to achieve sustainable development, a growing participation of low-carbon energy was necessary. Petroleum derivatives were replaced by natural gas, another fossil fuel.
- Environmental pollution has increased substantially. Greenhouse gas emissions went from 532 to 680 Mt of CO₂ equivalents during the analyzed period, which means an increase of 28%.

In contrast to the above, the factors that played in favor of sustainability were the following (see **Table 4**):

- Robustness of the energy system improved. Oil exports have assumed a less prominent role and the Mexican economy is no longer putting as much pressure on the energy system to grow as it used to. The relationship between energy exports and GDP was practically divided in half, going from 0.35 to 0.18 barrels of oil equivalent per thousand dollars.

Table 4. Evolution of the energy sustainability indicators of the Mexican energy system from 2000 to 2020.

	2000	2005	2010	2015	2020	
Energy Security	Autarky: import/consumption	0.13	0.15	0.25	0.34	0.46
	Robustness: exports/GDP (BEP/US\$ thousand)	0.35	0.38	0.29	0.22	0.18
	Diversity of internal energy supply. Herfindahl index (H)	5257	5400	4734	4392	3853
	Diversity of sources in electricity generation. Herfindahl index (H)	4113	4397	4724	4898	5775
	Duration of fossil resources: reserves/annual production	37.74	27.38	32.42	31.21	21.72
Energy Equity	Electrical coverage (%)	98.0	98.9	99.2	99.0	99.4
	Access to clean technologies and fuels at home (% of population)	82.4	85.3	85.0	84.6	84.9
	Consumption of electrical energy per capita (kWh/inhabitant)	1800	1996	2019	2171	2184
Environmental Sustainability	Use of renewable energy sources (% of final energy consumption)	12.2	10.3	9.4	9.2	9.6
	Electricity production with renewable energy resources (% of total generation)	19.8	15.2	16.6	15.4	15.4
	Energy intensity which is the reciprocal of energy productivity (MJ/US\$ thousand)	4.11	4.51	4.01	3.30	3.06
	Emission of greenhouse gases (kt de CO ₂ equiv.)	531,670	586,270	650,160	670,100	679,880
Global sustainability index	0.69	0.63	0.63	0.63	0.61	

Source: self-made.

- Electricity coverage went from 98% to 99.4%, which is a notable advance considering that the population without connection to the network is located in remote and mountainous places. At the same time, access to clean technologies and fuels for households increased from 82% to 85%. These were two notable advances in terms of energy equity.
- Per capita consumption of electricity in the residential sector went from 1800 to 2184 kWh per person. This increase reflects a better standard of living for families as they have greater access in their homes to the numerous services that electricity allows for.
- The energy intensity has decreased. The amount of energy needed by the economy to generate a unit of GDP has gone from 4.11 to 3.06 MJ/million dollars. The diversification of the economy towards services or other energy less intensive activities has relaxed the pressure on the energy sector.

Recent Advances and Setbacks

Although the information available did not allow knowing the value of all the indicators for most recent years, it is possible to have an idea of the trend for

sustainability after 2020 to the present. In order to do so, we will broadly analyze the energy policy during that period and its results.

Between 2013 and 2014, a profound market reform was approved designed to meet the growing demand for energy, increase the competitiveness of fuels and electricity, as well as to accelerate the move towards a new model of energy production and consumption (Merchand, 2015). Trade and investment were liberalized and foreign involvement was permitted. By giving greater prominence to the private sector and market mechanisms, it was hoped to attract capital, technology, knowledge and experience, which would come to solve the problems and face related challenges of the energy transition (Montoya et al., 2013).

With the energy reform, bidding rounds for oil areas were opened to reverse the drop in hydrocarbon reserves and production. Subsidized prices were eliminated and imports were encouraged. *Petróleos Mexicanos* (PEMEX) was subjected to asymmetric regulation to limit its market power and facilitate the emergence of a competitive market. In the same logic, a wholesale electricity market with asymmetric regulation was created to dilute the market power of the Federal Electricity Commission (CFE). Measures were taken to increase fuel storage capacity, in addition to establishing new institutional arrangements and strengthening the body of regulators.

