

# TESIS DOCTORAL

2020



**LA SEGURIDAD ENERGÉTICA DURANTE LA  
TRANSICIÓN A UNA PRODUCCIÓN DE  
ENERGÍA BAJA EN CARBONO: EL CASO DE  
MÉXICO**

**GLORIA ALICIA FUENTES ROLDÁN**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN SEGURIDAD  
INTERNACIONAL**

**DIRECTOR: DOCTOR CARLOS MARTÍ SEMPERE**

# La seguridad energética durante la transición a una producción de energía baja en carbono: El caso de México

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	I
<b>1. LA SEGURIDAD ENERGÉTICA: APROXIMACIONES TEÓRICA Y CONTEXTUAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Concepto de seguridad energética .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Sistemas de energía .....</b>	<b>5</b>
1.2.1. <i>Perspectiva multinivel</i> .....	7
1.2.2. <i>Papel del Estado</i> .....	9
<b>1.3. Vulnerabilidades .....</b>	<b>11</b>
1.3.1. <i>Fuentes de riesgo técnico</i> .....	12
1.3.2. <i>Fuentes de riesgo humano</i> .....	13
1.3.3. <i>Fuentes de riesgo natural</i> .....	16
<b>1.4. Evolución y perspectivas de la energía a nivel mundial .....</b>	<b>17</b>
1.4.1. <i>Factores de la producción de energía baja en carbono</i> .....	20
1.4.2. <i>Otros riesgos geopolíticos</i> .....	35
1.4.3. <i>Otros riesgos</i> .....	40
Conclusiones del capítulo 1 .....	45
<b>2. SISTEMA DE ENERGÍA DE MÉXICO.....</b>	<b>47</b>
<b>2.1. Sistema mexicano de energía.....</b>	<b>48</b>
2.1.1. <i>Gobernanza, infraestructura y mercado</i> .....	48
2.1.2. <i>Empresas productivas del Estado</i> .....	66
2.1.3. <i>Oferta y demanda de energía</i> .....	77
<b>2.2. Evaluación de las vulnerabilidades de la seguridad energética en México.....</b>	<b>92</b>
2.2.1. <i>Fuentes de riesgo humano</i> .....	92
2.2.2. <i>Fuentes de riesgo natural</i> .....	97
2.2.3. <i>Fuentes de riesgo técnico</i> .....	101
<b>2.3. Indicadores de la seguridad energética .....</b>	<b>104</b>
2.3.1. <i>Agotamiento geológico de petróleo y del gas natural</i> .....	104
2.3.2. <i>Producción, logística de los combustibles y almacenamiento</i> .....	107
2.3.3. <i>Dependencia externa</i> .....	113
Conclusiones del capítulo 2 .....	123

<b>3.</b>	<b>POLÍTICAS PÚBLICAS PARA REDUCIR LA INSEGURIDAD ENERGÉTICA EN MÉXICO ....</b>	<b>125</b>
<b>3.1.</b>	<b>Seguridad energética en México .....</b>	<b>126</b>
<b>3.2.</b>	<b>Transición al gas natural .....</b>	<b>136</b>
3.2.1.	<i>Etapa de auge .....</i>	<i>137</i>
3.2.2.	<i>Etapa de declive.....</i>	<i>138</i>
<b>3.3.</b>	<b>Transición baja en carbono.....</b>	<b>144</b>
3.3.1.	<i>Mecanismos de financiamiento.....</i>	<i>145</i>
3.3.2.	<i>Desarrollo y potencial de las energías limpias .....</i>	<i>150</i>
3.3.3.	<i>Tecnología y profesionalización.....</i>	<i>161</i>
<b>3.4.</b>	<b>El peso de Estados Unidos en la seguridad energética de México .....</b>	<b>166</b>
3.4.1.	<i>Geopolítica.....</i>	<i>167</i>
3.4.2.	<i>Integración energética de América del Norte.....</i>	<i>169</i>
3.4.3.	<i>Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) .....</i>	<i>188</i>
<b>3.5.</b>	<b>Sectores vulnerables.....</b>	<b>195</b>
3.5.1.	<i>Consumo energético residencial.....</i>	<i>195</i>
3.5.2.	<i>Movilidad.....</i>	<i>197</i>
3.5.3.	<i>Sector eléctrico .....</i>	<i>198</i>
3.5.4.	<i>Sector agrícola.....</i>	<i>201</i>
Conclusiones del capítulo 3 .....		201
<b>CONCLUSIONES FINALES .....</b>		<b>204</b>
Lista de acrónimos, abreviaturas y siglas.....		225
Referencias Bibliográficas .....		227
Anexo Bibliográfico.....		232

### Índice de figuras

Figura 1. Dimensiones de seguridad energética.....	12
Figura 2. Sistema energético de México.....	48
Figura 3. Instalaciones petroleras de México.....	111
Figura 4. Expansión de la Red de Gasoductos.....	139
Figura 5. Puntos de interconexión de gas natural con Estados Unidos.....	140

### Índice de gráficas

Gráfica 1. Consumo mundial de energía primaria (pexajoules) .....	18
Gráfica 2. Producción vs consumo mundial de energía (Quad Btu).....	19
Gráfica 3. Producción mundial de energía por fuente en 2017.....	19
Gráfica 4. Inversión mundial en energía renovable (mmmd) .....	21
Gráfica 5. Consumo mundial de energía por fuente en 2019.....	22
Gráfica 6. Crecimiento de la capacidad instalada de energía renovable (MW).....	23
Gráfica 7. Oferta-Demanda mundial de energía (petajoules) .....	78
Gráfica 8. Producción de energía primaria por fuente (petajoules) .....	79

Gráfica 9. Crecimiento promedio del consumo de energía.....	80
Gráfica 10. Consumo del sector energético (petajoules) .....	81
Gráfica 11. Producción en los centros de transformación (petajoules).....	82
Gráfica 12. Elaboración de petrolíferos (mbd) .....	83
Gráfica 13. Demanda de petrolíferos (mbd) .....	83
Gráfica 14. Importación de petrolíferos (mbd).....	83
Gráfica 15. Consumo final total de energía por sector .....	84
Gráfica 16. Consumo de energía en transporte .....	84
Gráfica 17. Demanda, producción e importación de gas natural (mmpcd) .....	86
Gráfica 18. Relación importación/consumo de gas natural por sector (mmpcd).....	88
Gráfica 19. Consumo de gas natural por sector en 2019 .....	89
Gráfica 20. Consumo de energía para electricidad en 2018 .....	89
Gráfica 21. Generación bruta de electricidad por tecnología en 2017.....	89
Gráfica 22. Consumo de electricidad por sector tarifario en 2017 .....	89
Gráfica 23. Tomas clandestinas de combustible en México .....	96
Gráfica 24. Producción de petróleo (mbd).....	98
Gráfica 25. Producción de combustibles fósiles (petajoules) .....	99
Gráfica 26. Emisiones de GEI por sector (Gg CO <sub>2e</sub> ).....	103
Gráfica 27. Índice de utilización de la capacidad instalada del SNR (mbd - %).....	108
Gráfica 28. Producción de derivados de petróleo en el SNR (mbd) .....	110
Gráfica 29. Autosuficiencia energética y dependencia externa .....	115
Gráfica 30. Autosuficiencia energética y dependencia externa de gas natural.....	115
Gráfica 31. Autosuficiencia energética por derivado de petróleo.....	116
Gráfica 32. Autosuficiencia energética y dependencia externa de derivados de petróleo .....	116
Gráfica 33. Dependencia externa por derivado de petróleo.....	116
Gráfica 34. Peso relativo de derivados de petróleo en importaciones de energía.....	116
Gráfica 35. Peso relativo de cada petrolífero en las importaciones de energía .....	116
Gráfica 36. Balanza comercial de hidrocarburos y derivados de petróleo (miles de dólares)...	117
Gráfica 37. Vocación exportadora de México .....	119
Gráfica 38. Concentración de exportaciones de petróleo en Estados Unidos.....	120
Gráfica 39. Dependencia de petrolíferos de Estados Unidos .....	120
Gráfica 40. Dependencia de gas natural importado de Estados Unidos .....	120
Gráfica 41. Dependencia de petrolíferos de Estados Unidos .....	121
Gráfica 42. Consumo de gas natural para electricidad por tipo de productor (petajoules).....	138
Gráfica 43. Consumo de energías limpias para la generación de electricidad (petajoules).....	152
Gráfica 44. Generación de electricidad con energías limpias (MWh).....	152
Gráfica 45. Intercambio de petróleo México-Estados Unidos (mbd) .....	173
Gráfica 46. Valor del comercio con Estados Unidos (mmd) .....	176
Gráfica 47. Intercambio de derivados de petróleo (mbd) .....	177
Gráfica 48. Intercambio de gas natural México-Estados Unidos (mmpcd).....	179
Gráfica 49. Importaciones desde Estados Unidos para cubrir el consumo de gas natural en México (mmpcd).....	180
Gráfica 50. Intercambio de electricidad México-Estados Unidos (MWh) .....	182

## Índice de tablas

Tabla 1. Metales y minerales para la producción de energía renovable .....	37
Tabla 2. Infraestructura energética en México.....	56
Tabla 3. Actores en el robo de combustibles en México .....	95
Tabla 4. Agotamiento geológico de petróleo .....	105
Tabla 5. Producción de petróleo por tipo (mbd) .....	105
Tabla 6. Agotamiento geológico de gas natural.....	106
Tabla 7. Recursos prospectivos (mmbpce) .....	106
Tabla 8. Índice de utilización de la capacidad instalada de refinación por refinería (mbd - %).....	109

Tabla 9. Infraestructura de suministro de derivados de petróleo .....	111
Tabla 10. Capacidad operativa y de almacenamiento de las TAR.....	113
Tabla 11. Días de inventarios de seguridad .....	113
Tabla 12. Indicadores de dependencia externa de México .....	114
Tabla 13. Combustibles en la balanza comercial de México (millones de dólares) .....	118
Tabla 14. Desagregado de indicadores de dependencia externa de México .....	122
Tabla 15. Últimas interconexiones de gas con Estados Unidos construidas .....	141
Tabla 16. Ampliación de gasoductos internos en México .....	142
Tabla 17. Presupuesto oficial para la transición energética (millones de pesos mexicanos).....	146
Tabla 18. Presupuesto FOTEASE (millones de pesos mexicanos) .....	147
Tabla 19. Resultados de las tres subastas de energía limpia en México.....	158
Tabla 20. Centros Mexicanos de Innovación en Energía.....	163
Tabla 21. Interconexiones transfronterizas para comercio de energía en América del Norte ...	172
Tabla 22. Demanda mexicana de petrolíferos cubierta por Estados Unidos (mbd).....	178

## **INTRODUCCIÓN**

Para las actividades humanas, una de las industrias más importantes es la energética. En los hogares, los sectores comercial, agrícola, público, industrial y transporte, en todos, la energía es fundamental para su funcionamiento. De ahí la importancia que se le ha otorgado a la seguridad energética a lo largo de la historia.

No hay duda de que con la energía se ha podido gozar de progreso económico y tecnológico, pero este progreso ha requerido de un mayor consumo de energía cuya forma de producción a base de combustibles fósiles ha provocado el aumento acelerado de la temperatura de la Tierra y, en consecuencia, el cambio climático. Para afrontar esta situación, todos los países han iniciado una transición energética con el propósito de disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos por la quema intensiva de petróleo, gas natural y carbón. La transición busca simultáneamente sustituir los combustibles fósiles por fuentes de energías renovables y evitar la ralentización del progreso económico y la exacerbación de vulnerabilidades en materia energética.

En esta etapa de transición energética, la forma en que los países se desenvuelvan definirá no sólo su capacidad de adaptación a las transformaciones ambientales, también su futura posición geoestratégica. Ello depende, sin embargo, de lo expuestos que estén a los cambios que experimentan los combustibles fósiles y de la capacidad de producir energía a través de fuentes renovables. Estas características les permitirán reducir la dependencia de los países y compañías que hoy poseen el conocimiento y desarrollo tecnológico. De lo contrario su vulnerabilidad energética puede aumentar cuando los recursos energéticos son abundantes, pero la tecnología para su aprovechamiento está concentrada sólo en algunos Estados.

Lamentablemente, existen países que no cuentan con las capacidades económicas ni de investigación y desarrollo tecnológicos para impulsar una transición con la rapidez que demandan las circunstancias y corren el riesgo de enfrentar problemas internos en el medio plazo que podrían tener impacto más allá de sus fronteras nacionales. El vacío de energía en algunos países es potencialmente uno de los mayores riesgos durante la transición energética, ya que puede constituir una escalada de los problemas sociales y económicos con impactos en la seguridad de un país, de una región o mundial.

Al igual que todos los países del orbe, México ha iniciado una transición energética en la que la utilización de fuentes renovables se está abriendo paso. Pero la abundancia de petróleo en México ha dificultado mayores cambios. Cuando la caída en la producción petrolera comenzó en 2005 y se extendió por nueve años consecutivos, se comenzó a tener cierta consciencia de que el desplome petrolero podría no ser algo pasajero sino un declive sistémico. La respuesta de las autoridades mexicanas fue una reforma del sector energético en 2013 que expuso el evidente agotamiento de las reservas de combustibles fósiles. Aún así, se mantiene una búsqueda incesante de yacimientos petroleros cuyas repercusiones son el aumento de las emisiones de GEI.

Este dilema plantea una serie de interrogantes para México: ¿qué implicaciones tiene la transición energética baja en carbono? ¿El fracaso de la transición puede constituir una fuente más de problemas económicos y sociales? ¿Cómo podría responder a los desafíos que plantea la transición energética? Estas preguntas conducen a un punto específico de la política energética mexicana: la seguridad energética.

En este sentido, la presente tesis doctoral titulada «La seguridad energética durante la transición a una producción de energía baja en carbono: El caso de México» parte de dos hipótesis relacionadas entre sí:

1. La transición hacia una energía baja en carbono plantea retos considerables para México que de no tomarse las medidas adecuadas se corren severos riesgos económicos y sociales.
2. Una nueva política de seguridad energética será necesaria para lograr una transición exitosa, aunque esta política plantea retos significativos.

Por la complejidad que representa el estudio de la seguridad energética, en esta investigación se utiliza una base conceptual de la seguridad energética y dos fundamentos metodológicos para el análisis de sus vulnerabilidades. En este sentido, la propuesta de definición Jewell et al. (2014) de seguridad energética como «la baja vulnerabilidad de los sistemas de energía» se considera la más flexible para ser aplicada a los sistemas energéticos actuales, facilita la identificación de vulnerabilidades y permite llevarla a casos concretos. La parte metodológica va en línea con la conceptualización de seguridad energética; se utilizaron la perspectiva multinivel y el esquema de las dimensiones de seguridad energética elaborado por Winzer (2012). Toda vez que los sistemas de energía están en el proceso de transición baja en carbono y que ésta debe ser el resultado de cambios simultáneos en todos los niveles, el estudio de la seguridad energética durante la

transición a partir de la perspectiva multinivel resalta las características y las potenciales vulnerabilidades a la seguridad energética durante un cambio en el sistema de energía y contribuye a destacar que en la dinámica del sistema coexisten procesos que se vinculan y refuerzan entre sí. Estas premisas dan pie para la utilización del esquema de las dimensiones de seguridad energética de Winzer, ya que facilita la identificación de vulnerabilidades en casos reales a través de tres tipos de fuentes de riesgos: técnico, humano y natural que, a su vez, permiten definir el origen de los riesgos para considerarlos una amenaza a la seguridad energética.

Para confirmar o negar las hipótesis y con base en el marco conceptual y metodológico, esta investigación se estructura en tres capítulos y uno adicional de conclusiones. En el primer capítulo se exploran los estudios sobre la conceptualización de la seguridad energética y la transformación de los sistemas energéticos durante la transición baja en carbono bajo la perspectiva multinivel; asimismo, con base en el esquema de Winzer se analizan las vulnerabilidades de los sistemas de energía provenientes de fuentes de riesgo técnico, humano y natural, y se incluyen casos reales y actuales para articular la teoría con la realidad; posteriormente, se estudia la evolución y perspectivas de la energía a nivel mundial en la que se consideran los desafíos técnicos, financieros y geopolíticos distintos a los enmarcados por Winzer, así como otros riesgos que podrían afectar aún más el bienestar económico y la estabilidad política y social.

En el segundo capítulo se aborda el caso específico de México. Primero se describen las características del sistema energético mexicano en la que se incluyen su gobernanza, infraestructura, modelo de mercado y la oferta y demanda de energía. Asimismo, con base en el esquema de Winzer se evalúan las vulnerabilidades de la seguridad energética del país; y se concluye con una medida de las vulnerabilidades del sistema energético mexicano causadas por las fuentes de riesgo mencionadas.

El tercer capítulo consiste en un análisis de las políticas públicas para reducir la inseguridad energética en México. Primero se analiza la noción de seguridad energética y las políticas delineadas durante los últimos tres gobiernos mexicanos para alcanzar la seguridad energética; posteriormente, se destacan las transiciones al gas natural y a la energía baja en carbono, seguidas del alineamiento de México con Estados Unidos para garantizar el suministro de combustibles y, finalmente, se abordan los sectores potencialmente vulnerables ante la inseguridad energética.



Para terminar, se presentan conclusiones detalladas sobre la seguridad energética de México, en las que se resaltan los problemas más apremiantes, las medidas tomadas que el aparato gubernamental y los actores privados están tomando para garantizar la seguridad energética, destacando su efectividad; y se presentan temas pendientes de los cuales se desprenden dos escenarios; uno optimista y otro pesimista.

Una advertencia que se hace al lector es que debido a la estrecha interrelación de los elementos que conforman la seguridad energética, éstos se ubican en varias ocasiones en distintos apartados; a pesar de ello, se ha tenido cuidado de abordarlos desde las perspectivas de cada sección de la tesis. Por otra parte, en la medida que la disponibilidad de información estadística lo ha permitido, esta investigación abarca el periodo comprendido entre 1999 y 2019.

## **1. LA SEGURIDAD ENERGÉTICA: APROXIMACIONES TEÓRICA Y CONTEXTUAL**

Los estudios actuales de seguridad energética ya no conciben la interrupción del suministro del petróleo y la geopolítica como sus únicos riesgos; ahora éstos se amplían para considerar posibles interrupciones en el suministro de energía, entre ellos las vulnerabilidades relacionadas con el envejecimiento de la infraestructura, ataques terroristas, el cambio climático y la escasez de recursos energéticos. Asimismo, se considera al suministro de energía como el fin último, pero éste tiene como objetivo el mantenimiento del bienestar económico y a la estabilidad política y social de la nación.

Todos estos elementos representan una gran complejidad para la definición y la evaluación de la seguridad energética. La utilización de un concepto genérico que refleje las preocupaciones actuales y cómo conseguir que esta definición permita identificar los riesgos a la seguridad energética, y que, a su vez, pueda ser aplicado a una realidad concreta constituye un importante reto. No obstante, la definición de Jewell et al. (2014) de seguridad energética como «la baja vulnerabilidad de los sistemas de energía» brinda la opción más certera para explorar las vulnerabilidades de los sistemas energéticos en la etapa de transición hacia un régimen de producción de energía baja en carbono, a la que en adelante se le referirá como «transición energética».

A partir de una identificación de vulnerabilidades es posible definir el origen de riesgos potenciales en la dinámica y cambios que el actual sistema energético internacional está experimentando. Los más importantes están asociados a la penetración de las energías renovables y cómo dicha integración representa no sólo desafíos en términos tecnológicos y financieros, sino también en la forma de interacción entre los países y la posición que éstos desempeñan dentro de la nueva estructura del mercado energético mundial.

La evaluación de vulnerabilidades permite asimismo identificar potenciales fuentes de riesgos derivados de las transformaciones en los sistemas de energía y sus posibles impactos en el bienestar económico y social.

En ese sentido, en el presente capítulo se exploran los estudios sobre la conceptualización de la seguridad energética y cómo ésta responde a los contextos histórico, político y social en un período determinado; a esta exploración le sigue una explicación sobre la transformación de los sistemas energéticos durante la transición. Posteriormente, basándonos en las dimensiones de seguridad energética elaborado por

Winzer (2012) se analizan las vulnerabilidades de los sistemas de energía actuales de tipo técnico, humano y natural; este análisis incluye casos reales para articular la teoría con la realidad. Finalmente, se estudia la evolución y perspectivas de la energía a nivel mundial en la que se consideran cuestiones técnicas y financieras de las nuevas formas de producción de energía; asimismo se distinguen otros riesgos geopolíticos distintos a los enmarcados por Winzer derivado de una nueva estructura internacional; así como los riesgos de exacerbar la pobreza energética y el descontento social que podrían afectar el bienestar económico y la estabilidad política y social durante la transición.

### **1.1. Concepto de seguridad energética**

Actualmente no hay un consenso sobre una definición exacta de seguridad energética ya que tiene connotaciones que dependen del contexto y de los actores que la refieren en circunstancias determinadas. No obstante, la seguridad energética se basa en la idea de que el abastecimiento permanente es crítico para el funcionamiento de una economía y tradicionalmente se le asocia con el suministro seguro de los combustibles fósiles, particularmente del petróleo.

Los períodos de incertidumbre en la disponibilidad de petróleo provocados por las crisis de las décadas de 1970 y 1980 obligaron a los países importadores a incorporar la seguridad energética en la agenda política. Después de la guerra árabe-israelí de Yom Kippur y del embargo petrolero por parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) en 1973 se experimentaron fuertes aumentos en el precio del petróleo y se generó una percepción de incertidumbre respecto a su disponibilidad. En respuesta, los países importadores de petróleo convocaron a la Conferencia de Washington para abordar posibles riesgos en la seguridad del abastecimiento de petróleo, formas de economizar, reparto de petróleo en caso de acentuarse la crisis y cooperación en la investigación, así como la situación en los países menos desarrollados. En Washington surgió la idea de formar un cártel de consumidores de petróleo que se formalizó en 1974 con el establecimiento de la Agencia Internacional de la Energía (AIE). La creación de la Agencia supuso un paso en la coordinación de reservas de emergencia de al menos 90 días sin importaciones de petróleo en caso de que se vieran interrumpidos los suministros. A finales de los años setenta tuvo lugar otra crisis petrolífera que estuvo motivada por la inestabilidad del Medio Oriente. La Revolución blanca del Sha de Irán, la posterior Revolución Iraní y la Guerra entre Irán e Irak contribuyeron a que en 1981 el precio del

petróleo aumentara diez veces más que en 1973, lo que llevó a la crisis económica mundial de esos años.

El contexto de incertidumbre en la disponibilidad de petróleo y los aumentos en los precios del combustible en los años setenta y principios de los ochenta llevó a la AIE (2019a) a definir a la seguridad energética como «la disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía a un precio asequible». El énfasis en el suministro constante y en la asequibilidad de los precios refleja no sólo la justificación del establecimiento de la Agencia sino también que el abastecimiento de energía, concretamente de petróleo, constituía el objetivo de la seguridad energética de los Estados importadores.

En el entorno internacional actual, la amenaza del cambio climático y el agotamiento de los combustibles fósiles están obligando a transformar radicalmente los sistemas energéticos a fin garantizar el suministro a través de fuentes de energía bajas en carbono. Esta realidad global ha acrecentado la importancia y el interés por redefinir la noción de la seguridad energética en los ámbitos político y académico. La ampliación de la seguridad energética hacia la económica, ambiental y social no están incluidas en la definición de la AIE, además pocas veces se establece una relación con otras seguridades sectorizadas, como la seguridad hídrica, la alimentaria, la de salud y otras (Oswald, 2017).

La evidencia científica presentada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC, 2014) destaca la relación directa de la quema a gran escala de los combustibles fósiles con el aumento de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y el incremento de la temperatura en la Tierra, como la principal causa del cambio climático. La incertidumbre respecto a los riesgos de las transformaciones ambientales impulsa una transición energética con bajo contenido de dióxido de carbono que permita simultáneamente la protección ambiental y el desarrollo económico. Sin embargo, esta perspectiva se centra sólo en el cambio climático y en la economía y no en la incertidumbre respecto a la abundancia de productos o fuentes de energía.

Siendo los hidrocarburos recursos finitos existe un reconocimiento generalizado de que la producción llegará a su cenit de extracción y después comenzará a declinar. De acuerdo con Maggio (2012), una evaluación de los escenarios más probables estimó que la producción mundial de petróleo alcanzó su punto máximo en 2015, el gas natural en 2035 y el carbón en 2052.

Por otra parte, la British Petroleum (2017) considera que las reservas probadas de hidrocarburos son suficientes para producir petróleo en los próximos 50.2 años, para gas natural 52.6 años y carbón 134 años, siempre y cuando se mantengan los niveles de producción de 2017. Si bien el tamaño de las reservas probadas de combustibles fósiles hace suponer que la demanda mundial podría cubrirse durante el siglo XXI, su extracción plantea retos económicos y tecnológicos. La British Petroleum (2017), que en principio desestimó la creencia de la escasez del petróleo, reconoció que con los recursos petroleros conocidos y la tecnología actual se podría producir petróleo para satisfacer la demanda mundial hasta 2050.

Tanto en los países que dependen de la importación como para aquellos cuya economía depende de la producción y exportación de hidrocarburos, el agotamiento de los combustibles fósiles conlleva importantes consecuencias para su economía y los servicios vinculados al consumo de estos energéticos. Para asegurar el suministro muchas naciones están implantando políticas con un alto componente tecnológico para suplir a los hidrocarburos por otras fuentes de energía y para mejorar la eficiencia y el ahorro energéticos; otras han iniciado la sobreexplotación de petróleo no convencional con el riesgo de incrementar las emisiones de GEI, pero a la larga se enfrentarán a su agotamiento.

En el área de la investigación, el significado y la perspectiva de la seguridad energética varía de acuerdo de la disciplina desde la cual se aborde, pero en general los diferentes enfoques y prioridades están contribuyendo con el debate sobre cómo está cambiando la seguridad energética y cómo responder a este cambio.

Los análisis actuales sobre seguridad energética ya no conciben al petróleo y la geopolítica como los únicos valores a proteger; éstos se extienden al mantenimiento del bienestar económico y a la estabilidad política y social de un Estado. Ahora los riesgos comprenden las causas de posibles interrupciones en el aprovisionamiento energético, entre ellas vulnerabilidades relacionadas con el envejecimiento de la infraestructura, ataques terroristas, el cambio climático y la escasez de recurso energéticos. Incluso, Cherp y Jewell (2014) añaden los ingresos económicos por exportaciones de recursos energéticos. Esto lleva a ampliar la gama de actores que demandan seguridad energética más allá de los países importadores de petróleo para incluir a los exportadores, incluso actores no estatales, redes de producción global, servicios públicos y consumidores (Turton

y Barreto, 2006; Bauen, 2006; Jansen y Seebregts, 2010; Bollen y Van der Zwaan, 2010; Cohen y Loungani, 2011; Correa-Henao y Yusta-Loyo, 2013; Hoggett, 2014).

La diversidad de enfoques en los estudios sobre seguridad energética, así como la amplia variedad de actores y riesgos que aparecen ha hecho impráctico llegar a un consenso sobre la definición de seguridad energética. Tras un análisis de 36 definiciones de seguridad energética, Winzer (2012) reduce el concepto a “la continuidad del suministro de energía” para evitar superponer objetivos geopolíticos y económicos como lo hace la AIE. Sin embargo, la definición de Winzer infiere la existencia de una cadena de suministro de energía que va desde la extracción, pasando por el transporte, la transformación, la distribución y hasta el uso final. Yergin (2011), por ejemplo, sostiene que el modelo actual de seguridad energética debe ampliarse para incluir la protección de toda la cadena de suministro de energía y la infraestructura. Pero el proceso de abastecimiento implícito en la conceptualización de Winzer y explícito en la de Yergin apunta inevitablemente hacia una extensión geográfica que puede abarcar espacios nacionales, regionales y/o globales.

En todo caso, el reto es utilizar una definición genérica que refleje las preocupaciones actuales y cómo conseguir que ese concepto identifique los riesgos de la seguridad energética, pero también que pueda ser aplicado a una realidad concreta de los regímenes energéticos descarbonizados.

En este sentido y para los fines de esta investigación, la definición de seguridad energética de Jewell et al. (2014) como «la baja vulnerabilidad de los sistemas de energía» es suficientemente flexible como para aplicarse a sistemas de provisión de energía contemporáneos y futuros en diversos contextos, y explorar sus vulnerabilidades (Cherp y Jewell, 2014). Desde esta perspectiva es útil tener presente la continuidad del suministro energético como un fin y el contexto de una transición energética baja en carbono.

## **1.2. Sistemas de energía**

Los sistemas de energía son aquellos que sostienen su suministro. Dependiendo de su escala geográfica, pueden ser nacionales, regionales y/o globales. En términos sectoriales pueden delimitarse en fuentes de energía primaria, tales como los hidrocarburos y las

energías renovables; los portadores de energía, como la electricidad y el hidrógeno<sup>1</sup>; o de combustibles de uso final, como los derivados del petróleo o los biocombustibles.

Las diversas combinaciones de escala geográfica y límite sectorial abren un amplio abanico de sistemas de energía, por ejemplo, el mercado global del petróleo, el comercio de biocombustibles, las interconexiones transfronterizas de gas de América del Norte, el sistema de interconexión eléctrica de Centroamérica y el transporte en México.

Actualmente, los sistemas de energía utilizan tecnologías a gran escala, redes centralizadas de electricidad y gas para la distribución ininterrumpida de los distintos servicios de energía a los consumidores finales, todos ellos, enmarcados en un conjunto de reglas, normas y estándares institucionales.

La complejidad y alcance de los sistemas de energía subrayan la necesidad de comprender los riesgos a los que están expuestos para garantizar el abastecimiento y la infraestructura adecuados en situaciones inciertas. En caso que un riesgo se convierta en un evento real, un sistema de energía debe adaptar todo el proceso de suministro energético a nuevas circunstancias, desde la producción hasta el consumo final para amortiguar su impacto.

Los riesgos que entrañan las transformaciones ambientales y el agotamiento de los combustibles fósiles obligan a transitar hacia sistemas descarbonizados. No obstante, en la medida que se transforman los sistemas energéticos es necesaria la coexistencia de energías renovables y fósiles cuyas diferencias suponen la utilización de distintos portadores de energía y de cadenas de suministro, así como futuros cambios en los patrones comerciales y de dependencia del sistema energético global. En este sentido, la seguridad energética consiste en proteger los sistemas energéticos cuyo fracaso puede interrumpir el funcionamiento y la estabilidad de una sociedad (Jewell et al., 2014).

Para el mantenimiento de la seguridad durante la transición energética baja en carbono, se requiere de sistemas de energía que puedan hacer frente a crisis a corto y largo plazo para garantizar la continuidad de la oferta y la demanda energéticas (Hogget, 2014). Asimismo, un sistema energético debe contar con mecanismos de protección que

<sup>1</sup> El hidrógeno no es una fuente energética por sí mismo, se obtiene a partir de energías primarias, por lo que es considerado un portador de energía o un vector energético (como la electricidad). Las formas de producir hidrógeno son: disociación del agua por electricidad (electrólisis), disociación del agua por calor (termólisis), fermentación y disociación del agua mediante luz (fotólisis) y, los más utilizados, procesos químicos a partir de combustibles fósiles, principalmente gas natural.

incluyan reservas de energía, infraestructura confiable, y rutas comerciales y transporte flexibles, así como ser capaz de recuperarse para utilizar las reservas de energía e infraestructura, rutas comerciales y transporte alternativos para reducir el impacto de un riesgo (Kiryama y Kajikawa, 2014).

Una verdadera transición energética debe ser el resultado de cambios simultáneos en todos los niveles de los sistemas de energía, de ahí la importancia de estudiar la transición energética, como señalan Fouquet y Pearson (2012) desde un enfoque desagregado en sectores y servicios, y hacia una comprensión de las transiciones en múltiples niveles.

### ***1.2.1. Perspectiva multinivel***

Si bien la heterogeneidad de actores, fuentes de energía, tecnología e instituciones involucradas en transiciones pequeñas aumenta el nivel y la complejidad del análisis, es necesario que

la selección de la metodología que se utilizará para medir la seguridad energética debe estar condicionada principalmente por la necesidad de obtener resultados que muestren las características esenciales del sistema observado y que tengan un propósito específico. (Radovanović et al., 2017, p. 2013).

Desde la perspectiva multinivel, el sistema de energía es considerado un régimen socio-técnico en el que el propio sistema y sus vulnerabilidades dependen del contexto y los actores. Asimismo, refleja las características de la infraestructura, mercados, precios y reservas energéticas, así como de las estructuras políticas arraigadas en intereses institucionales, memorias y perspectivas sobre el presente y el futuro. De ahí que el significado de la seguridad energética siempre varía de un lugar a otro y esencialmente depende de las condiciones y prioridades en un período en particular.

El estudio de la seguridad energética durante la transición a partir de la perspectiva multinivel<sup>2</sup> no ofrece soluciones a los problemas de los sistemas de energía, lo que hace resaltar las características y las potenciales vulnerabilidades a la seguridad energética durante un cambio en el sistema de energía. La perspectiva multinivel destaca que en la dinámica general de las transiciones coexisten procesos que se vinculan y refuerzan entre

<sup>2</sup> La perspectiva multinivel es una teoría que conceptualiza los patrones dinámicos generales en las transiciones socio-técnicas. El marco analítico combina conceptos de la economía evolutiva, estudios de ciencia y tecnología, teoría de la estructuración y teoría neoinstitucional. Desde esta perspectiva, las transiciones son vistas como cambios socio-técnicos ya que envuelven alteraciones en la configuración general de los sistemas de energía lo que conlleva tecnología, políticas, mercados, prácticas de consumidores, infraestructura, significado cultural y conocimiento científico.



sí. Es por esta razón que la seguridad energética puede ser afectada por diversos factores y niveles de influencia, y a la inversa, muchos elementos y niveles pueden ser afectados por la seguridad energética. De ahí que sea necesario observar la interrelación entre los distintos factores y niveles que giran entorno a ella.

Una transición energética analizada a niveles múltiples es considerada un proceso no lineal (Geels, 2011) que, aunque esté o no apoyado por una política gubernamental (Andrews-Speed, 2016), resulta de la interacción de desarrollos en tres niveles: el régimen socio-técnico, los nichos y el paisaje socio-técnico.

El régimen socio-técnico es el conjunto de prácticas y normas establecidas para las actividades de los actores, entre ellos los responsables políticos, empresas, usuarios, grupos de intereses especiales y sociedad civil. Las reglas propician acciones concretas en las prácticas locales, y a su vez, crean actores y son un medio y/o el resultado de una acción (Geels, 2012).

Los nichos son los espacios que proporcionan las semillas para el cambio sistémico (Geels, 2011, 2012), entre ellos los laboratorios de investigación y desarrollo, proyectos subsidiados o los nichos de mercados, en donde actores especializados trabajan en innovaciones que podrían sustituir a las utilizadas en el régimen existente. Los nichos cobran impulso si las futuras perspectivas se vuelven más precisas, si la alineación de varios procesos de aprendizaje lleva a consolidar una estructura estable y si las redes sociales se vuelven más grandes, especialmente con la incorporación de actores que puedan agregar legitimidad y recursos económicos (Geels, 2012) para el cambio.

El paisaje socio-técnico es el conjunto de factores exógenos a escala nacional, regional o global (Andrews-Speed, 2016) tales como las tendencias demográficas, ideologías políticas, valores sociales, patrones macroeconómicos (Geels, 2011), crisis económicas, guerras y cambio climático (Sovacool et al., 2016). Toda esta serie de factores que conforman al paisaje socio-técnico ejercen presión sobre régimen sin que el régimen socio-técnico o los nichos puedan influir a corto plazo.

Sin embargo, la transición energética baja en carbono tiene una naturaleza esencialmente política que surge de la «percepción» generalizada de que la energía es un tema de seguridad nacional, ya que los intereses involucrados y los patrones de uso de la energía están profundamente arraigados en las sociedades (Andrews-Speed, 2016). Aunque la percepción es un elemento difícil de cuantificar, si se considera que el

propósito de la seguridad energética es reducir los riesgos de posibles interrupciones de energía, su consumo a niveles nacionales, el agotamiento geológico de los hidrocarburos, la producción y logística de los combustibles, y la dependencia externa pueden ser parte de los indicadores para analizar y medir la seguridad energética de un país, una región o a nivel global. No obstante, la tendencia creciente de la demanda mundial de energía, que es impulsada por el aumento de los índices demográficos y las actividades productivas, ejercen una presión extra en un régimen socio-técnico que lleva a cuestionar, por ejemplo, la posición conservadora de la British Petroleum (2018) respecto a la condición de mantener una producción constante de petróleo a los niveles de 2017 para satisfacer la demanda mundial hasta 2050, ya que la demanda no ha parado de crecer.

La innovación, el cambio climático y la escasez son tres factores importantes que obligan a acelerar la transición energética baja en carbono (Sovacool et al., 2016). La posible escasez de combustibles fósiles es uno de los elementos que impulsan cambios en los nichos para cubrir la demanda de energía. En este sentido, se entra en una especie de círculo virtuoso en el que, por un lado, las innovaciones en los nichos pueden convertirse en el impulso para propiciar las transformaciones en el régimen socio-técnico, y por otro lado, la presión que los cambios en el paisaje ejercen en el régimen pueden llevar a su desestabilización y, ésta, a su vez, a crear ventanas de oportunidad para innovaciones específicas (Geels, 2012).

### ***1.2.2. Papel del Estado***

Una de las críticas a la perspectiva multinivel es que el papel del aparato gubernamental y sus instituciones es equiparable al de cualquier otro actor en un régimen socio-técnico. En principio, se considera que, para reducir las vulnerabilidades de los sistemas de energía durante la transición, es el Estado el que debiera jugar el rol principal para propiciar cambios en el sistema energético en el menor tiempo posible, ya que es el articulador de distintos procesos a través de regulaciones políticas y legales, ayudas y estímulos, y precios. No obstante, los mercados también pueden desempeñar un papel importante cuando el Estado puede coordinar a todos los actores del sistema energético o cuando no existen consensos a nivel político y gubernamental para trazar una ruta con claridad y validez legal.

En los años ochenta y noventa, a la par del neoliberalismo y la retirada del Estado de la actividad económica, comenzó la liberalización del sector energético y con ello el

surgimiento de nuevos actores (empresas generadoras y distribuidoras de energía y de servicios) que pedían seguridad energética. Paralelo a este proceso, comienza la difusión de los hallazgos científicos del IPCC sobre el cambio climático como una amenaza internacional. Pero es hasta los primeros años del siglo XXI cuando la preocupación por la acumulación de los GEI se generalizó socialmente y se incrementó la presión sobre el aparato gubernamental demandando más energía renovable subsidiada y una menor dependencia de los vaivenes del mercado global de los hidrocarburos.

Si bien las características transnacionales de muchos sistemas energéticos contemporáneos han llevado a centrar los esfuerzos de seguridad energética en escalas regionales y/o globales en lugar de nacionales, la seguridad energética corresponde a los Estados nacionales dado que las políticas energéticas se desarrollan e implementan en una escala nacional (Jewell et al., 2014)<sup>3</sup>.

Andrews-Speed (2016) basándose en postulados de varios investigadores señala que en la gestión de la transición energética:

...los gobiernos deben desarrollar una visión a largo plazo o un futuro imaginado de 25 años o más que pueda servir de guía para formular opciones de políticas y establecer objetivos provisionales. Las visiones a largo plazo deberían combinar no sólo objetivos cuantificables específicos, como la diversificación de combustible o el nivel total de emisiones, sino también objetivos cualitativos relacionados con la naturaleza futura de la gobernabilidad del sector energético (p. 3).

Toda vez que la transición gira en torno al cambio tecnológico, una parte fundamental de la seguridad energética es la inversión en investigación y desarrollo tecnológicos para favorecer el ahorro de energía o producir energía baja en carbono (Schelling, 1998; Finon, 1998). El papel de los aparatos gubernamentales es destinar recursos económicos y políticos para favorecer el avance tecnológico para hacer eficiente la producción de energía e impulsar cambios en el comportamiento de todos los actores del régimen socio-técnico. Finon (1998) destaca, además, la necesidad de integrar el componente del cambio climático en las políticas públicas, ya que esto posibilitaría la búsqueda de vías tecnológicas en una etapa temprana y reduciría las transformaciones ambientales. Sin embargo, durante la transición energética que requiere ser impulsada con celeridad es necesario hacer uso de todos los recursos disponibles, esto incluye soluciones de mercado.

<sup>3</sup> Un ejemplo es la Unión Europea cuyo objetivo de descarbonizar al modelo energético hacia 2050 se basa en una estrategia de «Planes Nacionales de Renovables, de Eficiencia Energética, de Evaluación Energética del Territorio, de Energía y Clima» y que constituyen instrumentos de planificación plurianuales que cada Estado miembro está obligado a presentar.

El entorno de competencia y de surgimiento de reguladores independientes que caracteriza a la liberalización global del mercado energético que si bien han mejorado tanto la gobernanza de los monopolios públicos como la innovación y los instrumentos de políticas para el control de las emisiones ambientales (Pollit, 2012), también han significado el incremento de los precios de los servicios energéticos al menos para unos grupos sociales; en consecuencia, los desafíos son que los beneficios económicos de la liberalización no superen los beneficios ambientales y que los costos de una política climática durante la transición energética no se trasladen a los consumidores finales, especialmente a los más desfavorecidos, ya que esto supone un riesgo para el mantenimiento del bienestar económico y la estabilidad política y social.

### **1.3. Vulnerabilidades**

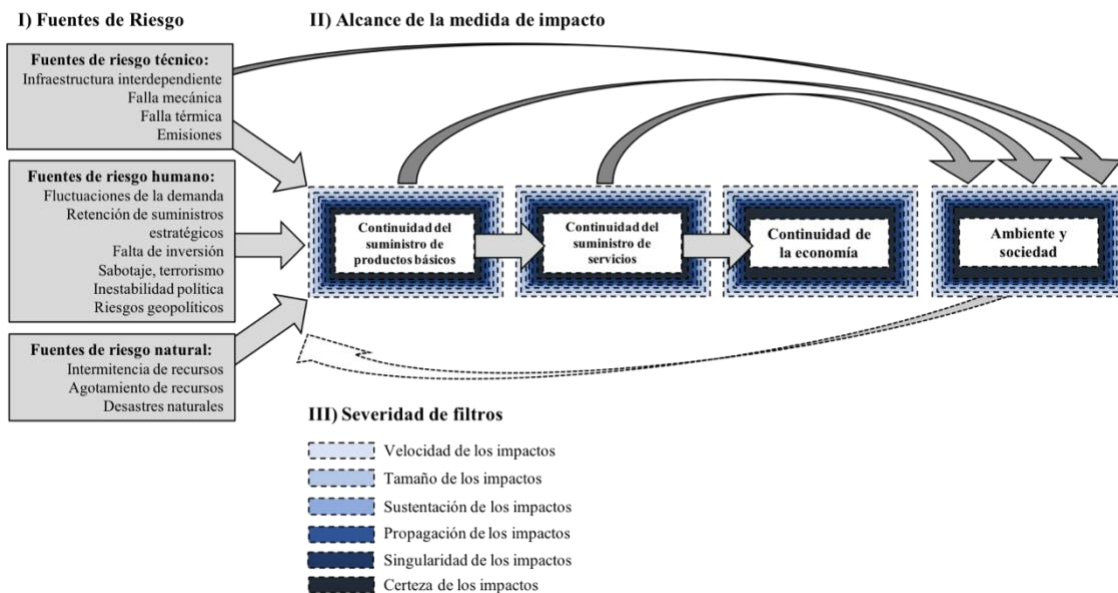
Las vulnerabilidades de un sistema energético son una mezcla de los riesgos a los que están expuestos y la capacidad para responder a los mismos (Jewell et al., 2014). Si bien las vulnerabilidades dependen de las características de cada régimen socio-técnico, de las prioridades de un país o región y de los actores en un contexto determinado, puede utilizarse un marco de análisis genérico que retome las preocupaciones sobre seguridad energética actuales y utilizarse para explicar distintos sistemas de energía.

Para facilitar la identificación de vulnerabilidades, Winzer (2012) rescata una variedad de filtros que facilitan definir el origen de los riesgos y considerarlos una amenaza a la seguridad energética, así como para determinar su gravedad. Las tres categorías de filtros de origen de los riesgos son: 1) fuentes de riesgo técnico, 2) fuentes de riesgo humano y 3) fuentes de riesgo naturales. Los filtros también permiten distinguir si la amenaza aumenta con la velocidad, su tamaño, duración, expansión, disminución de una particularidad y la certeza de los impactos (Figura 1).

Una de las ventajas del trabajo de Winzer es que los distintos filtros permiten analizar potenciales amenazas a la seguridad energética desde una perspectiva multinivel que facilita observar las relaciones entre cada filtro. La combinación de las distintas fuentes de riesgos y los filtros permiten visualizar posibles formas en la que un riesgo podría llevar a interrupciones en los suministros de energía y de servicios, y convertirse incluso en quiebras económicas; cualquiera de ellas puede presentarse como choques repentinos originados por diferentes causas, por ejemplo, un evento externo al sistema que provoque errores en los componentes, un mal funcionamiento técnico, accidentes o desastres

naturales; o bien crisis que se experimentan lentamente, como el agotamiento de los energéticos fósiles, de tal suerte que causen una tensión sobre el sistema energético cuya duración y expansión depende de la capacidad de respuesta de cada sistema de energía.

Figura 1. Dimensiones de seguridad energética



Elaboración propia con base en WINZER, C. (2012, 36-48).

### 1.3.1. Fuentes de riesgo técnico

Las fuentes de riesgo técnico se originan por errores en la infraestructura. Entre ellas se contemplan los fallos en las líneas de transmisión, las centrales eléctricas y los transformadores que a su vez son causadas por una avería en infraestructuras interdependientes como redes de comunicación, por un desperfecto mecánico o térmico, o por un error humano involuntario.

Aunque los métodos varían para evaluar las fuentes de riesgo técnico, es común que este tipo de origen de riesgo estén enmarcados en la Protección de Infraestructura Crítica (PIC), cuyos enfoques se centran en la confiabilidad, es decir, la probabilidad de funcionamiento satisfactorio a largo plazo, y en la interdependencia física, cibernética o geográfica de un sistema de energía con otros sistemas.

Estudios y simulaciones de la PIC revelan efectos en cascada y cómo éstos contribuyen con la identificación de mecanismos para mejorar la funcionalidad de un sistema y cómo

pueden aplicarse para priorizar las medidas de seguridad y qué componentes deben renovarse primero, después de una interrupción. Por otra parte, estudios sobre resiliencia de sistemas de energía enfatizan la interacción entre diferentes partes del sistema, pero su enfoque está dirigido a la capacidad de todo el sistema para responder y/o recuperarse rápidamente a un choque y alcanzar un estado estable, aunque éste no sea el estado original (Månsson et al., 2014).

Las perspectivas PIC y de resiliencia se aplican hoy en día para evaluar el rendimiento técnico de los sistemas de energía actuales y para analizar los impactos asociados con el cambio tecnológico que trae consigo la transición energética.

Un ejemplo reciente, que comprende una serie de fuentes de riesgos técnicos, es el incidente de la central nuclear Fukushima en 2011. La ausencia de un muro de contención adecuado permitió que el tsunami se introdujera en los sistemas críticos de la central, produciendo una cascada de fallos técnicos que llevó a la pérdida de control: explosiones en los edificios que albergaban los seis reactores nucleares, fallos en los sistemas de refrigeración, fusión parcial del núcleo de tres reactores y liberación de radiación al exterior. De acuerdo con Kiriyama y Kajikawa (2014), una de las características de la red eléctrica de Japón es que no sólo está desconectada de las naciones vecinas, sino que ni siquiera está integrada dentro del propio país; además debido a que el este y el oeste de Japón utilizan diferentes frecuencias eléctricas, las empresas de servicios públicos no pudieron aliviar la escasez eléctrica y ni los errores del sistema en una región mediante la transmisión de energía desde otra. El accidente de Fukushima no sólo resaltó la necesidad de reformas a la red eléctrica, sino también de contar con un nuevo Plan Estratégico de Energía para diversificar la combinación energética y abordar los riesgos e incertidumbres de la producción de energía.