In 2015, the Energy Transition Law was approved, a strategy was established to promote the use of cleaner technologies and fuels, special programs were launched in these areas, and the Paris Agreement was signed. A year later, auctions for the purchase of clean electricity began in connection with a market for green certificates.

Some of these measures were suspended when a new government came into office (2018-2024) that was unsympathetic to the market model and was determined to strengthen public companies, but without returning to the state monopoly. The will to stop the advance of the private sector in oil and electricity, to reverse the decline in oil production and to recover self-sufficiency in gasoline, diesel and other refined products, has introduced a waiting period in terms of energy transition and sustainability.

It is true that some of the decisions of the last five years have been aimed at improving competitiveness, security, equity and environmental sustainability, as well as for the robustness and resilience of the energy supply, that is, to improve its sustainability; however, others have been contrary to that primary objective.

On the one hand, the plan to invigorate oil exploitation by granting a large number of licenses and contracts, with a duration of up to 50 years, has favored the continuity of extractivism and the emergence of interests opposed to the abandonment of a fossil fuel paradigm.

On the other hand, the strategy of encouraging competition through imports has weakened energy security. Mexico was energy self-sufficient in 2014, but now external dependence reaches 70% in the case of gasoline, 72% in diesel, 65% in kerosene and 59% in LP gas.

Similarly, the decision to take advantage of the abundance, proximity and low price of US gas has had the same result because it has discouraged search and extraction of natural gas in Mexico: the most widely used energy source in the country, the one that is most used in the generation of electricity, the one that is imported the most with respect to consumption and the one that is most exposed to geopolitical risks. External dependence on natural gas exceeds 90% because the declining production is consumed almost entirely in the oil industry's own processes. Mexico has managed to raise the competitiveness of Mexican electricity and manufacturing, without having to assume the environmental impact of "fracking" and the production of unconventional gas. However, it has had to assume the geopolitical risks of massive imports, an example of this was the suspension of gas shipments to Mexico decided by the Texas government in February 2021 to address the supply crisis in that state.

Likewise, the decision to hinder the construction and commissioning of private power plants in order to maintain a generation park that is mostly public for reasons of sovereignty and national security, has slowed down the use of wind and solar energy, both necessary to achieve carbon neutrality. The policy of guaranteeing Mexico's energy security within the framework of energy security in North America, a policy in force between 2000 and 2018 has also not favored the transition because said security is based on the dynamics of fossil fuels.

Although Mexico has a rich portfolio of greenhouse gas mitigation options based on renewable energy and energy efficiency (Islas Samperio et al., 2015), the transition to renewable energy sources is not going far enough. The energy policy has favored fossil fuels and substitutions between them, especially the replacement of petroleum products with natural gas, and even in this area the use of gas is far from optimal, judging by the large amount of waste in production fields.

Russia's war against Ukraine has made energy prices much more expensive worldwide, which has undeniably had an impact on the postponement of certain goals for the benefit of sustainability. Even some developing countries are halting the move towards the use of renewable energy sources and marginally returning to the use of fossil fuels. Mexico is not an exception.

5. Conclusion and Recommendations

In this work, the objective was to analyze the sustainability of the Mexican energy system due to the discrepancies detected between the results of the World Energy Council studies and the Mexican reality. To this end, a set of indicators was used that, in our opinion, more accurately reflects national specificities. With the analysis carried out, it is possible to affirm that the sustainability of the Mexican energy sector has decreased significantly in the last twenty-five years due to the systematic erosion of energy security and the continuous increase in greenhouse gas emissions.

Despite advances in the robustness of the energy system, electricity coverage,

household access to clean technologies and fuels, electricity consumption per inhabitant and energy productivity, there were significant regressions in energy autonomy, the diversity of energy sources used in electricity generation, the extent of fossil resources, the weight of renewable sources in national energy consumption, the emission of greenhouse gases and the emission of CO₂ in electricity generation. As progress has been insufficient to offset setbacks, the net result is less sustainability in the energy supply.