Pero la tecnología nuclear o cualquier otra que forme parte de un sistema energético están diseñadas para ser relativamente seguras. En todo caso el elemento humano puede convertirse en el eslabón más débil de los sistemas de energía.

### ***1.3.2. Fuentes de riesgo humano***

Las fuentes de riesgo humano son eventos que pueden llevar deliberada o accidentalmente a alteraciones en la seguridad energética y pueden ser desde el crecimiento previsible de la demanda, la retención estratégica de suministros, falta de

inversión, sabotaje, terrorismo, hasta la inestabilidad política y riesgos geopolíticos provocados por conflictos armados y embargos a las exportaciones.

Esta variedad de riesgos es agrupada por Månsson et al., (2014) en dos dimensiones estrechamente interrelacionadas: 1) físicas y 2) económicas. La dimensión física refiere concretamente al suministro de energía disponible, confiable y/o accesible, mientras que la económica incorpora aspectos como la volatilidad de los precios y la asequibilidad. Estos elementos pueden explicarse si se considera a ciertos actores como agentes autónomos (individuos y/u organizaciones) y cómo éstos interactúan entre sí y de qué forma responden a un riesgo determinado.

Desde esta óptica, en la demanda-oferta de energía suelen evaluarse todos los aspectos del suministro energético a medio y largo plazo, incluyendo el proceso de transformación y el transporte. Los valores de cada elemento están determinados en función de los recursos compartidos, origen del abastecimiento, reservas y capacidades de la red, refinación y almacenamiento (Kruyt et al., 2009). En principio, las reservas y los recursos probados pueden indicar que un sistema de energía puede ser resistente, pero no constituye un factor determinante para afirmar que hay seguridad energética, ya que ésta depende de la capacidad de respuesta para el uso de dichas reservas en caso de que un evento conlleve un cambio rápido de la demanda y/o de estimaciones de reservas inciertas. Del lado únicamente de la demanda pueden analizarse el grado de dependencia energética del exterior y la sensibilidad a los cambios de precios en el mercado internacional, éstos últimos pueden indicar la relación entre la oferta y la demanda, así como mostrar potenciales impactos económicos y escasez de energéticos.

Enmarcar a la seguridad energética como un problema de alto costo y/o de escasez del suministro ha llevado a promover políticas para utilizar fuentes alternativas de energía o aumentar la eficiencia del uso final en los sectores más sensibles. Por ejemplo, en el transporte, el reemplazo de automóviles de gasolina por vehículos eléctricos e híbridos tiene mayor potencial para evitar impactos sociales, a la vez que contribuye a reducir emisiones de GEI; esto, sin embargo, requiere de cuantiosas inversiones para cambios tecnológicos tanto de oferta como de demanda. El análisis de costo-beneficio es una forma de tomar decisiones informadas para priorizar cuándo el costo puede ser un factor para considerar los futuros beneficios de la incorporación gradual de fuentes de energía renovable con un alto contenido tecnológico.

En relación con la dependencia de la importación de energía, generalmente ésta es considerada un riesgo porque se le asocia al petróleo, pero en algunas circunstancias las importaciones compensan la carencia de producción nacional. En estos casos la transición energética representa una oportunidad para ver las importaciones como un impulsor de las políticas de seguridad energética que promuevan el uso de energías renovables y alivien las preocupaciones relacionadas con el abastecimiento de combustibles fósiles. Por ejemplo, se puede fomentar más una interdependencia comercial de combustibles sintéticos, hidrógeno y biocombustibles para reducir las importaciones de petróleo y gas, así como para evitar los puntos de fricción en el comercio de petróleo cuya producción se concentra en un número limitado de países. Por supuesto esto daría lugar a nuevos patrones comerciales y una creciente dependencia de las fuentes de energía renovable similares a las del petróleo o el gas natural (Jewell et al.2014; Månsson et al., 2014).

En reducidos casos se contempla la capacidad del sistema de energía para hacer frente a eventos extremos, como sabotajes, huelgas, acciones terroristas e inestabilidad política. El riesgo que más atención recibe es la situación política en los países proveedores y de tránsito ya que los gobiernos controlan el suministro de energía o las condiciones bajo las cuales se desarrolla dicho abastecimiento. Por ejemplo, la AIE mide el riesgo político como promedio de dos indicadores de gobernabilidad del Banco Mundial: «Estabilidad política y ausencia de violencia» y «Calidad reglamentaria» (AIE, 2007). Esta medición se utiliza para estimar la confiabilidad de los países productores de hidrocarburos.

Como combustible dominante, el precio del petróleo se considera un indicador crucial, sin embargo, su precio también está influenciado por factores como la geopolítica. Por ejemplo, en respuesta a la llegada del petróleo de esquisto de Estados Unidos al mercado global, en noviembre de 2016 los países de la OPEP, junto con México, Rusia, Kazajistán, Azerbaiyán, Bahrein, Brunei, Malasia, Omán, Sudán y Sudán del Sur, decidieron recortar su producción para aumentar y estabilizar su precio, aunado a un deseo de demostrar su capacidad de influir en el mercado mundial. Con esta medida, a principios de 2017 los precios comenzaron a aumentar a niveles que no se veían desde finales de 2014. Como consecuencia del alza<sup>4</sup>, a mayo de 2018 la gasolina alcanzó un costo promedio de 2,92 dólares por galón en Estados Unidos, el precio más alto desde mayo de 2014. Una presión adicional sobre el costo de la gasolina fue el rápido aumento del consumo por la

<sup>4</sup> El 30 de enero de 2017, el barril de crudo Brent se cotizó en 54,77 dólares, el 4 de mayo de 2018 cerró en 74,75 dólares.



temporada vacacional y la disminución de las reservas de gasolina que en ese momento se mantenían por debajo de los niveles de 2017. Ante esta situación, senadores demócratas solicitaron al presidente Donald Trump tomar medidas específicas para reducir los precios del petróleo, entre ellas presionar a la OPEP para que aumentara la producción de crudo, y así detener el aumento en el precio de la gasolina. Esto demostró que mientras los estadounidenses dependan de los combustibles derivados del petróleo para el transporte permanecerán expuestos a las subidas de precios en el mercado internacional. Después del restablecimiento de las sanciones económicas a Irán en 2018, Estados Unidos concedió privilegios a China, India, Italia, Grecia, Japón, Corea del Sur, Taiwán y Turquía, para contener el aumento de los precios del petróleo y contrarrestar posibles impactos geopolíticos (Fuentes, 29 de mayo de 2018; 5 de marzo de 2019).

Es tal la importancia de la geopolítica en la seguridad energética que incluso se ha utilizado la teoría de juegos para analizar el grado de interdependencia, la distribución de poder y los incentivos para usar el «arma de la energía», y que a decir de García-Verdugo et al. (2015), la cuantificación de riesgos relacionados con el contexto geopolítico se presenta como un método para superar los problemas.

### ***1.3.3. Fuentes de riesgo natural***

Las fuentes de riesgo naturales son eventos exógenos al control técnico y humano, tales como las intermitencias en el suministro de energía renovable dependiente del clima, el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y los desastres naturales.

Para analizar el rendimiento técnico de los sistemas energéticos basados tanto en combustibles fósiles como en renovables normalmente se utiliza el enfoque de confiabilidad aplicado en la PIC, así como los análisis de vulnerabilidad y resiliencia. Pero actualmente aún se realizan ejercicios de simulación para estudiar cómo una mayor cantidad de energías renovables intermitentes afecta la fiabilidad del sistema de energía.

Generalmente se evalúa el impacto que un evento de corta duración podría tener sobre la sociedad ya que la experiencia histórica muestra que las interrupciones del suministro de energía han sido cortos. Sin embargo, el agotamiento de combustibles fósiles podría ampliar los períodos de interrupción en el abastecimiento y provocar que la tensión física y los precios altos se conviertan en una constante en el sistema de energía.

El riesgo del agotamiento de los combustibles fósiles ha avivado estrategias para diversificar las fuentes energéticas que incluyen a la energía nuclear y la energía renovable como recursos domésticos, pero algunas van más allá de los recursos energéticos y consideran una variedad más extensa de proveedores e infraestructura para reducir los riesgos de los sistemas de energía (Kiryama y Kajikawa, 2014).

Los impactos directos del cambio climático, como el aumento en la frecuencia y la gravedad de las tormentas, las olas de calor y las sequías, son un riesgo a la seguridad energética, ya que la infraestructura energética es susceptible a eventos climáticos extremos, incluso en los países desarrollados. De hecho, un aumento de temperaturas podría causar interrupciones de suministro, por ejemplo, la llegada de una ola de calor en el verano de 2003, cuando la demanda de electricidad era alta, provocó que la línea eléctrica se sobrecalentara en una pequeña ciudad de Ohio, ocasionando un apagón que paralizó la mayor parte del noreste de Estados Unidos. Este incidente interactuó con otros fallos del sistema de energía provocando un apagón regional que afectó a 50 millones de personas en Estados Unidos y Canadá. Otro caso fue el del huracán Katrina en 2005, en el cual muchas plataformas petrolíferas en alta mar, refinerías de petróleo en tierra y otras instalaciones relacionadas con la energía se cerraron total o parcialmente durante largos períodos (Kruyt et al., 2009; King y Gullede, 2013).

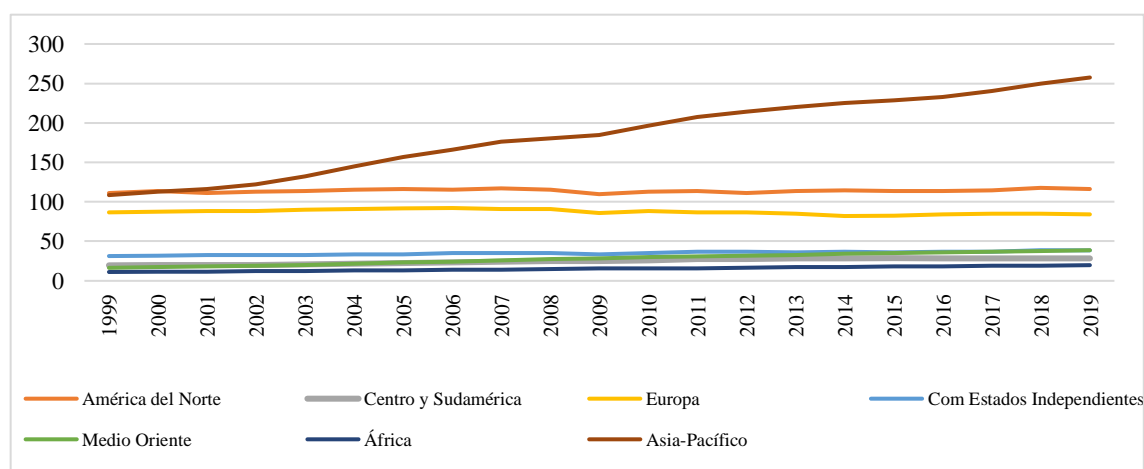
Toda vez que la seguridad energética es un campo multidisciplinario, Månsson et al., (2014) recomiendan combinar diferentes metodologías de evaluación de riesgos para cerrar la brecha entre los diversos campos científicos y mejorar las valoraciones actuales. En este sentido, Kiriyama y Kajikawa (2014) afirman que es necesario evaluar las distintas fuentes de riesgo tomando en cuenta los cambios sociales, políticos, ambientales y tecnológicos, así como otras posibles incertidumbres. Dicho trabajo puede permitir la construcción de un mecanismo para que cuando los peligros se conviertan en realidad y se produzca una crisis, los daños se minimicen.

#### **1.4. Evolución y perspectivas de la energía a nivel mundial**

La producción de energía tiene una gran importancia en las actividades humanas, de ahí la relevancia de analizar la cuantía y costos para su obtención a través de fuentes renovables, así como su impacto macroeconómico y en la vida de las personas.

En el periodo de 1999 a 2019, el Producto Interno Bruto (PIB) mundial casi se triplicó y el ingreso per cápita se duplicó (Banco Mundial, 2020). Este crecimiento económico, trajo aparejados aumentos del 50 por ciento tanto en la demanda como en la producción global de energía (U.S. EIA, 2020b)<sup>5</sup>. No obstante, el conjunto de las políticas seguidas por cada país, sus diferentes etapas de desarrollo y distintos patrones de consumo y de comercio de energía durante las últimas dos décadas no sólo provocó que la demanda energética aumentara, también delineó una nueva estructura del consumo mundial de energía. En 1999 los países de Europa y América del Norte concentraban el 52 por ciento de la demanda energética global y las economías de Asia-Pacífico el 28 por ciento; sin embargo, en 2019 los países de Asia-Pacífico utilizaron el 44 por ciento de la energía producida en el mundo (Gráfica 1). Particularmente, el desarrollo de China e India influyó en el crecimiento del consumo energético en todo el orbe, pues en 2017 China concentró el 23 por ciento del consumo total de la energía a nivel global, en tanto que India el 6 por ciento (British Petroleum, 2020).

Gráfica 1. Consumo mundial de energía primaria (pexajoules)



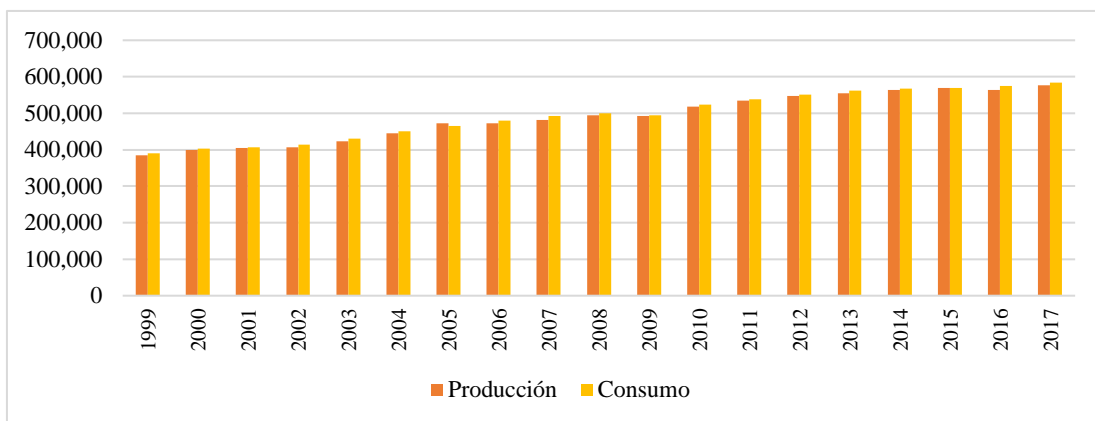
Elaboración propia. Fuente: British Petroleum, (2020).

El impacto de un mayor consumo y de producción energética se reflejaron en el incremento de las emisiones GEI, las cuales se triplicaron en los últimos 20 años (Banco Mundial, 2020). Esta dinámica ha colocado a la producción y el uso eficiente de la energía como el reto fundamental de las políticas energéticas globales, no sólo en términos de crecimiento económico, mejora social y sus efectos ambientales, sino también en

<sup>5</sup> De acuerdo con la base de datos Statistical Review of World Energy de la British Petroleum, de 1999 a 2019, la demanda energética aumentó el 46 por ciento (British Petroleum, 2020).

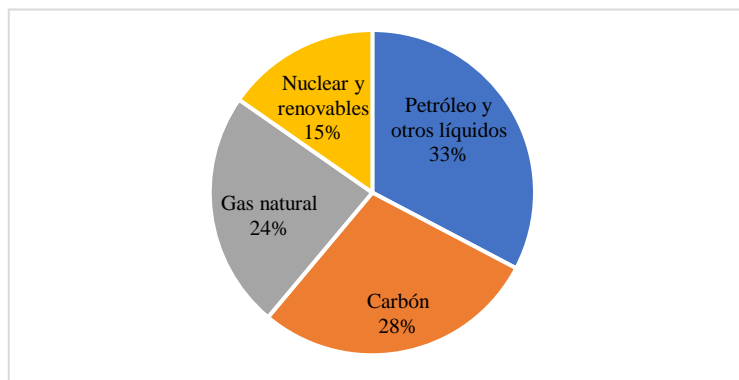
términos de seguridad energética. Si bien hasta ahora se ha cubierto la demanda con una combinación energética mundial concentrada al 85 por ciento en combustibles fósiles (Gráfica 2), las evaluaciones sobre la disminución de los hidrocarburos indican que, a pesar del considerable aumento en la utilización de energías bajas en carbono, no se alcanzará a cubrir el vacío dejado por los energéticos convencionales en el medio plazo (Gráfica 3). Por ejemplo, la AIE (2008) estimó que para 2030 la tasa de disminución promedio de la producción alcanzará 8,6 por ciento por año para el petróleo y 10,5 por ciento para el gas natural. En palabras de Sorrell (2012), esto constituye una pérdida estimada del 61 por ciento de la capacidad de producción sólo del petróleo (una caída de 43 millones de barriles diarios para la AIE, 2008) lo que significa que más de dos tercios de la producción petrolera tendría que reemplazarse para 2030.

Gráfica 2. Producción vs consumo mundial de energía (Quad Btu)



Elaboración propia. Fuente: U.S. EIA (2020b).

Gráfica 3. Producción mundial de energía por fuente en 2017



Elaboración propia. Fuente: U.S. EIA (2020b).

Aunado a las interrogantes sobre la duración de los combustibles fósiles, las diversas proyecciones muestran que el crecimiento de la economía y de la población mundial incidirán en el aumento de la demanda energética global. El Escenario de Nuevas Políticas de la AIE (2018b) señala que el aumento de los ingresos y 1.700 millones de personas adicionales en el mundo, en su mayoría en zonas urbanas de los países en desarrollo, aumentarán la demanda de energía en más de una cuarta parte hacia 2040. Pero este aumento podría duplicarse si los países no implementan políticas de diversificación y eficiencia energética que limiten la demanda y si los precios del petróleo no se mantienen altos (Farrell y Brant, 2006; IPCC, 2014; AIE, 2018b).

La urgencia de reducir las emisiones GEI que provocan el cambio climático; diversificar las fuentes de energía para aliviar el gradual agotamiento de los combustibles fósiles; y atender la creciente demanda energética constituyen las tres grandes razones para planificar y coordinar la transición energética que, de hecho, ya comenzó, aunque no al ritmo que ameritan las circunstancias. La aceleración deliberada del tránsito hacia el uso de energías renovables en los sistemas energéticos requiere necesariamente de innovación tecnológica, por lo que resulta útil un análisis centrado en las perspectivas económicas, así como del impacto geopolítico y los posibles riesgos, que el desarrollo de las fuentes energéticas baja en carbono podría tener en el futuro.

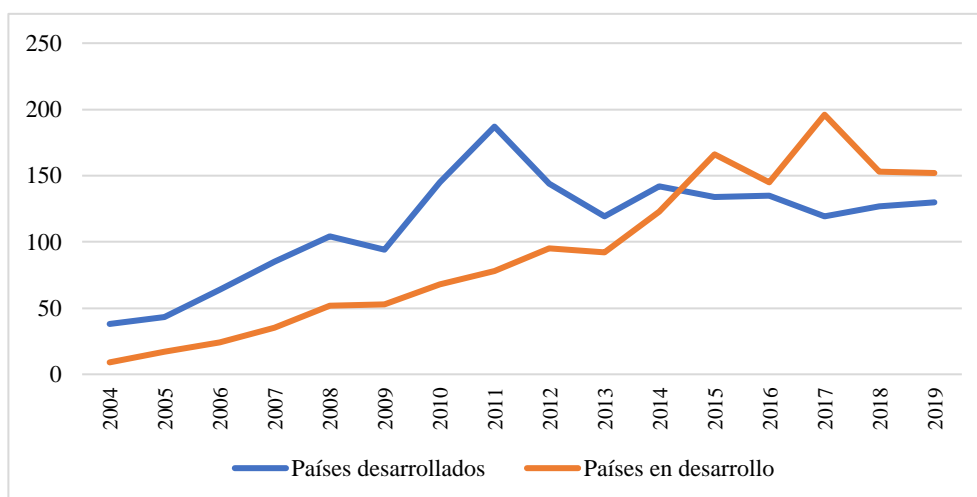
#### ***1.4.1. Factores de la producción de energía baja en carbono***

La transición energética exige cuantiosos recursos para investigación, tecnología e innovación para producir energía limpia y promover la eficiencia y la seguridad energética. Pero la inversión para la instalación de tecnologías es un obstáculo para un verdadero despliegue de energías renovables. Del objetivo de recabar un paquete financiero de 100 billones de dólares para el Fondo Verde para el Clima en el 2020, sólo se logró el monto de 10,3 mil millones de dólares en 2018. No obstante, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés) estima que se requieren más de 1,7 billones de dólares para implementar los objetivos de energía contenidos en las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés) de todos los países comprometidos con el Acuerdo de París al 2030 y que representaría un incremento del 76 por ciento de la producción de energía procedente de fuentes bajas en carbono (IRENA, 2017).

En 2019, aproximadamente 282 mil millones de dólares se invirtieron en energía renovable (Frankfurt School et al., 2020). De esta cifra, 47 por ciento se dirigió para energía solar, 47 por ciento para eólica, 4 por ciento para bioenergía y el 2 por ciento restante se destinó para geotermia, biocombustibles e hidroenergía pequeña. Si bien desde 2004 la inversión se ha multiplicado por seis y se ha registrado una inversión acumulada de 3.268 millones de dólares, la tendencia de crecimiento no es la misma si se evalúa la procedencia de los recursos y a qué tipo de energía renovable se destinan.

Aunque los países desarrollados mantienen la mayor inversión acumulada en energías renovables, a partir de 2015 los países en desarrollo comenzaron a superar la inversión de los países desarrollados (Gráfica 4). Esta tendencia en los países en desarrollo está liderada por China, pues sólo en 2019 el país concentró el 30 por ciento de la inversión mundial en fuentes renovables, seguido de India con 4 por ciento y Brasil con 2 por ciento.

Gráfica 4. Inversión mundial en energía renovable (mmmd)

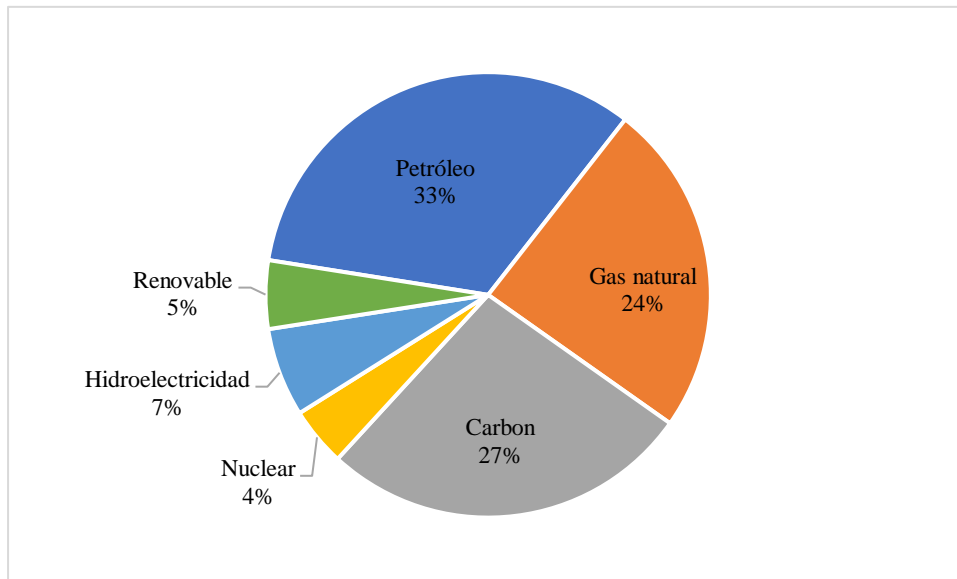


Elaboración propia. Fuente: Frankfurt School et al. (2020).

Un fenómeno que ha traído el impulso a las energías renovables es el surgimiento de nichos de mercado en los que la iniciativa privada domina prácticamente el 70 por ciento de la inversión. A pesar de que las empresas de servicios públicos han destinado recursos, las empresas privadas de tecnologías de la información y comunicación son las que mayor capital invierten, especialmente para la producción de automóviles eléctricos y en soluciones digitales para redes inteligentes y eficiencia energética (AIE, 2018a).

En términos generales, en 2019 los energéticos bajos en carbono cubrieron el 16 por ciento del consumo mundial de energía (Gráfica 5), pero este porcentaje incluye a la energía nuclear cuyo nivel han bajado en los últimos años como consecuencia de la disminución en la inversión de nuevas plantas, especialmente en Europa.

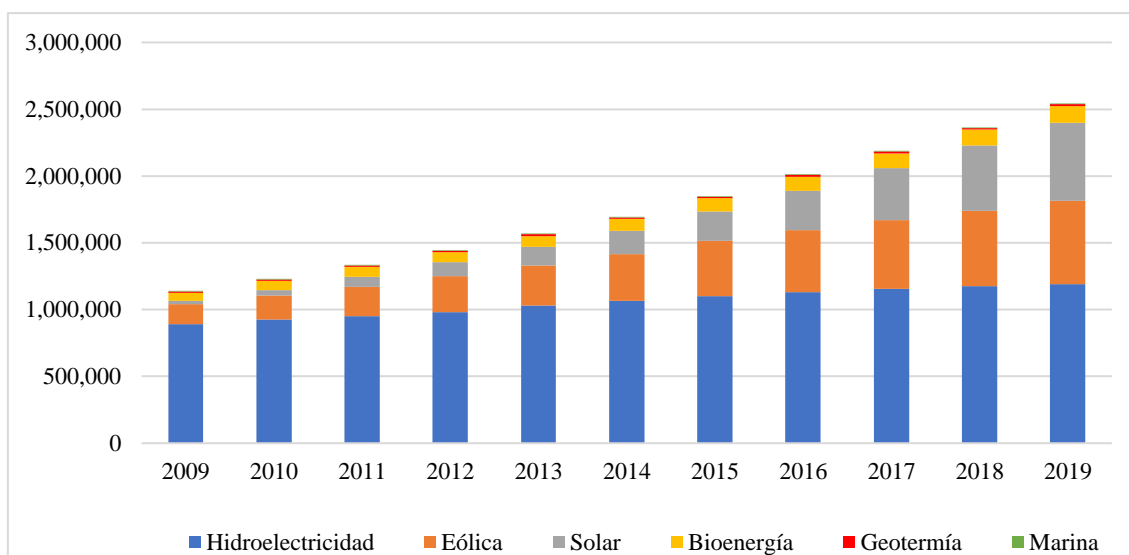
Gráfica 5. Consumo mundial de energía por fuente en 2019



Elaboración propia. Fuente: British Petroleum (2020).

Si bien el desarrollo de las fuentes de energía renovable ha compensado paulatinamente la caída de la energía nuclear, los ritmos diferenciados en el crecimiento en los distintos energéticos renovables están marcando una distancia entre cada tipo e indicando cuáles son los que están ganando terreno en la combinación energética mundial (Gráfico 6). Por ejemplo, la energía solar, eólica, marina y bioenergía han mantenido un crecimiento constante, mientras la hidroenergía disminuyó 16 por ciento con respecto a 2013, y la geotermia pareciera estar estancada.

Gráfica 6. Crecimiento de la capacidad instalada de energía renovable (MW)



Elaboración propia. Fuente: IRENA (2019b; 2020).

## Energía nuclear

De acuerdo con el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), a principios de 2020 existían 440 reactores nucleares en operación con una capacidad eléctrica instalada de 389.340 MW distribuida en 30 países, entre los que destacan Estados Unidos, Francia, China, Japón y Rusia. Aunque la energía nuclear es una tecnología baja en carbono que podría ayudar a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y mejorar la seguridad energética, en 2019 únicamente contribuyó con el 4 por ciento de la energía eléctrica consumida a nivel mundial<sup>6</sup> (British Petroleum, 2020).

Después del embargo petrolero de la OPEP en 1973, la producción de energía nuclear se consideró una alternativa viable; sin embargo, a pesar de que el uranio se encuentra en cantidades suficientes, existen preocupaciones relacionadas con la gestión de residuos radioactivos, la proliferación de armas y los costos (Asif y Muneer, 2007; Romo y Galina, 2008; Hoggett, 2014). Desde 1980, ha habido una moratoria *de facto* sobre la energía nuclear en la mayor parte del mundo, con decisiones de eliminación gradual pronunciadas en Suecia, Alemania, Suiza, España, Bélgica y los Países Bajos (Asif, 2007). Alemania, por ejemplo, firmó un acuerdo con la industria de la energía nuclear en 2000 para cerrar

<sup>6</sup> La energía nuclear también es utilizada para la propulsión de buques.



todas sus centrales antes de 2025, de hecho, en 2020 el país tenía cerradas 30 de las 36 plantas nucleares con que contaba, reduciendo prácticamente toda la producción de electricidad a través de esta tecnología entre 2000 y 2020 (OIEA, 2020).

A nivel global, a finales de 2018 el número de proyectos para la construcción de plantas nucleares disminuyó por quinto año consecutivo desde 2013, año en el que había 68 proyectos (Schneider, 2019). A inicios de 2020 había 54 proyectos en desarrollo para construir reactores nucleares en 19 países, entre los que se encuentran China, India, Rusia, Corea y Emiratos Árabes Unidos (OIEA, 2020). De ellos, China es el principal promotor, tan sólo en 2018 puso en marcha siete nuevas plantas nucleares y en los próximos años planea la construcción de 11 más; por su parte, Rusia puso en marcha dos reactores nucleares en 2018 y tiene en puerta seis proyectos; India tiene contemplada la construcción de siete nuevas plantas nucleares.

Si bien las preocupaciones sobre la potencialidad bélica que representa el uranio y los temores sobre las condiciones de seguridad originados después de los accidentes en Three Mile Island (1979), Chernobyl (1986), Kashiwazaki-Karima (2007) y Fukushima (2011) le han restado atención a la energía nuclear. Una de las limitantes de algunos países para desarrollarla son la complejidad que representa contar con sitios adecuados para la construcción de nuevas plantas, el uso intensivo de agua, el proceso para obtener las acreditaciones de calidad requeridas y los altos costos. Las instalaciones nucleares tienen muchos componentes que deben diseñarse en instalaciones certificadas que cumplan con las estrictas normas de seguridad internacionales; este requisito ha sido un importante cuello de botella en el mercado pues hoy en día existen sólo cuatro empresas que operan en Japón, China y Rusia con la capacidad en maquinaria y habilidades para manejar los componentes requeridos (Hoggett, 2014).

Si alguna vez la energía nuclear fue considerada una panacea en términos de seguridad energética, ahora es vista como una opción poco viable o de último recurso (Cherp & Jewell, 2011). En un futuro previsible no se espera un incremento significativo en su producción principalmente por cierre de plantas y la cancelación de proyectos. Sin embargo, la tecnología de la energía nuclear está contribuyendo con investigación y desarrollo de la fusión nuclear<sup>7</sup>. Al proyecto del Reactor Termonuclear Experimental

<sup>7</sup> La energía nuclear se puede obtener de dos formas: fusión y fisión nucleares. En la fusión nuclear, la energía se libera cuando los núcleos de los átomos se combinan o se fusionan entre sí para formar un núcleo más grande. En la fisión nuclear, los núcleos se separan para formar núcleos más pequeños, liberando energía. Las centrales nucleares actuales utilizan la fisión nuclear para producir electricidad. En Consejo

Internacional (ITER por sus siglas en inglés) que impulsaron conjuntamente China, la Unión Europea, Suiza, Japón Rusia, Corea y Estados Unidos con un presupuesto inicial de 10 mil millones de euros en 2000 (Woloski, 2006), se le han sumado más países que trabajan en cuestiones técnicas en coordinación con el OIEA. Si bien los costos de este proyecto han ascendido a 24 mil millones de euros, los beneficios esperados parece que superarán su costo, pues se espera utilizar el poder de la fusión nuclear para generar energía hacia 2035, además de que ha probado ser aplicable a los sistemas de energía actuales y su impacto ambiental controlable.

## **Hidroelectricidad**

En 2019 la contribución de la hidroeléctrica en la combinación energética mundial fue de 7 por ciento (British Petroleum, 2020). Aunque en los diez últimos años la hidroenergía ha concentrado la mayor parte de la energía proveniente de recursos renovables, a medida que otras fuentes de este tipo crecen, su participación disminuye. De contar con el 78 por ciento de la producción de energías renovables en 2009 pasó a 47 por ciento en 2019. China, Brasil, Estados Unidos y Canadá concentran la capacidad hidroeléctrica en el mundo, pero hoy en día China por sí sola dispone del 26 por ciento del total.

Si bien la hidroenergía es una tecnología madura, es difícil visualizar un crecimiento sustancial en el futuro debido a los elevados costos de inversión inicial para su desarrollo, los grandes caudales de agua necesarios y los impactos ambientales y sociales derivados de la construcción de presas.

Respecto a los costos, el promedio de inversión inicial es de 200 millones de dólares para un proyecto de 100 MW de capacidad eléctrica instalada (2 mil dólares por kW), pero el costo tiende a reducir si la capacidad es mayor y varía dependiendo de las características del lugar en que vaya a implementarse un proyecto (Viñuela & Núñez, 2012). Aunque la innovación tecnológica podría llevar a disminuir los costos de los proyectos de hidroelectricidad su dependencia de las lluvias es una de las principales limitantes en el futuro ya que, entre los efectos del cambio climático se encuentra que, en muchas regiones las precipitaciones cambiantes o el derretimiento de nieve y hielo están

de Seguridad Nuclear. (2020). Monografías: La energía nuclear. Recuperado de <https://www.csn.es/documents/10182/927506/La+energ%C3%ADa+nuclear+%28Monograf%C3%ADa%29> (Consultado el 18 de junio de 2020).

alterando los sistemas hidrológicos, afectando los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad (IPCC, 2014).

King & Gullede (2013) dan el ejemplo de China. Para aumentar y diversificar la producción de energía, el país generó aproximadamente el 16 por ciento de su electricidad a partir de la energía hidroeléctrica en 2009 y planeaba duplicar esta capacidad para 2020, pero su volumen ha disminuido debido a las sequías, y los modelos climáticos predicen una reducción de la precipitación en algunas áreas de China en un futuro cercano. Asimismo, la disminución de los glaciares del Himalaya que alimentan los principales sistemas fluviales de China podría disminuir su potencial de generación hidroeléctrica, al igual que en otras naciones del sur y sureste de Asia.

Probablemente, la hidroelectricidad sea una de las formas de producir energía que más se vean afectadas por el cambio climático, en este sentido, la escasez de agua podría disminuir la capacidad de generación hidroeléctrica en algunas naciones, por lo que una base amplia para la producción de este tipo de energía resulta poco recomendable.

### **Energía solar**

La energía solar es la fuente renovable de más rápido crecimiento de los últimos años. De 2009 a 2019 se multiplicó 25 veces, llegando a alcanzar una capacidad eléctrica instalada de 586.434 MW en 2019 (IRENA, 2020), monto con el cual superó a la producción de energía nuclear. Actualmente, los mayores productores y consumidores de energía solar son China, Estados Unidos, Brasil, Alemania, India, Canadá y Japón, pero sólo China concentra el 36 por ciento de la producción mundial. En general, en estos siete países el principal motor de crecimiento de la energía solar han sido los incentivos gubernamentales para desarrollar y fomentar cadenas de suministro interna, incluidas las tarifas de abasto, los subsidios a la inversión o las exenciones fiscales (Hoggett, 2014).

El sistema fotovoltaico es una fuente prometedora para la producción de electricidad de la luz directa del sol, pero también para el ahorro de recursos energéticos y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, además de que no genera ruido o vibraciones. La luz solar, que además es gratuita, representa una alternativa de suministro cercana a los centros de consumo en todo el mundo y su aplicabilidad va desde baterías a pequeña escala como los dispositivos personales, hasta electricidad para casas habitación y comercios, y

selectivamente en actividades industriales, incluso ahora se desarrollan prototipos de automóviles y aeronaves alimentados por esta energía.

Pese a los múltiples beneficios que representa la energía solar y a su rápido crecimiento, sus precios aún son altos en comparación con las fuentes de generación fósiles. A inicios de 2019 el costo promedio mundial oscilaba entre 1,40 y 1,50 dólares por KW instalado, aún así, en 2017 las inversiones en instalaciones de calefacción solar térmica alcanzaron los 18 mil millones de dólares por cuarto año consecutivo (AIE, 2018a), pero las tendencias no han tenido un impacto perceptible si se compara con la asignación de capital a proyectos de suministro de petróleo y gas. Aunado a esto, la intermitencia de la energía solar es limitante ya que depende de los ciclos diurnos y los cambios climáticos, de ahí que se estén estimulando nichos de mercado para el almacenamiento en todo el mundo. Incluso la industria en el rubro podría alcanzar un volumen de mercado cercano a los 13.130 millones de dólares para 2023 (Willuhn, 6 de mayo de 2019), siempre y cuando sea impulsado por políticas nacionales, la caída de los precios y la necesidad de aprovechar este tipo de energía. Por ejemplo, en China se está impulsando a través de apoyos crediticios gubernamentales. En Estados Unidos, las medidas legislativas y regulatorias para liberalizar el mercado llevaron al país a alcanzar 777 MWh de energía almacenada en 2018 y bajar los costos de las baterías hasta un 6 por ciento con respecto a 2017 (Pickerel, 5 de marzo de 2019). Quizá el impulso gubernamental más importante ha sido del gobierno alemán con la creación de un fondo de 25 millones de euros para desarrollar el almacenamiento con sistemas fotovoltaicos (Beetz, 17 de junio de 2013). En asociaciones público-privadas se encuentra el convenio de colaboración entre la Agencia Marroquí de Energía Sostenible y la empresa sueca Cleanergy firmado en 2019 con el propósito de desarrollar y comercializar los sistemas de Energía Solar Concentrada y de Almacenamiento de Energía Térmica en Marruecos y más países de África (Cleanergy, 17 de mayo de 2018).

Por otro lado, aunque la iniciativa privada está teniendo un importante papel en el crecimiento de la energía solar, hoy en día aún es limitado el número de empresas que concentran los niveles superiores de suministro de los principales componentes de las celdas fotovoltaicas y los sistemas solares térmicos. De acuerdo con Hoggett (2014) existen cerca de 25 empresas que fabrican silicio, 40 producen lingotes y obleas, y 70 producen celdas, además el 86 por ciento de la cadena de suministro se ubica Asia, porcentaje del cual dos tercios se encuentran en China. Esto ha llevado a una competencia

entre los fabricantes a nivel global y a una reducción de precios de los módulos fotovoltaicos en el mercado chino; consecuentemente, China vende los sistemas fotovoltaicos en el mercado mundial por debajo de los costos de producción lo que ha generado disputas comerciales con la Unión Europea (EC, septiembre de 2013) y con Estados Unidos (USTR, 22 de enero de 2018).

De cara al futuro, el desarrollo tecnológico alcanzado en la producción de energía solar le permitirá reducir costos de inversión y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por estas razones, IRENA (2019a) estima que la capacidad eléctrica instalada de energía solar pueda expandirse a 8.500 GW, lo que significaría un aumento de más de 17 veces de la capacidad registrada en 2018. No obstante, este incremento implica un consumo mayor de plata, la cual es utilizada para formar las redes eléctricas, de la cual tan sólo en el 2010 la industria consumió el 11 por ciento global (Hoggett, 2014). Aún hace falta mayor investigación y desarrollo para sustituir a la plata, para reciclar los materiales utilizados y para contar con capacidad de almacenaje.

## **Energía eólica**

La energía generada por el viento ocupa el segundo lugar después de la hidroeléctrica en términos de capacidad instalada y está experimentando un rápido crecimiento. De acuerdo con la IRENA (2019a), en un periodo de once años la energía eólica casi se cuadruplicó; de una capacidad eléctrica instalada de 150.096 MW en 2009 pasó a 622.704 MW en 2019. China, Estados Unidos, Alemania, India, España y Reino Unido son los países que más han desarrollado este tipo de tecnología para producir electricidad, no obstante China cuenta con 34 por ciento de la capacidad instalada mundial.

En la mayoría de los países en los que se está impulsando la energía eólica, pero especialmente en Alemania, India y Reino Unido, los cambios políticos y regulatorios han permitido la creación de esquemas de apoyo para el surgimiento de nichos de mercado. En el caso de China, la compañía nuclear más grande del país, CGN, está invirtiendo fuertemente en tecnologías no nucleares, incluso ya opera 13 GW de energía eólica en China, Bélgica y Australia, y tiene planes de expandirse a América y el sudeste asiático (Schneider, 2019).

Actualmente, la energía generación eólica de electricidad es una tecnología madura, competitiva en costos y prácticamente libre de contaminación. Las turbinas utilizadas

permiten convertir la energía cinética del viento directamente en energía eléctrica, pero una limitante para su expansión es que la fuerza del viento no existe de manera suficiente en tiempo y lugar en la mayor parte del mundo, así como también es susceptible al cambio climático. Por esta razón, algunos cambios asociados con la evolución del clima probablemente traerán «ganancias y pérdidas» en la industria de la energía eólica pues, dependiendo de la región, en algunos sitios habrá beneficios, mientras que en otros los cambios pueden impactar negativamente su desarrollo (Pryor y Barthelmie, 2010).

Un factor importante en la generación de energía eólica es que su crecimiento ha fomentado la competitividad de los precios de la electricidad proveniente de esta tecnología. En el análisis de costos de la IRENA (2018) se señala que los precios globales de electricidad producida con energía eólica terrestre se estimaron en 0,6 dólares por kWh en el 2017, lo que representó una disminución del 23 por ciento entre 2010 y 2017.

Aunque se estima que muchos países fomentarán el desarrollo de granjas eólicas en mar y tierra para generar electricidad, es probable que su contribución no crezca tanto en términos porcentuales, ya que, como indican Panwar et al. (2011), este tipo de tecnologías resulta más práctica para pequeñas necesidades de energía en sitios aislados, pero para obtener la máxima flexibilidad, debe usarse junto con otros métodos de generación de energía para garantizar la continuidad. Por otro lado, la opinión pública está dividida sobre este tipo de tecnología: por un lado, existen grupos que valoran su importancia en la producción de energía renovable; y otros, por el contrario, consideran que las turbinas eléctricas matan pájaros, alteran el paisaje, crean ruido para los residentes locales y son una fuente de energía intermitente que hace que las redes eléctricas sean inestables.

### **Energía geotérmica**

Si bien el volumen de energía eléctrica producida a partir de la geotermia creció 42 por ciento de 2009 a 2019, su contribución en la combinación energética renovable registró el 1 por ciento en 2019. Actualmente Estados Unidos, Indonesia, Filipinas, Nueva Zelanda y Turquía encabezan la lista de países que más producen energía geotérmica.

Tradicionalmente, los sistemas geotérmicos habían explotado los recursos naturales donde sólo el calor, el agua y permeabilidad de la roca eran suficientes para extraer energía, pero los avances tecnológicos han logrado optimizar las técnicas de perforación a través de sistemas cerrados de estimulación hidráulica conocidos como Sistemas

Geotérmicos Mejorados (Romo y Galina, 2008; Bromley et al., 2010; Viñuela & Núñez, 2012; Iglesias, 2015). Aún con las mejoras alcanzadas, el potencial para expandir la geotermia en el mediano plazo es limitado, pues la inversión inicial es muy elevada debido a que es necesario perforar pozos y construir plantas de energía. De acuerdo con Bromley et. al (2010), en 2008 los costos de un desarrollo de energía geotérmica fueron de 2 a 4 mil dólares por KW de capacidad eléctrica instalada para plantas de vapor de agua y de 2 a 5 mil dólares por KW de capacidad eléctrica instalada para desarrollos binarios, pero se espera que los costos totales de capital disminuyan alrededor de un 5 por ciento en los próximos años. Pese a los altos costos de los proyectos geotérmicos, diversos estudios estiman que la generación de electricidad con Sistemas Geotérmicos Mejorados podría ser una de las mayores fuentes de energía eléctrica baja en carbono por muchos años y extenderse geográficamente.

## **Bioenergía**

La bioenergía es la forma de generación energética más antigua en el mundo, pero gracias a los avances tecnológicos se ha logrado aprovechar desperdicios orgánicos de hogares, industria alimentaria y agrícola para producir electricidad, así como utilizar cultivos energéticos específicos y alcoholes para la elaboración de biogás y biocombustibles. Al 2019, la bioenergía contribuyó con el 5 por ciento de la energía producida a través de fuentes renovables, porcentaje que prácticamente fue acaparado por Estados Unidos, China, Brasil, Alemania, Reino Unido y Tailandia.

Las técnicas actuales de bioenergía permiten que el proceso de combustión abastezca directamente a la red eléctrica convencional. Sin embargo, debido a la escasa disponibilidad de materia prima y el costo de transporte, las plantas de bioenergía suelen tener una capacidad de entre 1 y 100 MW lo que hace que el costo de inversión por KW se duplique y resulte menos eficiente en comparación con las plantas de carbón (Viñuela & Núñez, 2012). Las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen de la materia prima utilizada, pero en general las emisiones de contaminantes y dioxinas pueden ser controladas con eficacia, aunque en muchos países los incineradores tienen poca aceptación pública y algunos grupos de reciclaje de residuos los ven como una competencia.

En el caso de la leña, que también es utilizada para la producción de bioenergía, existe el desafío de detener la tala indiscriminada de los bosques, ya que impactará negativamente el calentamiento global y el cambio climático. No obstante, en regiones

rurales su utilización es difícil de erradicar debido a la falta de energía eléctrica o a los usos y costumbres de algunas comunidades.

La producción de biogás a través de la digestión anaeróbica ofrece ventajas significativas sobre otras formas de producción de bioenergía (Panwar, 2011), ya que se puede producir cuando sea necesario y almacenar fácilmente, además de que su distribución puede realizarse través de la infraestructura de gas natural existente, usarse en las mismas aplicaciones, es económicamente viable y con un alto potencial para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En el caso de los biocombustibles, una alternativa para los vehículos automotores es el biodiesel. Éste se extrae de aceite de palma, aceite de semilla de caucho y aceite de semilla de ricino, entre otros, y su rendimiento compite con el diésel. Otra opción para el transporte es el bioetanol que se obtiene de caña de azúcar o del almidón en cosechas de maíz, pero lamentablemente los métodos actuales de producción de bioetanol utilizan una cantidad significativa de energía que compite con la del combustible producido (Romo y Galina, 2008, McKillop, 2009, Panwar, 2011). Entre las ventajas de los biocombustibles se encuentran la combustión limpia, son renovables y biodegradables por lo que tienen un alto potencial de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el transporte, que es el sector que más GEI emite; no obstante, una de las polémicas que han surgido es que su producción requiere de tierras para cultivo de alimentos, por lo que plantea un dilema entre la seguridad alimentaria, la seguridad ambiental y la seguridad energética.

### **Energía marina**

También conocida como energía mareomotriz, la energía marina se produce con el movimiento de las mareas a través de turbinas de manera similar a la energía eólica. La electricidad generada puede distribuirse con la conexión directa a una central eléctrica en tierra. Aunque en el mundo existe un gran potencial para aprovechar la energía generada por las mareas, su tecnología aún está en una etapa inicial de desarrollo, de ahí que su contribución a la matriz energética mundial sea imperceptible en términos porcentuales; no obstante, la capacidad eléctrica instalada de la energía marina se duplicó de 2009 a 2019. Actualmente sólo unos cuantos países utilizan este tipo de tecnología para producir electricidad, y prácticamente Corea y Francia concentran el 89 por ciento del total de la energía marina a nivel internacional.