It is also important to point out that the main barriers to the transition towards a sustainable energy system are the lack of articulation of energy and environmental policies, as well as the relevant role of oil revenues in public finances that give perennality to the extraction and consumption of hydrocarbons. The energy policy has focused its attention on the oil sector and has left in the background the use of renewable energy sources, the efficiency of processes and rationality in consumption.

The results obtained lead to the need to establish accurate, effective and sustained energy policy strategies in the long term, regardless of changes in government, in such a way as to make up for lost time and ground. Mexico needs to promote its energy sovereignty, gradually decrease energy dependence on imported gas, and enforce incentives for more efficient use of energy while also maintaining a permanent increase in energy productivity. At the same time, it is important to increase the use of renewable energies, even if this means involving private investment. Finally, it is also necessary to implement strategies for a considerable reduction in greenhouse gas emissions to comply with international agreements combating climate change effects.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

References

- Armin Razmjoo, A., Sumper, A., & Davarpanah, A. (2019). Development of Sustainable Energy Indexes by the Utilization of New Indicators: A Comparative Study. *Energy Reports*, 5, 375-383. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.03.006>
- Armin Razmjoo, A., Sumper, A., & Davarpanah, A. (2020). Energy Sustainability Analysis Based on Sdgs for Developing Countries. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 42, 1041-1056. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1602215>
- Asbahi, A., Gang, F., Iqbal, W., Abass, Q., Mohsin, M., & Iram, R. (2019). Novel Approach of Principal Component Analysis Method to Assess the National Energy Performance via Energy Trilemma Index. *Energy Reports*, 5, 704-713. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.06.009>
- Bell, S., & Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable* (2nd ed.). Routledge.
- Bell, S., & Morse, S. (2018). Sustainability Indicators Past and Present: What Next? *Sustainability*, 10, Article 1688. <https://doi.org/10.3390/su10051688>
- Bossel, H. (1999). *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*

- (Vol. 68). International Institute for Sustainable Development.
- Brundtland, G. H. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común*. Naciones Unidas. Asamblea General.
- Cirstea, S. D., Moldovan-Teslios, C., Cirstea, A., Turcu, A. C., & Darab, C. P. (2018). Evaluating Renewable Energy Sustainability by Composite Index. *Sustainability*, 10, Article 811. <https://doi.org/10.3390/su10030811>
- Dahl, A. L. (2012). Achievements and Gaps in Indicators for Sustainability. *Ecological Indicators*, 17, 14-19. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.032>
- Fotourehchi, Z. (2017). Sustainable Development. *Iranian Economic Review*, 21, 583-601. https://ier.ut.ac.ir/article_62941_2bd2657561ce8d93295b5163c0ea5346.pdf
- García, G. (2019). *La transición energética hacia las tecnologías limpias: Un motor para el desarrollo de México*. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM.
- Golusin, M., & Ivanović, O. M. (2009). Definition, Characteristics and State of the Indicators of Sustainable Development in Countries of Southeastern Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130, 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.11.018>
- Gunnarsdottir, I., Davidsdottir, B., Worrell, E., & Sigurgeirsdottir, S. (2020). Review of Indicators for Sustainable Energy Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, Article ID: 110294. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110294>
- Horta, L. A. (2019). *Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América Latina y el Caribe*. CEPAL, 53, 131 p. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/3763-indicadores-politicas-publicas-materia-eficiencia-energetica-america-latina>
- IAEA (2005). *Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. IAEA.
- Ibarrarán, E., Davidsdottir, B., & Gracida, R. (2009) (2009). Índice de Sustentabilidad Energética: Estimaciones para México. *Principios*, 15, 85-100.
- Iddrisu, I., & Bhattacharyya, S. C. (2015). Sustainable Energy Development Index: A Multi-Dimensional Indicator for Measuring Sustainable Energy Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 513-530. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.032>
- INEGI (2000). *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. http://centro.paot.org.mx/documentos/inegi/indicadores_desarrollo_sustentable.pdf
- IPCC (2018). *Intergovernmental Panel for Climate Change*. Fifth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Islas Samperio, J., Manzini Poli, F., Macías Guzmán, P., & Grande Acosta, G. K. (2015). *Hacia un sistema energético mexicano bajo en carbono*. Instituto de Energías Renovables.
- Karlen, D. L. (2008). Sustainability Indicators: A Scientific Assessment. *Journal of Environmental Quality*, 37, 1663-1673. <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0005br>
- Kemmler, A., & Spreng, D. (2007). Energy Indicators for Tracking Sustainability in Developing Countries. *Energy Policy*, 35, 2466-2480. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.09.006>
- Kettner-Marx, C., Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., & Littig, B. (2018). *Monitoring Sustainable Development Climate and Energy Policy Indicators*. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/61557>
- Li, S., & Li, R. (2019). Evaluating Energy Sustainability Using the Pressure-State-Response and Improved Matter-Element Extension Models: Case Study of China. *Sustainability*, 11, Article 290. <https://doi.org/10.3390/su11010290>
- Markovska, N., Taseska, V., & Pop-Jordanov, J. (2009). SWOT Analyses of the National