Al no consumir elementos fósiles, la energía marina no produce CO<sub>2</sub> y a pesar de que depende de los ciclos de las mareas y corrientes marinas, puede ser predecible y tener un suministro seguro. Sin embargo, esta tecnología aún no ofrece precios competitivos de mercado, sus costos de inversión superan los 200 dólares por MWh pero pueden variar dependiendo de la tecnología utilizada (Viñuela & Núñez, 2012); es por ello que su expansión podría reflejarse dentro de varias décadas.

## **Hidrógeno**

El hidrógeno puede constituir una alternativa más dentro de las fuentes energéticas renovables, ya que actuaría como un medio para almacenar electricidad (Bauen, 2006) y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el transporte. El hidrógeno es el elemento más abundante en el planeta y su combustión no genera contaminantes, sólo agua que puede devolverse a la naturaleza y producir electricidad, sin embargo, se encuentra combinado con oxígeno y la mayor parte de los procesos de separación se realizan con hidrocarburos, aunque poco a poco se ha estudiado la forma de expandir los procesos de electrólisis del agua y la bioenergía para la producción de hidrógeno a gran escala.

Basado en la experiencia histórica, el desafío climático será mucho más fácil a través de nuevas aplicaciones de uso final de energía que implican cambios en la eficiencia energética, una electrificación adicional y el uso progresivo de fuentes renovables, por ejemplo, en el transporte (Grübler, 2012). El hidrógeno se ha difundido como la opción para eliminar gradualmente los combustibles automotores a partir del petróleo y mejorar de la eficiencia energética, tomando en consideración que el mercado mundial de automóviles eléctricos aún es reducido. Aunque el parque vehicular de híbridos enchufables y de batería pura pasó de 3 millones en 2017 a 5 millones de unidades en 2018, su impacto es mínimo en la sustitución de hidrocarburos pues tan sólo en 2017 el uso de vehículos eléctricos significó una reducción de 30 mil barriles de petróleo al día frente a 1,6 millones diarios de crecimiento de la demanda mundial. Para alcanzar los objetivos climáticos se requieren al menos 220 millones de autos eléctricos ya circulando plenamente en 2030 (AIE, 2018a; 30 de mayo de 2018; 2019b). Además, sólo Noruega, Islandia, Suecia, China, Alemania, Estados Unidos y Japón concentran el 63 por ciento del mercado. Asimismo, una de las limitantes en la expansión de este tipo de autos está asociada con una autonomía menor que la de los autos de combustión, ya que las baterías sólo permiten realizar viajes en un rango de 150 y 300 kilómetros sin recargarse, aunado

a la disponibilidad de estaciones y tiempos de recarga, así como los altos costos por unidad que van desde los 21 mil dólares en adelante. En este sentido, las perspectivas parecen estar más dirigidas hacia los autos híbridos propulsados con hidrógeno, por ejemplo, Bauen (2006) destaca los vehículos de celdas de combustible alimentados con hidrógeno en combinación con gas natural, gasolina, diésel, o bien biocombustible (Cherp y Jewell, 2014), aunque deben considerarse el tiempo y el capital necesarios para el desarrollo de infraestructura de gasolineras y redes de distribución que requiere la expansión de los autos propulsados con hidrógeno.

Aunque la aplicación del hidrógeno como energético se ha concentrado en el transporte de carretera también tiene usos en el transporte marítimo y aéreo. Debido a la decisión de la Organización Marítima Internacional de limitar las emisiones de azufre del combustible del transporte marítimo, se está buscando producir electricidad con hidrógeno y utilizarla en aquellos buques que cuenten con motores eléctricos, y en los navíos que carezcan de éstos se planea el uso de celdas de combustible de hidrógeno. Si bien aún se desarrollan pruebas piloto en distintos países, Noruega encabeza la lista de las naciones promotoras, ya que las políticas gubernamentales y la participación de la industria están impulsando el uso de las celdas de combustible de hidrógeno en los buques, inclusive se espera que en 2021 se ponga en marcha el primer ferry eléctrico propulsado por hidrógeno para conectar los puertos de Hjelmeland, Skipavik y Nesvik (Ojeda, 25 de marzo de 2019; LogiNews, 7 de enero de 2020)).

Además del transporte, el hidrógeno tiene aplicaciones en la industria de refinación, petroquímica, química e industria alimentaria (Romo y Galina, 2008), pero su expansión podrá llevarse a cabo en la medida que avance la tecnología y que a su vez permita reducir los costos de producción con procesos que no utilicen combustibles fósiles, mejore su transporte y almacenamiento y se cree la infraestructura necesaria para su distribución.

Sin duda, en el futuro el hidrógeno podría convertirse en un recurso energético importante. Su introducción equilibrada e incremental brindaría una oportunidad para un nuevo espectro de fuentes de energía primaria (Cherp & Jewell, 2014), no obstante, es necesario transitar de una infraestructura física que gira en torno a los hidrocarburos a una basada en hidrógeno, lo que implica grandes inversiones, tiempo y aceptación social.

## **Sustitutos del petróleo convencional**

Dado que las evaluaciones sobre la producción de petróleo implican una disminución en la disponibilidad de energéticos líquidos, algunos países han recurrido a la extracción de petróleo de esquisto y arenas bituminosas que antes eran tecnológicamente inaccesibles y financieramente inviables, y que se están convirtiendo en la alternativa al petróleo convencional. Sin embargo, los proyectos para la extracción de este tipo de energéticos requieren de una mayor inversión de capital e involucran la inyección de materiales en el depósito, a menudo dióxido de carbono o vapor (Farrell y Brandt, 2006), además de que utilizan insumos de energía y agua adicionales (Farrell y Brandt, 2006; National Energy Board, 2006; Neville, et al., 2017) y, en consecuencia, intensifican los daños ambientales ocasionados por los combustibles fósiles.

Otro sustituto del petróleo convencional es el combustible líquido sintético, o diésel sintético, pero éste generalmente se produce a partir de gas natural o carbón. En el caso del proceso de transformación del carbón a líquidos resulta más costoso que el elaborado con gas debido a la dificultad de manejo y procesamiento del carbón, además de que emite una mayor cantidad de GEI.

Tradicionalmente, la justificación para la extracción de los combustibles fósiles ha sido la geopolítica y la seguridad, a los sustitutos del petróleo convencional se le suma una perspectiva de independencia energética. Tal es el caso de Estados Unidos que, a través de desregulaciones, promoción de incentivos y créditos, así como la eliminación de las restricciones a la exportación del petróleo a finales de 2015, impulsó la extracción masiva de petróleo de esquisto, marcando el comienzo de la «era del dominio de la energía» estadounidense y de abundancia de petróleo de esquisto a nivel global (Fuentes, 28 de noviembre de 2017).

En comparación con el petróleo, los proyectos de extracción de los sustitutos del petróleo requieren mayor capital inicial por unidad de producción y son más costosos a largo plazo, por lo que resultan proyectos financieramente arriesgados y pueden volverse antieconómicos si los precios del petróleo caen (Farrell y Brandt, 2006); además, por ser recursos finitos los inversores se enfrentarán a un futuro agotamiento. En este sentido, la explotación de petróleo y gas de esquisto en Estados Unidos llegará a su límite tanto en términos de rentabilidad como por agotamiento de los recursos. Desde 2010 hasta el tercer trimestre de 2018, 33 perforadores independientes de petróleo y gas estadounidenses habían invertido 196 mil millones de dólares más que los que ganaban con la venta; y de

principios de 2015 a principios de 2019, 144 productores de petróleo y gas se han declarado en bancarota (Institute for Energy Economics and Financial Analysis [IEEFA], 2019). Por otro lado, debido a las tasas de extracción y de agotamiento, se prevé que la producción actual de 11 millones de barriles diarios de petróleo de esquisto de Estados Unidos caiga el 75 por ciento en 2025 (SRSrocco, 3 de septiembre de 2018).

La producción y utilización de sustitutos del petróleo convencional más que una etapa de abundancia de recursos parece una de menor calidad de energéticos y mayores costos económicos y riesgos ambientales, pero en tanto se llega a una economía basada totalmente en energéticos bajos en carbono es seguro que, durante la transición, la utilización de los sustitutos del petróleo continúe aumentando.

El avance de las fuentes bajas en carbono y del auge de los sustitutos del petróleo convencional para asegurar la producción y el suministro energético durante la transición no sólo significan el reemplazo de unos combustibles por otros, sino también la configuración de un nuevo espectro geopolítico caracterizado por una transformación de la concentración del poder energético, una carrera tecnológica y comercial, un replanteamiento de políticas nacionales y la creación de oportunidades, pero también por la revivificación de algunos riesgos y la profundización problemas y tensiones sociales.

#### ***1.4.2. Otros riesgos geopolíticos***

Mientras el grueso del consumo y la producción de energía de todos los tipos se desplaza a Asia, la producción de los sustitutos del petróleo convencional se concentra en América del Norte. China y Estados Unidos encabezan cada uno una región, pero ambos con sus políticas de seguridad energética han delineado el escenario de la transición debido a la forma en la que interactúan con el mercado energético global.

China concibe la seguridad energética en términos de su dependencia de los mercados globales (Kiryama y Kajikawa, 2014). Al producir la energía que consume, China redujo su dependencia de las importaciones de combustibles y disminuyó los riesgos de padecer una interrupción de energía. Hasta hace quince años, las compañías europeas dominaban la lista de las principales empresas energéticas a nivel mundial, actualmente seis de las diez primeras son chinas (AIE, 2018b). Al mismo tiempo, con el impulso tecnológico en energías renovables, China está posicionándose como el líder en energéticos bajos en carbono y convirtiéndose en un potencial exportador de tecnología, lo que le daría ventaja en el comercio internacional y una mejor posición geopolítica a largo plazo.

Estados Unidos por su parte, con la búsqueda de la independencia energética, no sólo alcanzó la autosuficiencia con una combinación de fuentes bajas en carbono y convencionales, sino también se convirtió en uno de los mayores productores y exportadores de petróleo de esquisto de los últimos cuatro años. De hecho, de los 101 millones de barriles de petróleo que se produjeron diariamente a nivel internacional en 2019, 11 millones fueron producidos por Estados Unidos (U.S. EIA, 2019a; 2019b); lo cual les dio un papel en el mercado energético que no tenían hace 10 años. Sin embargo, el país no ha reducido su fuerte dependencia a los combustibles derivados del petróleo, especialmente para el transporte, lo que lo hace vulnerable a los aumentos de precios que determina el mercado (Fuentes, 30 de abril de 2019; Fuentes, 14 de mayo de 2019).

Además de los bien definidos polos de poder chino y estadounidense, la transición baja en carbono apunta a un sistema energético en el que la jerarquía internacional dependerá de la capacidad tecnológica y de explotación de recursos que desarrollen los demás países, por lo que están emergiendo nuevas formas de funcionamiento de los sistemas de energía y de interacción en el mercado energético mundial, sin embargo la energía se mantendrá como una herramienta de presión y disuasión internacional.

La mayoría de las energías renovables se materializan en flujos energéticos, están disponibles de distintas maneras en cada país, no se agotan, su interrupción por causas externas puede ser más complicada y pueden producirse en diferentes escalas, estas características las hacen ideales para reemplazar a los combustibles fósiles además de que, en teoría, podrían reducir las pugnas que hoy caracterizan al mercado de los hidrocarburos. Sin embargo, las tecnologías utilizadas para energía solar, eólica y automóviles eléctricos, que son las de mayor crecimiento, demandan una gran cantidad de metales y minerales para su producción, cuya mayoría se encuentran en estados con índices de gobernabilidad frágil (Tabla 1), por lo que idealmente su explotación requeriría de regulaciones nacionales e internacionales no sólo para beneficiar a los países poseedores, sino también para fomentar un comercio global sano y evitar, en la medida de lo posible, crear un sistema depredatorio de recursos como el de los energéticos fósiles. Pero, aunque existiera un marco internacional para el comercio de metales y minerales para la producción de energías renovables, la competencia por el suministro de éstos será igualmente férrea como la de los hidrocarburos.

Tabla 1. Metales y minerales para la producción de energía renovable

	Solar	Eólica	Vehículos eléctricos / baterías	Región	Países con mayores reservas / índice de estado frágil
<b>Bauxita y aluminio</b>	X	X	X	África	Guinea / 13; Guinea Bisáu / 16; Gambia / 43; Mali / 27; Senegal / 62
				Asia-Pacífico	Australia / 171; Vietnam / 107
<b>Cadmio</b>	X				
<b>Cromo</b>		X		África	Sudáfrica / 85; Namibia / 105
				Asia-Pacífico	Kazajstán / 117
<b>Cobalto</b>		X	X	África	Sudán del Sur / 1; República Democrática del Congo / 6; Ruanda / 35; Burundi / 17; Tanzania / 65; Uganda / 24
<b>Cobre</b>	X	X	X	América Latina	Argentina / 141; Chile / 150; Perú / 100; Bolivia / 76
				Asia-Pacífico	Australia / 171
<b>Estaño</b>	X			Asia-Pacífico	China / 89; Indonesia / 91
				América Latina	Brasil / 106
<b>Galio</b>	X				China / 89
<b>Germanio</b>	X				
<b>Grafito</b>			X	Asia-Pacífico	Turquía / 58; Siria / 4; Brasil / 106; China / 89
<b>Hierro</b>	X	X	X	América Latina	Brasil / 106
<b>Indio</b>	X				
<b>Litio</b>			X	América Latina	Chile / 150; Bolivia / 76
				Asia-Pacífico	China / 89; Australia / 171
<b>Manganeso</b>		X	X	América Latina	Brasil / 106
				África	Lesoto / 61; Sudáfrica / 85
				Europa	Ucrania / 87
<b>Molibdeno</b>		X		Asia-Pacífico	China / 89
<b>Níquel</b>	X		X	América Latina	Brasil / 106
				Asia-Pacífico	Australia / 171
<b>Plata</b>	X			América Latina	Perú / 100
				Asia-Pacífico	Australia / 171
				Europa	Republica Checa / 153; Alemania / 167; Polonia / 148
<b>Plomo</b>	X	X	X	Asia-Pacífico	Australia / 171; China / 89
<b>Selenio</b>	X				China / 89; Rusia / 69
<b>Silicio</b>	X		X		
<b>Tierras raras *</b>		X	X	América Latina	Brasil / 106
				Asia-Pacífico	China / 89; Mongolia / 130
<b>Telurio</b>	X			Asia-Pacífico	Bután / 81; China / 89; India / 72; Nepal / 40
<b>Titanio</b>			X	Asia-Pacífico	Australia / 171; China / 89; Mongolia / 130
<b>Zinc</b>	X	X		Asia-Pacífico	Australia / 171; China / 89; India / 72; Nepal / 40
				América Latina	Perú / 100; México / 94

\* 17 elementos forman parte de las Tierras Raras: Escandio, itrio, lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio.

Elaboración propia. Fuente: Banco Mundial (2017); Church, C. y Crawford, A. (2018); GCGET (2019, p. 60).

En el caso particular de las denominadas tierras raras, el neodimio y el disprosio son críticos para la tecnología eólica y almacenamiento de energía, y el praseodimio para los vehículos eléctricos y almacenamiento. Aunque las tierras raras se pueden ubicar en

cualquier parte del mundo, el reto de encontrarlas en estado puro dificulta su explotación, por lo que, hoy en día, China controla el 86 por ciento de la producción global, el resto está repartido en países como Brasil, Vietnam, Camboya, Tailandia y Laos, países que, a excepción de Brasil, están bajo la influencia geográfica china.

La posición dominante de China en el mercado de tierras raras ya le han valido quejas por parte de Japón, Estados Unidos y la Unión Europea ante la Organización Mundial del Comercio por restringir las exportaciones en 2012, argumentando sólo razones ambientales. Por otro lado, debido a que casi todos los minerales de tierras raras contienen elementos radioactivos su aplicabilidad se extiende a usos militares, por lo que China lo utiliza como factor de presión a la usanza tradicional; por ejemplo, el origen del 80 por ciento de las tierras raras que se consumieron en Estados Unidos entre 2014 y 2017 fue chino, por lo que el gobierno estadounidense las excluyó de los aranceles a las importaciones provenientes de China en 2018. El que China decida cortar el suministro comercial de tierras raras, como respuesta a las restricciones estadounidenses, puede constituir un problema en Estados Unidos y un elemento más del conflicto comercial entre ambos países.

Por otro lado, en la medida que avanza la tecnología, la digitalización está transformando rápidamente los sistemas energéticos a unos más conectados, eficientes y sostenibles, no obstante, esta digitalización hace a los sistemas energéticos susceptibles de ciberataques para controlar, interrumpir, sabotear o destruir los servicios de energía; tal es el caso del ciberataque de diciembre de 2015 contra la red eléctrica de Ucrania que ocasionó que 30 subestaciones fueran desconectadas dejando a más de 230 mil personas sin electricidad durante casi seis horas (Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation [GCGET], 2019). Este tipo de vulnerabilidad ha creado dos cosas fundamentales; la primera refiere al caso europeo pues a dos años de la crisis en Ucrania, el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea adoptaron nuevas normas de cooperación transfronteriza para enfrentar futuras emergencias por escasez de gas<sup>8</sup>; la segunda consiste en el surgimiento de nichos de mercado entre los desarrolladores y operadores de redes y sistemas a nivel mundial para garantizar la ciberseguridad en el diseño de los nuevos sistemas energéticos.

<sup>8</sup> Reglamento (UE) 2017/1938 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 25 de octubre de 2017. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2017/280/L00001-00056.pdf>

Asimismo, los nichos de mercado tecnológicos se han expandido a mercados especializados que están impactando en la forma de interactuar en el sistema energético. Se proyecta que la digitalización se extienda a los dispositivos inteligentes personales a fin de gestionar el consumo de electricidad en hogares, oficinas y fábricas (Howell, 24 de octubre de 2017), dando surgimiento a «proconsumidores» lo que podría propiciar la descentralización de las formas de producir y consumir energía y que éstas ya no sean exclusivas de los servicios públicos estatales (GCGET, 2019).

Respecto a los sustitutos del petróleo, al igual que los combustibles fósiles, tienen la ventaja de ser reservas físicas almacenables, pero son utilizables una vez y están concentrados en áreas geográficas específicas. Estas características los hace un medio de presión para conseguir un propósito de la política exterior de un país. Una muestra reciente son las sanciones que Estados Unidos reimpuso a las exportaciones de petróleo de Irán en noviembre de 2018, no obstante, en ese momento Estados Unidos concedió privilegios a China, India, Italia, Grecia, Japón, Corea del Sur, Taiwán y Turquía para seguir comprando petróleo iraní sin enfrentar sanciones; en abril de 2019 el gobierno estadounidense canceló dichos privilegios creando una percepción de escasez que se manifestó en el alza del precio del crudo, además, China corrió el riesgo de perder el 6 por ciento del total de sus importaciones petroleras, India perdería a su tercer mayor proveedor de crudo y Turquía al primer abastecedor de petróleo de su único complejo refinador, Tupras (Fuentes, 30 de abril de 2019). El propósito de Estados Unidos no sólo estaba destinado a impedir las exportaciones petroleras de Irán, sino también afianzar los mercados chino, indio y turco para el petróleo de esquisto estadounidense.

En esta etapa de la transición energética, la forma en que los países se desenvuelvan definirá su posición geoestratégica en el futuro; sin embargo, ello depende de lo expuestos que estén a los cambios que experimentan los combustibles fósiles y de la capacidad que desarrollen para producir energía a través de fuentes renovables. Estas características les permitirán reducir la dependencia de los países y compañías que hoy poseen el conocimiento y desarrollo tecnológico, de lo contrario su vulnerabilidad energética puede aumentar en un sistema de energía en el que los recursos energéticos tienen potencial para ser abundantes. Conforme los países desarrollen la capacidad para administrar recursos energéticos propios podrán proteger sus intereses nacionales y capitalizar su situación económica y política en el ámbito internacional a largo plazo. Arabia Saudí, por ejemplo, ha puesto en marcha la estrategia Visión 2030 en la que se propone una reinversión



económica (GCGET, 2019) para amortiguar futuros choques en el sistema global de energía. No obstante, existen países que no cuentan con las capacidades económicas ni de investigación y desarrollo para impulsar una transición con la rapidez que demandan las circunstancias, en consecuencia, corren el riesgo de enfrentar serios problemas internos en el medio plazo que podrían tener impacto más allá de sus fronteras nacionales.

### ***1.4.3. Otros riesgos***

Es un hecho que la transformación del sistema energético está avanzando hacia un uso más intensivo de las energías renovables, pero la velocidad y la forma en la que se desarrolla aún son insuficientes para detener la amenaza del cambio climático, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y cubrir las necesidades de un grueso de la población mundial. A nivel global, las tecnologías para producir energías bajas en carbono alcanzaron una capacidad instalada de 2.5 millones de MW en 2019 (IRENA, 2020), de la cual el 64 por ciento lo concentran China, Estados Unidos, Brasil, Alemania, India, Canadá y Japón, mientras que en la mayoría de las economías emergentes y países en desarrollo persisten limitaciones para el acceso a los servicios modernos de energía que les permita cubrir necesidades básicas como la cocción y refrigeración de alimentos, iluminación y calentamiento de agua. Esta centralización del liderazgo tecnológico y el rezago de la mayoría de los países plantea nuevos riesgos a la seguridad internacional que deben atenderse desde los ámbitos social, económico y geoestratégico con una perspectiva multidimensional.

### **Pobreza energética**

Si bien con la expansión de los sistemas de energía se ha logrado que desde 2010 un promedio anual de 118 millones de personas cuente con electricidad en sus hogares, al 2017 todavía 840 millones de personas vivían en la obscuridad y 2.900 millones no contaban con tecnología moderna para cocinar en sus hogares (AIE, 2018b; AIE et al. 2019), la mayoría prácticamente ha cubierto sus necesidades energéticas con madera y biomasa. Estos números obedecen a las tasas dispares en el desarrollo económico y poblacional entre países y regiones, por ejemplo, África concentra al 67 por ciento de la población mundial que no tienen electricidad, mientras que las regiones del sur de Asia y África subsahariana agrupan el 41 por ciento de los que no cuentan con instalaciones para cocinar de una forma limpia, sana y eficiente.

La carencia de energía en algunos países es potencialmente uno de los mayores riesgos durante la transición energética, ya que puede constituir una escalada de los problemas sociales y económicos con impactos en la seguridad de un país o de una región. El caso de la migración masiva que en los últimos años experimentan distintas regiones del orbe radica fundamentalmente en la pobreza energética extrema en sectores clave para el progreso socioeconómico de los países menos desarrollados. La falta de fertilizantes asequibles está reduciendo las cosechas y aumentando la escasez alimentaria en regiones azotadas por el cambio climático. En el transporte, el encarecimiento de los combustibles está haciendo más difícil el acceso a todos los productos, incluyendo alimentos básicos, ayuda humanitaria y medicinas. En los hogares, la carencia de tecnologías modernas para cocinar está provocando el aumento de enfermedades y muertes relacionadas con la utilización de estiércol animal, residuos de cultivos y madera como combustible. En zonas rurales, la mayor parte de la electricidad se produce con generadores de gasóleo y gasolina, ambos caros, contaminantes y poco fiables. Esta conjunción de factores ha empujado a oleadas de jóvenes africanos a buscar oportunidades en Europa, poniendo en jaque al sistema sociopolítico europeo; las caravanas de miles de centroamericanos que buscan mejorar sus condiciones de vida en Estados Unidos y que atraviesan México han agrandado las tensiones políticas entre estos dos países, provocando descontentos sociales y llevado a la implementación de medidas extremas de seguridad para disuadir, repatriar y contener a los migrantes que, en su mayoría, quedan varados en territorio mexicano. En ambos ejemplos, la ayuda humanitaria ha subsanado ciertos problemas inmediatos, pero las soluciones radican en propiciar las condiciones para el desarrollo a largo plazo, el cual sin energía y cooperación no es posible.

Además, si las proyecciones poblacionales se confirman, en 2030 habrá más de mil millones de personas más en el mundo distribuidos prácticamente en los 47 países menos desarrollados (UN, 2019), por lo que es probable que con los índices de crecimiento y la distribución geográfica de las fuentes renovables, así como de las tasas de extracción y agotamiento de los combustibles fósiles no se logre cubrir la demanda energética, especialmente en los países más pobres de Centro y Sudamérica, África, Medio Oriente y Asia en donde el consumo de energía ha crecido más en términos porcentuales que en Europa y América del Norte en los últimos 20 años. Incluso, las proyecciones indican que cerca de 650 millones de personas vivirán sin electricidad en 2030 (AIE et al., 2019), lo

que significa que uno de cada 13 habitantes en el mundo padecerá pobreza energética extrema, la mayoría en África subsahariana y el sur de Asia.

Transferir recursos para el desarrollo de los países y regiones más vulnerables es una inversión a largo plazo para la seguridad y estabilidad sociopolítica de los más desarrollados. Ya lo enfatizaba Thomas Schelling (1995) hace más de 20 años:

...las inversiones directas en salud pública, control de la natalidad, capacitación y educación, investigación, infraestructura física, recursos hídricos, etc., pueden dirigirse a poblaciones objetivo, por lo que la ventaja puede ser de cualquier manera (p. 401).

Un facilitador lo constituye la cooperación internacional, pero si bien ésta se ha triplicado en las últimas dos décadas, ha sido insuficiente debido a que, por una parte los países destinatarios no han consolidado su capacidad para apropiarse de los proyectos financiados a través de la ayuda al desarrollo y hacerlos sostenibles con el tiempo; y por otro lado los países donantes no han logrado una coordinación efectiva entre sí para subsanar los problemas que parecen enraizados en las naciones menos desarrolladas. Un ejemplo de esto es que los países desarrollados y emergentes transfieren recursos en esquemas bilaterales cuyo monto alcanzó los 207 mil millones de dólares en 2017 (OCDE, 2019); a pesar de que existe el Fondo Verde para el Clima, el cual únicamente había recabado 10,3 mil millones de dólares a junio de 2020 cuando el objetivo es de 100 mil millones de dólares al 2020 para ayudar a los países en desarrollo en su adaptación al cambio climático desde una visión multidimensional y dar acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna con base en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Pero la pobreza energética no es exclusiva de los países en desarrollo, pues la combinación de bajos ingresos, altos precios de la energía y un bajo rendimiento energético en los hogares ha hecho que la pobreza energética se convierta en un reto creciente en muchos países desarrollados y emergentes. Por ejemplo, en la Unión Europea cerca de 50 millones de personas padecen pobreza energética en sus hogares (Thomson & Bouzarovski, 2018) mientras que en Estados Unidos la proporción es de casi un tercio del total de los hogares (U.S. EIA, 19 de septiembre de 2018). A diferencia de los países pobres de África, Asia y América Latina, la pobreza energética en países desarrollados se manifiesta en gastos en energía desproporcionadamente altos, no poder pagar las facturas de los servicios energéticos a tiempo y la incapacidad para mantener temperaturas adecuadas dentro de los hogares durante el verano y el invierno; esta última

se refleja en un alto índice de personas con enfermedades cardiovasculares, respiratorias, artritis y reumatismo, así como en el aumento de la mortandad en invierno y en problemas de ansiedad y depresión (Marmot Review Team, 2011).

### **Tensiones políticas y sociales**

Al cúmulo de problemas asociados con la pobreza energética se le suma un efecto rebote de las medidas implementadas para la transición energética que podrían constituir un caldo de cultivo para descontentos sociales que, a su vez, como se teoriza en el Robert Strauss Center for International Security and Law (2019), podrían exacerbar las condiciones que alientan el terrorismo y la violencia, además de la pobreza, la degradación ambiental, la inestabilidad política y la tensión social.

Cabe recordar que, en un contexto de crisis económica, desempleo y corrupción, las compañías productoras de electricidad en Bulgaria aumentaron un 13 por ciento las tarifas eléctricas a mediados de 2012. Hacia principios de 2013, miles de personas protestaron durante días ocasionando violentas revueltas y enfrentamientos con las fuerzas de seguridad. Ese hecho provocó que el primer ministro búlgaro, Boiko Borisov, dimitiera junto con todo su gabinete, dejando al país inmerso en una inestabilidad política y financiera que se prolongó más de un año (Huffpost; RTVE/EFE; 20 de febrero de 2013; La Información, 29 de junio de 2014).

En México, después de que el Congreso aprobará un aumento del 20 por ciento del impuesto a la gasolina a finales de 2016, miles de personas se manifestaron en contra de la medida conocida como el «gasolinazo» la cual fue justificada con el incremento del precio internacional del petróleo y el alto volumen de importación del combustible. Las protestas produjeron enfrentamientos violentos no sólo entre cuerpos policiales y manifestantes, sino también entre manifestantes pacíficos y alborotadores en todo el país; además hubo saqueos y actos de vandálicos con piedras y bombas Molotov que llevaron a un estado de ingobernabilidad en algunas ciudades mexicanas durante semanas.

Otro riesgo para la estabilidad política y social, pero también para el ritmo y la efectividad de la transición energética, es la resistencia al cambio por parte de distintos actores debido a los efectos sociales y económicos adversos, reales o potenciales, que acompañan a cualquier proceso de transformación.

Es posible que uno de los ejemplos más representativos y recientes de descontento social por las medidas para la transición energética sea el movimiento de los llamados chalecos amarillos en Francia que, desde finales de 2018 hasta los primeros meses de 2019, protestaron por el alza del impuesto sobre los carburantes que significaría un 60 por ciento del precio final de la gasolina y que fue justificado con el compromiso del gobierno francés de hacer frente al cambio climático y acelerar la transición energética. A medida que los chalecos amarillos sumaban adeptos, se añadían reivindicaciones que comprendían desde el aumento del poder adquisitivo y la pensión de jubilados, una reforma educativa y de salud pública, hasta la renuncia el presidente Emmanuel Macron. Las cada vez más numerosas y violentas manifestaciones tuvieron como respuesta gubernamental un importante despliegue policial para apaciguar las revueltas sociales (La Croix, 2 de febrero de 2019), las cuales finalmente lograron no sólo la cancelación del aumento del impuesto a los carburantes, sino también un incremento de 100 euros mensuales al salario mínimo y la anulación del alza a las cotizaciones de jubilados con ingresos inferiores a los 2 mil euros al mes.

Por otro lado, aunque las medidas adoptadas para la producción y utilización de energías renovables lograron la creación de 11 millones de empleos a nivel global al 2018 (IRENA, 2019c) y se espera alcanzar 24 millones de empleos al 2030 (OIT, 2018) esto no implica postergar un fuerte impulso a una nueva fuerza laboral apta para el futuro pues hasta ahora las políticas de desarrollo de competencias y formación profesional han sido fragmentadas y cortoplacistas tanto a nivel nacional como internacional (OIT, 2018). Asimismo, la creación de empleos en energías limpias implica una pérdida cercana a seis millones de empleos en la industria de los energéticos fósiles hacia 2030 (OIT, 2018). El desafío durante la gestión de la transición energética es evitar que el desplazamiento de los trabajadores del sector de los hidrocarburos y el potencial riesgo que implica dejar fuera del mercado laboral a millones de personas se convierta en un factor más de descontento social y, en consecuencia, de resistencia al cambio.

En este punto también se encuentran las empresas en el rubro de energéticos fósiles pues éstas, al percibir futuras pérdidas económicas, constituyen otro factor que puede profundizar las divisiones políticas y sociales existentes, incluso con consecuencias geopolíticas (GCGET, 2019) que mermen o ralenticen la transición energética. Una muestra es Estados Unidos, pues los mineros del carbón fueron los partidarios más asiduos detrás de la idea errónea de Donald Trump de que la economía y el empleo

estadounidenses serían afectados por la ratificación del Acuerdo de París, sin reconocer que corresponde a cada país articular los procesos de una transición de acuerdo con sus prioridades nacionales<sup>9</sup>. No obstante, esta noción sobre la economía y el empleo, deliberadamente manipulada, valió para que Trump llegara a la presidencia y pretendiera ralentizar aún más los avances en el consenso global para la transición energética que busca atender al mismo tiempo, la amenaza del cambio climático, el agotamiento de los combustibles fósiles y el cambio de los patrones de consumo de las nuevas generaciones en las principales economías (GCGET, 2019; Fuentes, 26 de septiembre de 2017).

Es posible que una primera llamada a la atención de los dirigentes de los sistemas políticos actuales respecto al futuro sea el movimiento «Fridaysforfuture» que congrega a jóvenes entre los 14 y 22 años de todo el orbe que exigen a los líderes mundiales una mayor e inmediata acción frente al cambio climático y el fin del uso de los energéticos fósiles. Su importancia radica en que las protestas de los millones de jóvenes, si bien hoy en día idealistas y desvinculados de partidos políticos en sus países, están integradas por nuevos votantes, quienes eventualmente presionarán los sistemas políticos e intereses empresariales a nivel mundial y cimbrarán el actual *statu quo*.

## **Conclusiones del capítulo 1**

La transición energética ha empezado a implementarse a nivel internacional, pero este cambio está siendo acompañado de un sinnúmero de retos y nuevos riesgos que enfrentan por igual países desarrollados, emergentes y menos desarrollados para suplir a los hidrocarburos por otras fuentes de energía y para mejorar la eficiencia y el ahorro energéticos. Es un hecho es que esta transición apunta a un sistema energético en el que la estructura internacional estará determinada por la capacidad tecnológica y de explotación de recursos que desarrolle cada país.

En la práctica se están experimentando desafíos propios de la transformación de los sistemas energéticos nacionales los cuales van desde cómo hacer más factible la coexistencia de las diferencias intrínsecas entre las energías renovables y fósiles hasta el desarrollo tecnológico que desempeña un papel central.

<sup>9</sup> CMNUCC. (2015). Acuerdo de París, del 12 de diciembre de 2015. Recuperado de [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)

En el plano internacional, se observan cambios en la estructura jerárquica de los mercados energéticos, la competencia por los recursos, y los patrones comerciales y de dependencia. A la par de estos cambios, la tecnología se abre paso para hacer a los sistemas energéticos más conectados, eficientes y sostenibles, tanto a base de energía renovable como fósil. No obstante, el componente tecnológico es susceptible de ciberataques. Si bien este tipo de vulnerabilidades ha creado nuevas formas de cooperación y nichos de mercado en el ámbito de la ciberseguridad y para el aprovechamiento de la energía renovable, también ha traído consigo nuevas formas de interacción y rivalidades en los mercados energéticos internacionales.

En la medida en que se consolida la nueva estructura mundial de energía las brechas entre los Estados son más notorias. Por un lado, se ubica el liderazgo tecnológico chino para aprovechar los energéticos renovables y el estadounidense en recursos no convencionales; mientras, la Unión Europea destaca por sus estrategias y objetivos claros para la transición; y el resto de los países que los siguen. Esto plantea nuevos riesgos a la seguridad internacional que deben atenderse desde los ámbitos social, económico y geoestratégico.

La carencia de energía en algunos países es potencialmente uno de los mayores riesgos durante la transición energética, ya que puede acrecentar los problemas sociales y económicos con impactos en la seguridad de un país o de una región. El caso de la migración masiva radica fundamentalmente en la pobreza energética extrema y la falta de fertilizantes asequibles está reduciendo las cosechas y aumentando la escasez de alimentos en regiones azotadas por el cambio climático. Pero la pobreza energética no es exclusiva de los países en desarrollo, pues la combinación de bajos ingresos, altos precios de la energía y un bajo rendimiento energético en los hogares ha hecho que la pobreza energética sea un reto creciente en muchos países desarrollados y emergentes.

## 2. SISTEMA DE ENERGÍA DE MÉXICO

El actual sistema de energía en México es producto de reformas legales realizadas en diferentes momentos. Su gobernanza, infraestructura, mercado, opciones de producción y obtención de energía para satisfacer la demanda interna contribuyen al funcionamiento del sistema mexicano, pero eso no implica que esté exento de episodios que pongan a prueba su seguridad y evidencien sus vulnerabilidades.

El aumento del consumo, deterioro de la infraestructura, robo de combustibles, corrupción y el agotamiento de los hidrocarburos representan sólo una parte de los riesgos a la seguridad energética de México que se vienen acumulando desde hace años. Su estudio, sin embargo, constituye un reto ya que, como afirman Cherp & Jewell (2011), estos y otros factores conforman un entramado que no es posible abordar por separado como se hacía antes.

No obstante, sobre la base de la definición de Jewell et al. (2014) de seguridad energética como «la baja vulnerabilidad de los sistemas de energía», la vulnerabilidad del sistema podría analizarse considerando los riesgos de carácter humano, natural y técnico del sistema energético (Winzer, 2012), cuya atención depende de las potenciales consecuencias negativas que resulten de la interacción de amenazas con vulnerabilidad en un espacio y tiempo particular (Lavell, 2001). En este sentido, la seguridad energética debiera estar enfocada a minimizar los riesgos en toda la cadena de suministro de energía, pasando por la infraestructura de transporte, transformación y distribución, hasta el uso final, (Yergin, 2011; Winzer, 2012), esto último incluye a la sociedad, industria, economía y medio ambiente, ya que en ellos subyace la noción de seguridad nacional.

A pesar de la complejidad que esto representa, en el presente capítulo se describe al sistema energético de México con el propósito de identificar la gobernanza sobre la infraestructura energética, el actual modelo de mercado y la estructura de la oferta y demanda en el país, así como también el impacto de éstos tres elementos en la seguridad energética mexicana. Asimismo, utilizando el aporte conceptual de Jewell et al. de seguridad energética se presenta una evaluación de las vulnerabilidades del sistema energético mexicano en la que se utiliza como guía el citado esquema de Winzer y se finaliza con una elección de indicadores para medir la seguridad energética.



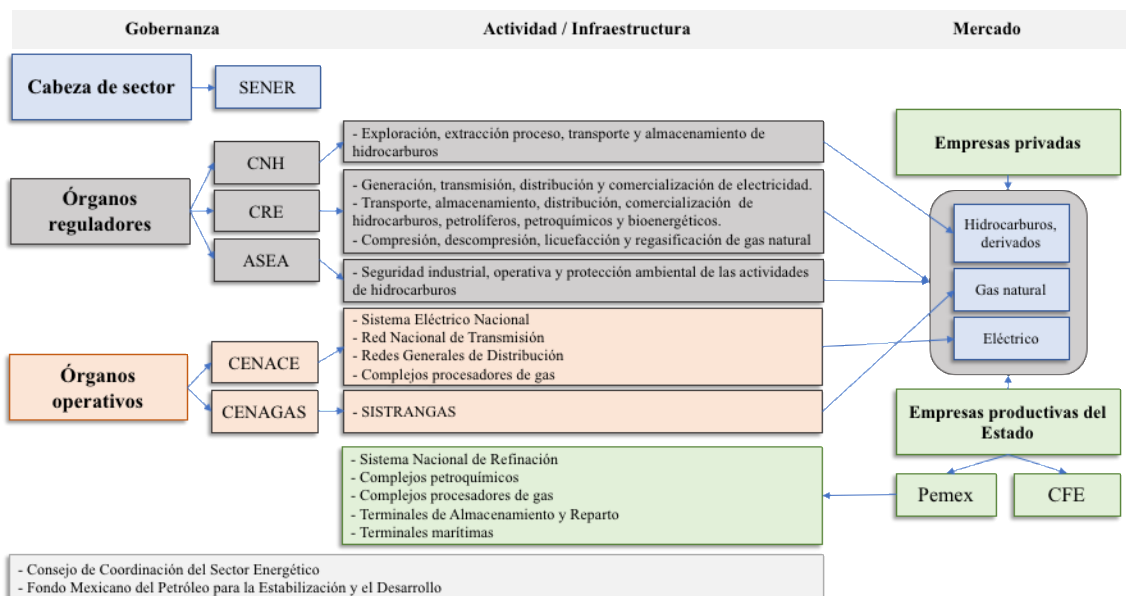
## 2.1. Sistema mexicano de energía

El estudio de la seguridad energética requiere considerar las características esenciales del sistema energético. Para ello es necesario tomar en cuenta la diversidad de las opciones para el suministro de energía. Éstas incluyen no sólo las fuentes energéticas, sino también la gobernanza, infraestructura, tecnología, producción, mercados e inversiones, así como la oferta y demanda energéticas. Observar cómo todos estos elementos se vinculan y refuerzan entre sí desde múltiples niveles facilita distinguir las vulnerabilidades del sistema de energía. En el caso de México, el actual sistema energético es producto de reformas que se han implementado a lo largo de 25 años, no obstante, las reformas de 2008 y 2013, especialmente esta última, marcan una diferencia sustancial sobre el funcionamiento de sistema mexicano de energía.

### 2.1.1. Gobernanza, infraestructura y mercado

En México existe un entramado jurídico-institucional que rige la gobernanza sobre la infraestructura energética, el tipo de tecnología utilizada para la producción de energía y el modelo de mercado para abastecer de los combustibles necesarios que, conjuntamente, contribuyen con la seguridad energética (Figura 2).

Figura 2. Sistema energético de México



Elaboración propia.

## Gobernanza

Con base en la Constitución, el Estado mexicano es quien ejerce de manera exclusiva la generación de energía nuclear, la planeación y control del sistema eléctrico nacional; el servicio público de transmisión y distribución eléctrica, y la exploración y extracción de petróleo y de los demás hidrocarburos<sup>10</sup>. Para ello, el gobierno federal cuenta con la SENER que funge como cabeza del sector energético, tres instancias de regulación técnica y económica en materia de hidrocarburos y electricidad y dos órganos operativos especializados en energía eléctrica y gas natural.

De acuerdo con la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF)<sup>11</sup>, la Secretaría de Energía (SENER) es la responsable de establecer y coordinar la política energética de México, así como de supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energéticas, el ahorro y eficiencia de energía y la protección ambiental. También tiene a su cargo la generación de energía nuclear; llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos, atendiendo los criterios de soberanía y seguridad energéticas; proponer al presidente el establecimiento de zonas de salvaguarda de hidrocarburos y la plataforma anual de producción de petróleo y gas para garantizar el abasto y la seguridad energética; establecer la política de restitución de reservas de hidrocarburos; asegurar el suministro de energía en territorio nacional; y establecer los términos y condiciones obligatorias de cobertura para el suministro eléctrico en las comunidades rurales y zonas urbanas marginadas.

En materia de hidrocarburos, la SENER puede otorgar, con carácter excepcional, asignaciones a Petróleos Mexicanos (Pemex) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la exploración y extracción de hidrocarburos; seleccionar las áreas para licitación; dar permisos para transformación de petróleo y procesamiento de gas natural, y exportación e importación de hidrocarburos y petrolíferos (actividades que antes de la reforma energética de 2013 se realizaban exclusivamente por Pemex); supervisar y regular la exportación e importación de hidrocarburos y petrolíferos; emitir el plan de expansión de la infraestructura de transporte por ducto y almacenamiento de gas natural; determinar la política sobre los niveles de almacenamiento y de garantía de suministro de hidrocarburos y petrolíferos, a fin de salvaguardar los intereses y la seguridad nacionales; dictar los planes de emergencia en los sistemas integrados de transporte por ducto y

<sup>10</sup> Artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

<sup>11</sup> Artículo 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

almacenamiento interconectados; y emitir los lineamientos en materia de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímica, a efecto de que la CRE los incorpore en la regulación<sup>12</sup>.

En temas de electricidad, la SENER tiene la facultad de establecer, conducir y coordinar la política en materia de energía eléctrica; dirigir la planeación y elaboración del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN); autorizar los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución; desarrollar programas indicativos para la instalación y retiro de centrales eléctricas; asegurar la coordinación con los órganos operativos (CENACE y CENAGAS); preparar y coordinar la ejecución de proyectos estratégicos de infraestructura; determinar asociaciones o contratos para el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación, ampliación, modernización, vigilancia y conservación de la infraestructura de transmisión y distribución de electricidad; así como establecer la política en materia de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad en el sistema eléctrico nacional<sup>13</sup>.

Por su parte, los tres órganos reguladores existentes son la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA). Aunque los reguladores son constitucionalmente parte del poder ejecutivo federal, la Constitución, la LOAPF y la Ley de los Órganos Reguladores les otorgan personalidad jurídica propia y autonomía técnica y de gestión<sup>14</sup>, pero tendrán que coordinarse con la SENER y demás dependencias gubernamentales para que sus funciones se realicen de conformidad con las políticas del ejecutivo federal, siendo que el «Ejecutivo Federal ejercerá sus facultades de regulación técnica y económica en materia de electricidad e hidrocarburos, a través de los Órganos Reguladores»<sup>15</sup> que, para el caso es a través de la SENER. En términos generales, los reguladores del sector energético en México tienen a su cargo emitir resoluciones, vigilar y supervisar su cumplimiento, otorgar permisos y autorizaciones relacionadas con el tema que cada una regula.

<sup>12</sup> Ley de Hidrocarburos.

<sup>13</sup> Ley de la Industria Eléctrica.

<sup>14</sup> Artículo 28, párrafo 8 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; y primer párrafo del artículo transitorio Décimo Segundo del Decreto por el que se reforma y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía; artículo 44 Ter de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; y artículo 3 de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética.

<sup>15</sup> Artículo 4 de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética.

En específico, la CNH, establecida por ley<sup>16</sup> el 28 de noviembre de 2008 e instalada el 20 de mayo de 2009, regula y supervisa las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos, así como el proceso, transporte y almacenamiento de hidrocarburos, procurando, de la mano de la SENER, la reposición de las reservas como garantes de la seguridad energética, la utilización de tecnologías adecuadas y la protección al ambiente. Además, es responsable de licitar, suscribir y rescindir contratos para la exploración y extracción de hidrocarburos; apoyar técnicamente a la SENER y administrar el Centro Nacional de Información de Hidrocarburos.

Por su parte, la CRE fue establecida desde 1994<sup>17</sup> junto con la apertura parcial del sector eléctrico. Desde 1994 ha sido responsable de los sectores de electricidad y gas natural y obtuvo poderes adicionales sobre la producción de hidrocarburos y energías renovables en 2008. Con la reforma energética de 2013, la CRE fortaleció su papel y hoy en día las leyes de Hidrocarburos, de la Industria Eléctrica y otras regulaciones le otorgan facultades para regular y otorgar permisos de generación de electricidad, y de transporte, almacenamiento, distribución, comercialización y expendio al público de hidrocarburos, petrolíferos, petroquímicos y bioenergéticos; para la compresión, descompresión, licuefacción y regasificación del gas natural; la generación, transmisión, distribución y comercialización pública y privada de electricidad. Asimismo, la CRE dicta o ejecuta las medidas sobre la calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad del suministro eléctrico, y solicita la aplicación de medidas de seguridad adicionales y propicia una adecuada cobertura nacional.

La ASEA se creó con la reforma energética de 2013<sup>18</sup>, pero a diferencia de la CNH y la CRE a las que se la reforma proporcionó independencia, la Agencia depende de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y no está reconocida en la Constitución como órgano regulador del sector energético mexicano. Entre las facultades de la ASEA se encuentran las de regular, supervisar, sancionar y aportar elementos técnicos en materia de seguridad industrial, operativa y protección ambiental en relación con las actividades del sector de hidrocarburos; definir medidas técnicas para ser incluidas en los protocolos de emergencias o situaciones de riesgo crítico o situaciones

<sup>16</sup> Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos.

<sup>17</sup> Decreto por el que se crea la Comisión Reguladora de Energía como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal del 4 de octubre de 1993.

<sup>18</sup> Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos.

que puedan dañar a personas, bienes y al ambiente; así como establecer mecanismos para que la CNH y la CRE informen sobre siniestros, accidentes, incidentes, emergencias, fugas y derrames de hidrocarburos.