- Energy Sector for Sustainable Energy Development. *Energy*, 34, 752-756.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.02.006>
- Merchand, M. (2015). Estado y Reforma Energética en México. *Problemas del Desarrollo*, 46, 117-139. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2015.10.006>
- Molina, J., Martínez, V., & Rudnick, H. (2009). Indicadores de Seguridad Energética: Aplicación al Sector Energético de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.
https://www.academia.edu/8275409/Indicadores_de_Seguridad_Energética_Aplicación_al_Sector_Energético_de_Chile
- Montoya, A., Vargas, R., Barrios, H., Garaicochea, F., & Núñez, G. (2013). *Estrategia urgente en defensa de la Nación. Política energética para que México sea potencia económica en el siglo XXI*. México, DF.
- Muniz, R. N., Stefenon, S. F., Buratto, W. G., Nied, A., Meyer, L. H., Finardi, E. C., Kühl, R. M., de Sá, J. A. S., & da Rocha, B. R. P. (2020). Tools for Measuring Energy Sustainability: A Comparative Review. *Energies*, 13, Article No. 2366.
<https://doi.org/10.3390/en13092366>
- Naciones Unidas (2015). *Asamblea General*. Naciones Unidas.
- O'Callaghan, K., & Bryant, D. (2012). *Rio+20: Defining the Future We Want?* Fasken.
<https://www.fasken.com/en/knowledge/2012/06/corporatesocialresponsibilitybulletin-20120621>
- OIEA (2008). *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: Directrices y metodologías* (193 p.). OIEA.
- OLADE (1997). *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: Enfoques para la política energética*. OLADE.
- OLADE (2017). *Manual de Planificación Energética 2017*. OLADE.
- Oswald, Ú. (2017). Seguridad, disponibilidad y sustentabilidad energética en México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 62, 155-195.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85021256031&doi=10.1016%2FS0185-1918%2817%2930020-X&partnerID=40&md5=c02df12d366c1b7f8c6a9bbd2aaa3e29>
[https://doi.org/10.1016/S0185-1918\(17\)30020-X](https://doi.org/10.1016/S0185-1918(17)30020-X)
- Patlitzianas, K. D., Doukas, H., Kagiannas, A. G., & Psarras, J. (2008). Sustainable Energy Policy Indicators: Review and Recommendations. *Renewable Energy*, 33, 966-973.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.05.003>
- PEMEX (2019). *Anuarios Estadísticos*. Anuarios Estadísticos. PEMEX.
<https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Paginas/AnuarioEstadistico.aspx>
- Phillis, A., Grigoroudis, E., & Kouikoglou, V. S. (2020). Assessing National Energy Sustainability Using Multiple Criteria Decision Analysis. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 28, 18-35.
<https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1780646>
- Rinne, J., Lyytimäki, J., & Kautto, P. (2013). From Sustainability to Well-Being: Lessons Learned From the Use of Sustainable Development Indicators at National and EU Level. *Ecological Indicators*, 35, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.023>
- Rodríguez, P. (2018). Seguridad energética: Análisis y evaluación del caso de México. In *Estudios y Perspectivas—Sede Subregional de la CEPAL en México 179*. Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/44366-seguridad-energetica-analisis-evaluacion-caso-mexico>
- Salgado, R., & Altomonte, H. (2002). *Indicadores de Sustentabilidad 1990-1999*. CEPAL.
- Sánchez, A. (2019). *La seguridad energética en México: Un tema que no se puede seguir*