Adicionalmente, en 2013 se creó el Consejo de Coordinación del Sector Energético y el Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo. El Consejo funge como mecanismo de coordinación entre la SENER, los órganos reguladores y demás dependencias gubernamentales, y esencialmente tiene la facultad de emitir recomendaciones sobre política energética y programas para incluirlos en los programas anuales de trabajo de los organismos reguladores, así como también analiza las observaciones de los reguladores y casos específicos que pudiesen afectar el desarrollo de políticas públicas en materia de energía<sup>19</sup>. Por su parte, el Fondo, cuyo fiduciario es el Banco de México y está conformado por la SENER, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y tres personas designadas por el presidente, tiene como objetivo recibir, administrar y distribuir los ingresos derivados de las asignaciones a las empresas productivas del Estado de los contratos con estas empresas y con particulares<sup>20</sup>; es de esperarse que las ganancias de las empresas productivas del Estados, especialmente las de Pemex, sigan los lineamientos de las instituciones internacionales, pero la estructura del propio Fondo sugiere que los ingresos seguirán siendo administrados por la SHCP bajo la dirección del presidente.

En la parte operativa, con la aprobación de las leyes secundarias el 28 de agosto de 2014 se crearon dos organismos: el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) y el Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENAGAS), ambas instituciones gozan de personalidad jurídica y patrimonio propio, y sus directores generales son designados y removidos por el presidente a propuesta del titular de las SENER.

El CENACE fue desincorporado de la CFE y se establece como un Operador Independiente del Sistema (ISO por sus siglas en inglés). El CENACE<sup>21</sup> tiene a su cargo el control operativo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y la operación del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM); así como la función de garantizar el acceso abierto y no discriminatorio a la Red Nacional de Transmisión y a las Redes Generales de

<sup>19</sup> Capítulo VI de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética.

<sup>20</sup> Artículo 28, párrafo 6 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; y artículos transitorios Décimo Cuarto y Décimo Quinto del Decreto por el que se reforma y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía.

<sup>21</sup> Artículo segundo del Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Control de Energía.

Distribución, y proponer la ampliación y modernización tanto de las redes de Transmisión y de Distribución que correspondan al MEM. El CENACE realiza estas tareas en condiciones de eficiencia, calidad, confiabilidad, seguridad y sustentabilidad. Cabe destacar que, en los considerandos del Decreto de creación del CENACE resaltan que la planeación y control del sistema eléctrico y los servicios públicos de transmisión y distribución de electricidad son áreas estratégicas consideradas en la Constitución por lo que los bienes para el funcionamiento, mantenimiento y operación de tales actividades son considerados infraestructura estratégica en términos de la Ley de Seguridad Nacional. En línea con lo anterior, el gobierno federal puede hacer la requisita de los bienes muebles e inmuebles necesarios para el suministro eléctrico y disponer de todos ellos como juzgue conveniente en caso de desastre natural, guerra, huelga, grave alteración del orden público o cuando se tema algún peligro inminente para la seguridad nacional, la seguridad interior del país, la economía nacional o la continuidad del suministro eléctrico<sup>22</sup>.

Por su parte, el CENAGAS absorbió la red de gasoductos de Pemex y también se crea como un ISO para el sector del gas natural, por lo que es el actual gestor, administrador y operador del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural (SISTRANGAS), cuyo objeto es garantizar la continuidad y seguridad de los servicios en este sistema para contribuir con la continuidad del suministro en el territorio nacional<sup>23</sup>. De igual manera, el CENAGAS tiene la responsabilidad de gestionar y administrar los ductos y plantas de almacenamiento vinculadas a los ductos de internación de gas natural que estén conectados con el SISTRANGAS; tratándose de alertas críticas, o de casos de fuerza mayor que afecten la operación del Sistema, el CENAGAS puede aplicar el orden de prelación para el suministro de gas natural<sup>24</sup>.

En la labor de planeación energética, la SENER debe considerar como base el Plan Nacional de Desarrollo, documento del que se desprenden los demás planes y programas propuestos por organismos reguladores y operativos. Por ejemplo, en el área contractual la CNH prepara un plan quinquenal para la exploración y extracción de hidrocarburos que posteriormente se analiza, aprueba y emite por la SENER<sup>25</sup>. Otro de los temas de gran importancia es la infraestructura física, en este ámbito, considerando la opinión de

<sup>22</sup> Artículo 155 de la Ley de la Industria Eléctrica.

<sup>23</sup> Artículo segundo del Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Control de Gas Natural.

<sup>24</sup> Artículo cuarto, fracciones II y XIV, del Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Control de Gas Natural.

<sup>25</sup> Artículo 16, fracción V; artículo 19, fracción XI, del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.

la CRE, la SENER emite planes de emergencia de los sistemas integrados de transporte por ducto y almacenamiento<sup>26</sup>; en conjunto, la SENER y el CENACE desarrollan los programas de ampliación y modernización de las líneas de distribución y transmisión, así como para la instalación y retiro de centrales eléctricas<sup>27</sup>; y con el CENAGAS se elabora un plan quinquenal de expansión y optimización de la infraestructura por ducto y almacenamiento de gas natural<sup>28</sup>.

En resumen, considerando a las principales instituciones de la gobernanza del sistema energético de México coexiste un mando de cuatro cabezas en el área de hidrocarburos (SENER, la CRE, la CNH y el CENAGAS) y tricéfalo en electricidad (SENER, la CRE y CENACE), así como un régimen de excepción para Pemex y CFE. Esto crea un sistema de energía complicado organizacionalmente, desbalanceado e intervencionista en el mercado y en cierta forma acéfalo ante eventos operativos que ocasionen interrupciones al suministro de combustibles y apagones de electricidad.

## **Infraestructura**

Uno de los objetivos de la política energética de México es la seguridad del suministro, no obstante, dentro de los enfoques más recientes sobre la seguridad del abastecimiento de energía se encuentra la seguridad de la infraestructura. Por ejemplo, la Unión Europea<sup>29</sup> y Estados Unidos (CRS, 10 de junio de 2015; 8 de julio de 2019) coinciden en que la seguridad de la infraestructura debe contemplar las amenazas tecnológicas, naturales y las provocadas por el hombre que puedan provocar un impacto en la economía, la salud, la sociedad y la seguridad pública y nacional; en ambos casos se considera a la cadena de producción, transformación y abastecimiento de petróleo, gas y electricidad como la infraestructura a la cual es necesario proteger. En el caso de México, es común encontrar en el marco legal vigente referencias al término infraestructura estratégica, pero es en el artículo 146 de la Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Pública en la que se brinda la definición siguiente:

...se considera instalaciones estratégicas, a los espacios, inmuebles, construcciones, muebles, equipo y demás bienes, destinados al funcionamiento, mantenimiento y operación de las actividades consideradas como estratégicas por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como

<sup>26</sup> Artículo 22, fracción IX, del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.

<sup>27</sup> Artículo 13, fracción X; artículo 14, fracciones IV y VI, del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.

<sup>28</sup> Artículo 16, fracción XVIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.

<sup>29</sup> Directiva 2008/114/CE del Consejo del 8 de diciembre de 2008.

aquellas que tiendan a mantener la integridad, estabilidad y permanencia del Estado Mexicano, en términos de la Ley de Seguridad Nacional.

Con base en este concepto y considerando que la Constitución establece como actividades estratégicas, entre otras, las relacionadas con la generación de energía nuclear, la planeación y control del sistema eléctrico, la transmisión y distribución de electricidad, y la exploración y extracción de petróleo e hidrocarburos<sup>30</sup>, se entiende que en México las instalaciones estratégicas son las que permiten el buen funcionamiento del sistema energético, su organización o instituciones. Consecuentemente, existe un estrecho vínculo entre la seguridad de las instalaciones energéticas con la de otros sectores económicos y de éstos con la población. En todo caso, la infraestructura energética constituye la columna vertebral de la economía y del bienestar social.

Si bien el marco para la gobernanza institucional del sector energético logra sentar la base legal para la operatividad de la infraestructura del sistema mexicano de energía, su protección corre a cargo del marco institucional de seguridad pública en México. En principio, la protección de las instalaciones estratégicas le corresponde a la Guardia Nacional<sup>31</sup> creada en marzo de 2019<sup>32</sup>, no obstante, debido a que esta instancia no había desarrollado plenamente su estructura, capacidades e implantación territorial, en mayo de 2020 el presidente Andrés Manuel López Obrador ordenó el despliegue de las fuerzas armadas de manera extraordinaria y complementaria a las funciones de la Guardia Nacional hasta el 27 de marzo de 2024<sup>33</sup>, esto incluye el resguardo de las instalaciones de carácter estratégico, entre ellas la infraestructura energética.

Antes de evaluar las vulnerabilidades de la infraestructura energética es necesario identificarla, en el caso mexicano ésta se puede dividir en tres segmentos interrelacionados: petróleo, gas natural y electricidad (Tabla 2).

<sup>30</sup> Artículo 28, párrafo cuatro, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

<sup>31</sup> Artículo 9, fracción II, incisos d) y e) de la Ley de la Guardia Nacional.

<sup>32</sup> Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de Guardia Nacional del 26 de marzo de 2019.

<sup>33</sup> Artículos primero y segundo del Acuerdo por el que se dispone de la Fuerza Armada permanente para llevar a cabo tareas de seguridad pública de manera extraordinaria, regulada, fiscalizada, subordinada y complementaria del 11 de mayo de 2020.



Tabla 2. Infraestructura energética en México

Infraestructura	Función	Subsistema / Nombre / Número		
<b>Petróleo</b>				
Sistema Nacional de Refinación	Transformación	1. Cadereyta 2. Madero 3. Tula 4. Salamanca 5. Minatitlán 6. Salina Cruz		
Complejos petroquímicos	Transformación	1. Cosoleacaque 2. Pajaritos 3. Morelos 4. La Cangrejera	5. Escolín 6. Independencia 7. Reynosa 8. Ciudad Camargo	
Terminales Marítimas	Logística	1. Madero 2. Tuxpan 3. Pajaritos 4. Salina Cruz 5. Guaymas		
Terminales de Almacenamiento y Reparto	Logística	73 TAR en total		
Activos en exploración y producción	Producción	356 campos en producción 7.671 pozos en explotación 252 plataformas marinas		
Estaciones de servicio	Logística	12.000		
<b>Gas natural</b>				
SISTRANGAS	Logística	1. Sistema Nacional de Gasoductos 2. Gasoducto de Tamaulipas 3. Gasoducto Zacatecas 4. Gasoducto de Bajío 5. Gasoducto Ramones I 6. Gasoducto Ramones II 7. Gasoducto Ramones Sur		
Complejos procesadores de gas	Transformación	1. Reynosa 2. Burgos 3. Arenque 4. Poza Rica 5. Matapionche	6. La Venta 7. Cactus 8. Nuevo Pemex 9. Ciudad Pemex	
Puntos de internación con Estados Unidos	Logística	1. Tijuana 2. Mexicali 3. Algodones 4. Nogales 5. Naco 6. Agua Prieta 7. Agua Prieta 8. San Jerónimo	9. EL Hueco 10. Acuña 11. Piedras Negras 12. Cd Mier 13. Argüelles 14. Reynosa 15. Reynosa 16. Rio Bravo	17. San Isidro 18. Sásabe 19. Camargo 20. Argüelles 21. San Elisario 22. Presidio 23. Nueva Era 24. Nueces
<b>Electricidad</b>				
Sistema Eléctrico Nacional	Logística	1. Sistema Interconectado Nacional 2. Sistema Baja California 3. Sistema Baja California Sur 4. Sistema Mulegé		
Centrales eléctricas	Producción	797 (526 con tecnología convencional y 271 limpia)		
Red Nacional de Transmisión	Logística	108,018 kilómetros 2.236 subestaciones eléctricas		
Redes Generales de Distribución	Logística	838,831 kilómetros		

Elaboración propia. Fuente: Pemex (2019a; 2020b); SENER. (2018c; 2019a; 2019b).

Aunque la operatividad y el resguardo físico de las instalaciones energéticas en México están claramente delimitados, el funcionamiento cotidiano de la infraestructura de los tres grandes segmentos de combustibles del sistema de energía en el país es relativamente bueno, pero existen nodos críticos que requieren ajustes para garantizar una mayor seguridad en casos de una contingencia.

Con la reforma energética se obligó a Pemex a entregar al recién creado CENAGAS el control de sus 87 tuberías de gas natural con casi 9.000 kilómetros y con una capacidad para transportar más de 5.000 millones de pies cúbicos diarios de gas natural (Pemex, 29 de octubre de 2015); la función de la paraestatal se redujo a dar mantenimiento y brindar asesoría operativa del Sistema Nacional de Gasoductos (SNG). No obstante, este sistema constituye la parte medular del transporte y suministro no sólo de gas natural, sino también de las áreas de producción, refinación y petroquímica. A través de la red de ductos, las seis refinerías envían gasolina, diésel y gas licuado de petróleo (LP) a las 73 Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR) distribuidas a lo largo del país para posteriormente llevarlos a las distintas estaciones de servicio por medio de autos tanque. Tanto las refinerías como las TAR y los autos tanque son propiedad de Pemex<sup>34</sup>. El problema, apunta Romo (2016), es que la insuficiente capacidad de almacenamiento de crudos en las refinerías y de destilados en las TAR en ocasiones provoca la saturación de algunos ductos, principalmente en el centro del país, cuando acontecen fallas técnicas o eventos extraordinarios como los accidentes por fugas o robo de combustible, a los que se suma la utilización no óptima de la red de gasoductos y su obsolescencia.

Cuando ocurrió el desabasto de gasolina y diésel en diciembre de 2016 y enero de 2017<sup>35</sup>, se evidenciaron una serie de elementos sobre el funcionamiento del sistema y de la infraestructura, entre ellos la caída de la producción en las refinerías, la escasa capacidad de almacenamiento, las fallas y robos en los ductos de distribución y la insuficiencia en autos tanque para la distribución de los combustibles, factores a los que se sumaron el aumento de la demanda que se originó debido a la preocupación por parte

<sup>34</sup> Pemex es propietaria de 73 terminales de almacenamiento y reparto de gasolinas, de las cuales 35 están conectadas a poliductos, 19 reciben el producto por autos tanque, 10 por medio de embarcaciones y una de ellas por carros tanque. Su infraestructura puede almacenar 1,9 mil millones de litros de petrolíferos (casi 12 millones de barriles), lo cual promedia 2,9 días en inventarios para el abasto en el país (3,4 días de gasolinas, 3,4 días de diésel y dos días de turbosina). En Strategy& (2019).

<sup>35</sup> Este evento se aborda en el apartado 2.2. Evaluación de las vulnerabilidades de la seguridad energética en México.

de la sociedad ante el aumento de los precios de la gasolina y el diésel ya que, a partir de 2017, éstos quedarían sujetos a la evolución de los precios en el mercado internacional.

En el caso específico del gas natural, parte de las fallas de la infraestructura que se evidenciaron cuando el consumo aumentó y la producción comenzó a caer en 2010, fueron solventadas con la construcción de puntos de internación con Estados Unidos que conectan directamente con el SISTRANGAS, ahora administrado por el CENAGAS, y que permite distribuir el gas natural hacia el interior del territorio nacional<sup>36</sup>.

Respecto a la infraestructura en materia de electricidad, México cuenta con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) que se divide en cuatro subsistemas separados: 1) el Sistema Interconectada Nacional (SIN), que cubre el área continental del territorio mexicano; 2) el Sistema Baja California que está aislado, pero interconectado con el estado de California; 3) el Sistema Baja California Sur que está aislado; y 4) el Sistema Mulegé que es una pequeña región aislada en el medio de la península de Baja California<sup>37</sup>.

Con la reforma energética, todo el control operativo del SEN, incluyendo las redes de transmisión y distribución, fue tomado de la CFE y transferido al CENACE. La responsabilidad del nuevo operador del SEN cobra una dimensión extraordinaria al considerar que la Red Nacional de Transmisión (RNT) es el agregado de equipos, materiales y sistemas instalados en 2.236 subestaciones eléctricas conectadas a través de 108 mil kilómetros de líneas sostenidas por 355 mil estructuras repartidas en casi 2 millones de kilómetros cuadrados del territorio mexicano; a todo este sistema se le suma la coexistencia de diferentes tecnologías que van desde medios de comunicación por onda, microondas, radio y fibra óptica, hasta equipos de protección electromecánicos y de medición mecánicos, analógicos, digitales y fasoriales<sup>38</sup>, así como sistemas de automatización, adquisición de datos y protección como el SCADA, SICLE, SISCO PROMM<sup>39</sup>, entre otros (Armengol, 18 de mayo de 2020).

<sup>36</sup> La expansión de la infraestructura para la distribución de gas natural en México se aborda en el apartado 3.2. Transición al gas natural.

<sup>37</sup> La problemática de esta infraestructura se aborda en el apartado 3.5.3. Sector eléctrico.

<sup>38</sup> Los dispositivos fasoriales permiten analizar, con precisión y velocidad, el estado de un sistema eléctrico de transmisión y distribución en tiempo real, y contribuye a detectar y reaccionar ante problemas emergentes que afecten la calidad del servicio eléctrico.

<sup>39</sup> El SICLE (Sistema de Información y Control Local de Estación) tiene el propósito de automatizar las subestaciones eléctricas, evaluar su comportamiento, replazar al sistema SCADA y ser el centro de información y control de la subestación, aloja programas para la operación, monitoreo de transformadores e interruptores, análisis de fallas y mantenimiento preventivo y predictivo. En Gutiérrez y Vega (1997). El SISCO PROMM (Sistema Integrado para el Control, Protección, Medición y Mantenimiento de Subestaciones Eléctricas) es un esquema de control, protección y medición en el que todas las señales

Afortunadamente, hasta el momento las principales contingencias que han incidido en la seguridad de la infraestructura eléctrica están relacionados con fenómenos meteorológicos, especialmente huracanes y tormentas tropicales, que han provocado daños a las redes de transmisión y distribución con un alcance regional. El hecho de que estos sucesos sean predecibles facilita la aplicación de medidas preventivas para disminuir los riesgos.

No obstante, la diversidad de sistemas automatizados utilizados en la infraestructura de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en México la hace susceptible a amenazas cibernéticas. En la Agenda Nacional de Riesgos de 2015 elaborada por el Centro de Información y Seguridad Nacional (CISEN) de México se advierte que el país cuenta con escasa capacidad de prevención y casi nula de reacción ante incidentes cibernéticos con potencial para comprometer infraestructuras críticas debido a la obsolescencia de programas y equipamiento; una evaluación de riesgos inconclusa sobre la infraestructura que soporta servicios públicos y privados cuya inhabilitación generaría caos; la inexistencia de planes de continuidad de operaciones críticas y sistemas que generen un respaldo de la información y permitan su recuperación. Incluso, el CISEN destaca que un ataque a centrales eléctricas o nucleares dejaría sin energía a ciudades o regiones enteras y afectaría el suministro de combustibles (Monterrosa, 18 de septiembre de 2016).

Por otra parte, existen retos operativos, de resguardo, conservación y ampliación de la red de transmisión eléctrica que resultan de la concentración del mayor consumo eléctrico en cuatro regiones; Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara y La Laguna, y de la reducida densidad poblacional de algunas zonas del país. Además, se han identificado problemas de transmisión, entre los principales se encuentran la falta de interconexión entre los sistemas de Baja California, Baja California Sur, Mulegé y el Interconectado Nacional, así como la limitada transmisión eléctrica hacia la península de Yucatán, región en la que por cierto se observan precios más altos que en el resto del país. Sobre estos últimos problemas se ha planteado su solución a través de esquemas de asociación o contratos entre empresas privadas y la CFE y que actualmente ya se contemplan en el marco de la apertura del mercado energético en México.

operativas se concentran localmente en un controlador principal de cada subestación eléctrica. En INEEL (2011).

## **Mercado**

La reforma constitucional de 2013 y la legislación secundaria en 2014 introdujeron innumerables cambios en el mercado energético en México, sin embargo, por su importancia en la seguridad energética se abordan tres puntos relacionados directamente con la gobernanza y la infraestructura del sistema energético mexicano: 1) la participación de la iniciativa privada nacional y extranjera en la cadena de valor de las áreas de petróleo, gas natural y electricidad; 2) la regulación de dicha participación; y 3) las principales inconsistencias de la regulación.

Cuando Felipe Calderón Hinojosa asumió la presidencia era consciente de la caída de la producción de crudo, ya que fue titular de la SENER con su antecesor. Esto motivó a su administración a impulsar una reforma energética en 2008 que permitió a Pemex celebrar contratos de servicios con compañías privadas tanto nacionales como extranjeras en actividades de exploración y producción petrolera, aunque Pemex continuaba siendo el único facultado constitucionalmente, al igual que la CFE, para realizar las actividades estratégicas en materia de energía. Aun así, la reforma de 2008 sirvió para allanar el camino hacia la reforma de 2013.

Con la reforma, la exploración y extracción de hidrocarburos permanecieron en manos del Estado de forma exclusiva y, dado que estas actividades son consideradas de interés social y de orden público, adquirieron prioridad con respecto a las demás actividades del sector energético por lo que se niegan las concesiones. No obstante, se optó por un esquema de asignaciones conocido como «rondas» del cual se le dio la primera asignación «directa y con carácter excepcional» a Pemex<sup>40</sup> y las asignaciones a las empresas privadas nacionales y extranjeras se dieron a través de «rondas» de licitación que se formalizaron con la celebración de cuatro tipos de contratos: licencias, contratos de producción compartida, contratos de ganancia compartida y contratos de servicios.

Una de las observaciones a las rondas de licitación y los contratos es la multiplicidad de entes gubernamentales que intervienen en ellos, y que hacen que la nueva estructura del mercado de hidrocarburos sea compleja, dispersa y no pocas veces contradictoria. Por ejemplo, mientras la SENER es la encargada de diseñar los contratos y definir qué yacimientos de petróleo y gas se subastarán, la SHCP se responsabiliza de establecer los

<sup>40</sup> Artículo Tercero Transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía.

términos fiscales y económicos de los contratos, así como de determinar los precios de una gama de productos derivados de petróleo al amparo de la Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos<sup>41</sup>; sin embargo, este ordenamiento no especifica el tipo de contrato ni sus características, en consecuencia la SHCP tiene amplia libertad para establecer las cargas fiscales y el monto de las ganancias que se compartirá con las empresas privadas. A esto Johnston (2007) lo describe como «la característica distintiva de cada contrato» (p.56) que se reduce a dónde, cuándo y si la propiedad de hidrocarburos puede transferirse a una empresa privada o no.

Por otra parte, en principio la CNH y la CRE son responsables de facilitar el proceso de licitación, mientras la CNH tiene a su cargo todo el proceso de licitación de las actividades de exploración y producción de hidrocarburos, la CRE otorga los permisos para el transporte vía terrestre o por ducto, almacenamiento y comercialización. No obstante, toda vez que los productores privados de hidrocarburos no tienen la obligación de abastecer el mercado nacional y la ley les permite exportar su producción, es en estos casos que la SENER entra como permisionario para otorgar licencias de exportación.

El problema en este sentido es que al transitar de un modelo de monopolio estatal a uno de competencia abierta representa que Pemex ya no tiene la responsabilidad de cubrir el suministro de hidrocarburos, mientras que antes de la reforma energética debía hacerlo a cualquier costo. Por supuesto, la rentabilidad del negocio en un gran mercado como el mexicano siempre es atractivo para los inversores privados de ahí que para garantizar uno de los componentes de la seguridad energética, la asequibilidad, se estableció un régimen transitorio de precios. A partir de 2016 se permitió a empresas privadas importar combustibles; se pasó de un esquema de precios fijos a uno de precios libres determinados por el mercado y se modificaron los contratos de franquicia entre Pemex y las estaciones de servicio; pero el precio de venta a mayoreo y las tarifas de transporte y almacenamiento están reguladas hasta que no existan condiciones de competencia (García Pérez, 2018). Esto implica que hoy en día persista un esquema de mercado regulado por el Estado en el que difícilmente las empresas privadas pueden determinar los precios.