- postergando*. Nexos. Economía y Sociedad.
<https://economia.nexos.com.mx/la-seguridad-energetica-de-mexico-un-tema-que-no-s-e-puede-seguir-postergando/>
- Schipper, L., Unander, F., Marie-Lilliu, C., & Landwehr, Michael. (2000). The IEA Energy Indicators Effort: Applications on the Road from Kyoto. In *Workshop on Best Practices in Policies and Measures*. International Energy Agency.
- SEGOB (2015). *Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030*.
http://www.senado.gob.mx/comisiones/cambio_climatico/reu/docs/presentacion_290415.pdf
- SENER (2016). *Balance Nacional de Energía 2015*. SENER.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/248570/Balance_Nacional_de_Energia_a_2015_2_.pdf
- SENER (2020). *Balance Nacional de Energía 2019*. SENER.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/618408/20210218_BNE.pdf
- Sheinbaum-Pardo, C., Ruiz-Mendoza, B. J., & Rodríguez-Padilla, V. (2012). Mexican Energy Policy and Sustainability Indicators. *Energy Policy*, 46, 278-283.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.060>
- Song, L., Fu, Y., Zhou, P., & Lai, K. K. (2017). Measuring National Energy Performance via Energy Trilemma Index: A Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis. *Energy Economics*, 66, 313-319. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.07.004>
- Streimikiene, D., & Šivickas, G. (2008). The EU Sustainable Energy Policy Indicators Framework. *Environment International*, 34, 1227-1240.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.04.008>
- Taylor, P. G., Abdalla, K., Quadrelli, R., & Vera, I. (2017). Better Energy Indicators for Sustainable Development. *Nature Energy*, 2, Article No. 17117.
<https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.117>
- Tsai, W.-T. (2010). Energy Sustainability from Analysis of Sustainable Development Indicators: A Case Study in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2131-2138. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.027>
- Vargas, R. (2014). *El papel de México en la integración y seguridad energética de Norteamérica* (87 p.). Centro de Investigaciones sobre América del Norte, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://ru.micisan.unam.mx/handle/123456789/16696>
- Vera, I., & Langlois, L. (2007). Energy Indicators for Sustainable Development. *Energy*, 32, 875-882. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.08.006>
- World Energy Council (2022). *World Energy Trilemma Index 2022*. World Energy Council. <https://www.worldenergy.org/>
- World Bank Group (2016). *Regulatory Indicators for Sustainable Energy*. The World Bank. https://www.academia.edu/32359585/REGULATORY_INDICATORS_FOR_SUSTAINABLE_ENERGY_A_Global_Scorecard_for_Policy_Makers_2016
- World Energy Council (2016). *World Energy Trilemma 2016*. World Energy Council. <http://www.worldenergy.org/publications/2016/world-energy-trilemma-2016-defining-measures-to-accelerate-the-energy-transition/>
- World Energy Council (2018). *World Energy Trilemma Index*. World Energy Council. <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-index-2018>
- World Energy Council. (2020). *World Energy Trilemma Index 2020*. World Energy Council. <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/jpm.2004.7.865>