Un elemento de vital importancia para la seguridad del suministro de combustibles es el almacenamiento. Habida cuenta de la insuficiencia de instalaciones requeridas por los nuevos comercializadores de gasolinas, diésel y turbosina; de que la demanda crecerá y

<sup>41</sup> Título Segundo de los Ingresos por Contratos de la Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos.

del potencial riesgo de desequilibrios a corto plazo, los inversores privados han mostrado interés en desarrollar infraestructura adicional a la de Pemex. Como opción inmediata se han sugerido utilizar la capacidad de almacenamiento de la CFE, pero sólo el 70 por ciento de la capacidad de la Comisión podría estar a disposición de los privados después de 2020<sup>42</sup>. Hasta ahora, la participación de los privados en la construcción y operación de centrales de almacenamiento es incipiente<sup>43</sup>, pero actualmente ya se desarrollan varias terminales privadas de almacenamiento y distribución de combustibles entre las que destacan las obras en la terminal de Tuxpan<sup>44</sup> que permitirá aumentar la capacidad de transporte en el corredor que lleva a Tula<sup>45</sup>, así como también ya hay inversiones privadas en Tabasco (Dos Bocas), Veracruz (Coatzacoalcos, Pajaritos), Tamaulipas (Altamira), Yucatán (Progreso), Colima (Manzanillo), Nuevo León (zona metropolitana de Monterrey) y San Luis Potosí (Strategy&, 2019).

A medida que estos proyectos entren en operación, México podría disminuir riesgos en el abastecimiento ante eventualidades adversas, al tiempo que permitirá visualizar cómo la incursión privada en actividades de almacenamiento y distribución impactará en regiones y actividades estratégicas. Otro punto importante para garantizar la seguridad del suministro y reducir la dependencia externa de productos derivados de petróleo es que éstos pudiesen tener un mayor contenido nacional. En teoría, los privados ya pueden llevar a cabo actividades de transformación de petróleo y gas natural y aunque ya hay planes para construir refinerías bajo esquemas público-privado, hasta ahora los actores privados han preferido importar y aprovechar los bajos costos de los combustibles estadounidenses. En palabras de Rodríguez (2018) éste es un riesgo calculado que se disipará a largo plazo si se crean y prevalecen condiciones favorables para detonar la inversión privada o incluso la inversión pública.

Cabe añadir que los comercializadores de hidrocarburos y sus derivados deben cumplir con las disposiciones de seguridad de suministro establecidas por la SENER, de lo

<sup>42</sup> Hasta principios de 2019, la posibilidad de utilizar la capacidad de almacenamiento de la CFE no había sido confirmada por SENER, pero la CFE ya cuenta con permisos de la CRE para adecuar algunas de sus plantas de almacenamiento, por ejemplo, casi 51 millones de litros en Manzanillo.

<sup>43</sup> Al 2019, la participación privada en el almacenamiento de gasolina fue del 7 por ciento y de diésel 20 por ciento.

<sup>44</sup> La terminal de Tuxpan en el estado de Veracruz es propiedad de Pemex y se caracteriza porque el 85 por ciento de su volumen de almacenamiento y distribución es de productos refinados: 2.240.000 barriles de gasolina y 120.000 barriles de diésel, el resto otros productos.

<sup>45</sup> El corredor Tula abastece a los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Morelos y Querétaro que, conjuntamente, requieren de un suministro cercano a 234 mil barriles diarios de gasolina, 88 mil de diésel y 35 mil de turbosina.

contrario, la instancia que haya expedido el permiso (SENER o CRE) podrá llevar a cabo la ocupación temporal o la intervención con la finalidad de garantizar los intereses de la Nación, y para dar continuidad a las actividades podrá contratar a las empresas productivas del Estado o a terceros<sup>46</sup>. En el caso de los refinadores, procesadores de gas, transportistas y demás participantes, el Estado puede ocupar temporalmente los bienes, derechos e instalaciones necesarias, en los supuestos previstos en la Ley de Expropiación o cuando el permisionario incumpla sus obligaciones por guerra, desastre natural, grave alteración del orden público o cuando se prevea un peligro inminente para la seguridad nacional, la seguridad energética o la economía nacional<sup>47</sup>.

Para el caso del gas natural prácticamente la reforma energética de 2013 reforzó la participación de privados nacionales y extranjeros en la construcción, transporte, distribución y comercialización que ya se venía dando abiertamente desde la creación de la CRE en 1994 y la reforma a la Ley reglamentaria del artículo 27 constitucional en 1995. A partir de 2016, se permitió que las tuberías construidas por los privados se integraran bajo los principios de acceso abierto al SNG que ahora es operado por el CENAGAS y quien además tiene la responsabilidad de supervisar el proceso de licitación por el que los privados pueden invertir en la construcción de nuevos ductos en México. Una de las partes notables de la liberalización del mercado de gas natural es que la tarifa conocida como Venta de Primera Mano (VPM) que Pemex venía aplicando a los precios de este combustible finalizó formalmente en junio de 2017. Anteriormente, los precios del gas natural se vinculaban a los precios en el sur de Texas y lo que Pemex hacía era que tomaba el precio de los productos básicos y agregaba los costos de transporte, distribución y comercialización para determinar la tarifa VPM, pero esto resultaba en pérdidas monetarias para la ahora empresa productiva de Estado. Con la reforma energética se cumplió con los contratos que existían y con aquellos acuerdos de compra-venta a largo plazo con la CFE que hasta ahora ha respetado la tarifa VPM; en algunos casos se han hecho arreglos directamente con Pemex en los que generalmente se acuerda que los costos adicionales sean transferidos al comprador, la CFE. Cabe señalar que la reforma ha permitido que la CFE emerja como un actor dominante y monopolístico en toda la cadena de valor del mercado del gas natural en México.

<sup>46</sup> Artículos 49 y 57 de la Ley de Hidrocarburos.

<sup>47</sup> Artículo 58 de la Ley de Hidrocarburos.



En materia de electricidad, la reforma eliminó las limitaciones a la apertura parcial en la generación eléctrica que se hizo con la modificación a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en 1992 y con la que comenzó a otorgarse permisos a actores privados para producir electricidad bajo esquemas de producción independiente para venta a la CFE, autoabastecimiento, cogeneración, pequeños productores (menos de 30 MW de capacidad), y de importación y exportación<sup>48</sup>. Décadas después, la producción independiente y el autoabastecimiento probaron ser de importancia crítica para la seguridad del suministro eléctrico; y la cogeneración y los pequeños productores se utilizaba para incorporar fuentes limpias a la matriz eléctrica de México. Para Wood y Martin (2018) los cinco tipos de permisos destacaron la diferencia en el nivel de sensibilidad política de la electricidad frente al petróleo.

Con la reforma de 2013 y las leyes secundarias de 2014, el Estado mantuvo la exclusividad en la planeación en materia eléctrica a través de la SENER y el control operativo del SEN a través del CENACE. Legalmente, la nueva estructura del mercado eléctrico mexicano ahora se caracteriza por ser una actividad competitiva en la que se permite la inversión privada en toda la cadena de valor: generación, comercialización, transmisión y distribución; así como por la introducción de procesos de subasta y de participantes considerados usuarios y proveedores calificados; no obstante, todas estas actividades continúan siendo reguladas por el Estado.

Para la generación y comercialización de electricidad, la ley determinó el desplazamiento del monopolio de la CFE y ahora los actores privados pueden competir entre ellos y con esa empresa productiva del Estado. Para ello se creó el MEM, operado por el CENACE, al que desde 2016 están obligados los usuarios calificados (mayor de 30 MW de capacidad), incluyendo a la CFE, y para el cual la CRE diseñó un tipo de contacto eléctrico y una metodología para la medición, facturación y venta de energía.

En cuanto a los productores con una capacidad menor, especialmente los productores a través de los esquemas conocidos como de «generación distribuida» (500 KW de capacidad), no requieren un permiso de la CRE para producir electricidad, pero sí un contrato de interconexión. Suelen generar energía eléctrica con fuentes renovables, estar cerca del sitio de consumo y estar conectados a una red de distribución. La SENER, el CENACE y la CRE conjuntamente regulan su venta de electricidad, aunque por ahora

<sup>48</sup> Artículo 36 del Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica del 23 de diciembre de 1992.

también se les permite acceder al MEM siempre y cuando estén representados por un usuario calificado, de ahí que la CRE aún está haciendo esfuerzos para mejorar el mercado minorista de electricidad en México.

En materia de transmisión y distribución eléctrica, si bien la CFE mantuvo la administración de estas actividades, por ley las empresas privadas ya pueden participar en el financiamiento, instalación, operación, mantenimiento y expansión de las redes de transmisión y distribución de electricidad mediante permisos otorgados por la CRE y con la garantía de que el CENACE permitirá un acceso abierto y no discriminatorio a estas actividades. De hecho, en los PRODESEN 2017 y 2018 (SENER, 2017c; 2018c) se consideró entre los proyectos estratégicos para compartir con la iniciativa privada a las interconexiones para las penínsulas de Baja California y de Yucatán. En el caso del primero, desde en 2016 la SENER instruyó a la CFE a formar asociaciones o celebrar contratos con particulares para conectar la red de Baja California en Mexicali con el SIN cerca de Hermosillo, Sonora. Este proyecto contempló una línea de transmisión de 1.400 kilómetros de largo, una corriente continua de alto voltaje de 1.5 GW, la utilización de energía eólica y una inversión de 1.100 millones de dólares; a la licitación publicada en febrero de 2018 se presentaron 109 interesados de los cuales sólo precalificaron siete; no obstante, sin mediar una razón, todo el proceso fue cancelado por la administración de Andrés Manuel López Obrador en enero de 2019 y el proyecto ya no fue considerado en el PRODESEN del nuevo gobierno (SENER, 2016d; enero de 2018; 2019b; Proyectos de México, 21 de enero de 2019).

El hecho de que 109 empresas se presentaran a la ronda de licitación del proyecto de interconexión de Baja California es sólo un ejemplo de que los privados, tanto nacionales como extranjeros, han tenido un gran interés en el mercado eléctrico en México, incluso el número licitaciones para la energía eléctrica renovable son una muestra de que este tipo de fuentes en la matriz eléctrica mexicana podrían ser una opción a mediano y largo plazo para garantizar el suministro de electricidad en México, especialmente en las zonas apartadas de los grandes centros de generación.

El riesgo ahora es la falta de continuidad en los procesos derivados de la reforma y las leyes secundarias. Ejemplo de esto es la suspensión temporal por parte del CENACE<sup>49</sup> en mayo de 2020 de todas las pruebas preoperatorias para cerca de 28 plantas de energía

<sup>49</sup> El CENACE expidió cuatro acuerdos (1 de abril, 9 de abril, 30 de abril y 4 de junio de 2020) sobre la suspensión de procedimientos hasta el 14 de junio de 2020.

eólica y solar, aparentemente para subsanar los fallos del servicio de transmisión y preservar la seguridad y confiabilidad de la red de transmisión mexicana durante la baja demanda de electricidad ocasionada por la pandemia de COVID-19. No obstante, esta justificación poco tiene que ver con la pandemia, pero sí mucho con las condiciones de la red eléctrica y la ideología gubernamental. Al inicio de la administración de López Obrador, la CFE alegó que las plantas de energía renovable saturaban la red, pero lo cierto es que la falta de inversión en infraestructura de transmisión ha empeorado la confiabilidad de la red y ha provocado apagones, particularmente en el noroeste y sureste del país. Lo más preocupante es que después de cancelar el proyecto de interconexión de Baja California y otro en el estado de Oaxaca en 2019, la CFE y el gobierno federal no dieron alternativas para invertir en líneas de transmisión. En términos generales la suspensión emitida por el CENACE violó los principios de acceso abierto y no discriminatorio a la red para dar prioridad a las plantas de la CFE e impidió que las plantas de energía renovable se conectaran a la red y realizaran operaciones comerciales; también se siguieron una serie de intentos del gobierno federal para frenar la generación de energía renovable y perjudicar la participación del sector privado en el sector eléctrico mexicano (Bierzwisky et. al., 5 de mayo de 2020; Molano, 6 de mayo de 2020).

Habría que agregar que, de acuerdo con la Ley de la Industria Eléctrica, la electricidad es considerada una industria de utilidad pública. Esto para los particulares implica que, en aquellos casos en los que por las características del proyecto el Estado lo exija, se procederá la ocupación superficial de la tierra o la constitución de servidumbres necesarias para prestar el servicio público de transmisión y distribución de electricidad, así como para la construcción de plantas de generación públicas o privadas<sup>50</sup>.

No obstante, los desafíos más serios en el sector energético en México son el cambio en el régimen jurídico de Pemex y la CFE para lograr un sector competitivo.

### ***2.1.2. Empresas productivas del Estado***

Con los cambios constitucionales<sup>51</sup> en 2013, las dos empresas estatales, Pemex y CFE, pasaron de organismos públicos descentralizados a empresas productivas del Estado y sus responsabilidades cambiaron para centrarse en actividades empresariales, económicas, industriales y comerciales para generar valor económico y rentabilidad para

<sup>50</sup> Artículo 71 de la Ley de la Industria Eléctrica.

<sup>51</sup> Artículo 25, párrafo cinco de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

el Estado mexicano, como su propietario. Si bien las leyes expedidas de manera exclusiva para cada una no les atribuyen la obligación de garantizar la seguridad energética de México, sus mandatos contribuyen significativamente a alcanzar este propósito.

Conforme a la actual estructura del mercado energético mexicano, por ley Pemex tiene como tarea fundamental procurar el mejoramiento de la productividad para maximizar la renta petrolera y contribuir con ello al desarrollo nacional<sup>52</sup>. Asimismo, la exploración y extracción de hidrocarburos, su transformación, almacenamiento, distribución y comercialización son funciones que recaen en Pemex<sup>53</sup>.

Por su parte, la CFE tiene como fin procurar el mejoramiento de la productividad con sustentabilidad para minimizar los costos de la industria eléctrica en beneficio de la población y contribuir con ello al desarrollo nacional<sup>54</sup>; también está entre sus objetivos prestar el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, por cuenta y orden del Estado<sup>55</sup>.

La reforma transformó a la industria, pero no completamente a Pemex y CFE. A ninguna se les han brindado las herramientas financieras, técnicas y la autonomía necesaria para competir, pero tienen la responsabilidad de cubrir las necesidades energéticas del país e implícitamente la de garantizar la seguridad energética. En estas circunstancias, la competitividad de ambas empresas en la estructura de libre mercado energético en el país está relegada a un papel secundario.

Al cierre de 2019, Pemex produjo un promedio de 1.677 mil barriles por día y aún afronta precariedades financieras y comerciales y es objeto de escándalos de corrupción. La CFE aún domina el mercado eléctrico pese a que se han tomado medidas para desagregar a la empresa. Aunque en los últimos años se les ha aumentado el presupuesto, los beneficios en términos de producción de petróleo, infraestructura, tecnología, eficiencia e ingresos fiscales podrían comenzar a ser tangibles dentro de unos años, siempre y cuando se mantengan aquellos elementos que están funcionando, se completen los procesos inconclusos y se tome consciencia de los que tomarán más tiempo para obtener beneficios.

<sup>52</sup> Artículo 4 de la Ley de Petróleos Mexicanos.

<sup>53</sup> Artículo 2, fracciones II-V; Artículo 5, de la Ley de Hidrocarburos.

<sup>54</sup> Artículo 4 de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad.

<sup>55</sup> Artículo 5, párrafo uno, de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad.

## **Pemex**

Aunque el régimen de Pemex es de empresa productiva del Estado, la reforma no privatizó a la petrolera, lo que hizo fue situarla en la competencia del nuevo mercado energético, con cierta autonomía para pactar asociaciones con compañías extranjeras en sus obras y algunas asignaciones de petróleo bajo el esquema de contratos, previa autorización del gobierno.

Más allá de librar los obstáculos que representa competir en un mercado liberalizado, Pemex afronta problemas que ha ido acumulando durante décadas. Dichos problemas van desde la caída de la producción petrolera hasta deficiencias tecnológicas, temas laborales y corrupción, y que conjuntamente, en palabras de Wood y Martín (2018) constituyen una cuestión de urgencia nacional.

Para abordar estos problemas, en abril de 2008 la administración de Felipe Calderón Hinojosa presentó al Congreso una propuesta legislativa destinada a resolver el deterioro de la producción de crudo y combatir el cambio climático, y también reformar a Pemex. La reglamentación aprobada incorporó a expertos del sector privado a la estructura administrativa de Pemex, estableció la CNH para asesorar a la empresa, agregó una mayor flexibilidad a su proceso de adquisición e inversión, y se permitió que Pemex firmara contratos de servicios con empresas privadas (CRS, 28 de septiembre de 2015).

La reforma energética de Enrique Peña Nieto y su partido político, que habían apoyado la reforma del presidente Calderón, además de la apertura el sector energético, tuvo la intención de subsanar cinco limitaciones internas de Pemex relacionadas entre sí: 1) la gobernanza; 2) la incapacidad para negociar frente al sindicato; 3) la carga impositiva del gobierno; 4) el capital y tecnología; y 5) los niveles de producción.

Para resolver el problema de la gobernanza de Pemex, la reforma de 2013 cambió la estructura de la empresa. El tamaño de la Consejo de Administración de Pemex se redujo de 15 a 10 miembros, de los cuales cinco escaños son ocupados por la SENER, la SHCP, la Secretaría de Economía (SE), la SEMARNAT y la CFE, y los otros cinco por consejeros independientes que son nombrados por el presidente y aprobados por el Senado. En el área productiva, actualmente Pemex cuenta con seis subsidiarias; se mantuvo la de exploración y producción, y se crean cinco nuevas enfocadas en perforación y servicios, transformación industrial, etileno, fertilizantes y logística.

Los cinco integrantes removidos del Consejo de Administración de Pemex representaban al sindicato de trabajadores petroleros. Esta medida, que parecía la acción más arriesgada de la reforma de la empresa por el gran poder del gremio, con los años probó en cierta forma ser funcional en la parte laboral, pues durante mucho tiempo el sindicato evitó las huelgas a cambio de una combinación de altos salarios, exceso de personal y acuerdos laborales que impedían reubicar a los trabajadores<sup>56</sup> lo que dificultaba optimizar la operación en campos petroleros en auge. En 2013, Pemex tenía un total de 154.774 trabajadores (Pemex, 2019a) con un salario promedio anual de 40.748 dólares (Abad y Maurer, 2018) cuando el salario en México era de una media de 16.050 dólares al año (OECD, 2020), todo al amparo del líder sindical Carlos Romero Deschamps<sup>57</sup>, quien accedió a traer al sindicato a bordo de la reforma de Pemex (Abad y Mauer, 2018) y al que se instó a aceptar el cambio en el sistema de pensiones. En el último minuto previo a la aprobación de la reforma energética, el Senado decidió quitarle al gremio los cinco asientos que tendría en el Consejo de Pemex<sup>58</sup> (El Economista, 10 de diciembre de 2013), a cambio, el gobierno de Peña Nieto ofreció ayudar a Pemex con la carga de pensiones, no sin antes negociar durante casi dos años con el sindicato. Hacia 2015, el gremio acordó aumentar la edad de jubilación de 50 a 60 años, cuando el promedio de retiro en México es de 65 años, además hubo una ronda de alzas salariales. Hacia 2018, la eliminación del sindicato del Consejo probó funcionar para evitar que Pemex continuara siendo una maquina de empleo bien remunerada pues la empresa redujo su nómina a 124,818 empleados, el 19,35 por ciento menos que 2013 (Pemex, 2019a) que afectó por igual a trabajadores sindicalizados que no sindicalizados. A pesar de ello, el esquema de beneficios laborales de Pemex sigue siendo superior al del resto de los trabajadores gubernamentales, por lo que habría que adecuarlo a las condiciones actuales del mercado laboral en México en el que la media salarial es de 16.298 dólares anuales (OECD, 2020) y aún está pendiente ajustar la relación de la compañía con el sindicato.

<sup>56</sup> Sólo una vez en 1989, Pemex logró despedir a aproximadamente el 25 por ciento de su fuerza laboral. Este hecho tuvo como contexto la caída en desgracia del Sindicato de Petroleros como consecuencia del apoyo brindado al candidato de oposición Cuauhtémoc Cárdenas en las elecciones presidenciales de 1988 y del encarcelamiento del líder sindical Joaquín Hernández Galicia y otros 30 líderes petroleros por cargos de homicidio y posesión de armas en enero de 1989.

<sup>57</sup> En 2013, Carlos Romero Deschamps ocupó el segundo lugar de la lista de Forbes de los 10 mexicanos más corruptos. En Estevez, D. (16 de diciembre de 2013). The 10 most corrupt mexicans of 2013. *Forbes*. Recuperado de <https://www.forbes.com/sites/doliaestevez/2013/12/16/the-10-most-corrupt-mexicans-of-2013/#7bddb3625720>

<sup>58</sup> Artículo Transitorio 20, fracción IV, del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía.

Desafortunadamente, la inclusión de consejeros «independientes» al Consejo de Administración de Pemex ha sido poco útil para superar las restricciones administrativas de la ahora empresa productiva del Estado que más que una compañía es un órgano supeditado al gobierno federal y que mucho dificulta aliviar la carga tributaria.

Antes de 2006, el gobierno federal exigía a Pemex el 60.8 por ciento de sus ingresos brutos (Abad y Mauer, 2018), carga que el gobierno de Calderón Hinojosa intentó corregir aumentando los impuestos en la producción no petrolera y reemplazando los aranceles a los ingresos brutos de la empresa con una compleja serie de nuevos impuestos destinados a aumentar la tasa en los campos de crudo existentes y reducir los impuestos sobre la operación de yacimientos nuevos. Con la reforma de 2013 se redujo el monto de impuestos sobre la producción de crudo y gas natural, pero Pemex continúa siendo el mayor contribuyente del Estado debido a la persistente incapacidad de despetrolizar al erario federal. Ahora, la empresa tiene un gravamen de aproximadamente el 65 por ciento de impuestos y derechos, y debe pagar el 30 por ciento de sus utilidades mediante la figura de dividendos (Vargas Suárez, 2015). No obstante, en los cálculos del gobierno no se consideraron los altibajos de los precios del petróleo a nivel internacional. Muestra de esto es que después de que los precios del crudo cayeron a un promedio de 35.65 dólares en 2016<sup>59</sup> (Pemex, 2020a), el Estado retuvo el 48 por ciento del total de los ingresos de Pemex en 2017 y los impuestos por barril de petróleo llegaron a 16.80 dólares en 2016, una diferencia considerable respecto a los 41 dólares por barril de 2014<sup>60</sup>; el problema es que el costo de ciclo completo de producción de Pemex, incluidos los gastos de exploración y desarrollo, ronda los 36 dólares por barril (Abad y Mauer, 2018). En consecuencia, Pemex no ha sido capaz de invertir en sí misma para ser rentable, de hecho, el presupuesto total de la empresa se ha reducido considerablemente, de 304.4 mil millones de pesos (16.288 millones de dólares) en 2016 pasó a 204.6 mil millones de pesos (10.635 millones de dólares) en 2018 (Rousseau, 3 de diciembre de 2017). La reducción de ingresos de la empresa productiva del Estado se refleja en la insolvencia

<sup>59</sup> En 2014 los precios del petróleo promediaron un valor de 85,48 dólares por barril y en 2015 43,12 dólares. En Pemex (2020a).

<sup>60</sup> Los impuestos para otras empresas petroleras estatales de América Latina son mucho más bajos. Por ejemplo, Ecopetrol de Colombia paga 5,80 dólares por barril, Petrobras de Brasil 5,60 dólares, YPF de Argentina un dólar, y Petroamazonas de Ecuador nada. Tomado de Abad y Mauer (2018).

para aprovechar las asignaciones petroleras de la Ronda Cero en agosto de 2014<sup>61</sup> y en su cada vez más reducida capacidad de refinanciación.

La carencia de capital y tecnología de Pemex, aunado al nuevo régimen del mercado energético mexicano, fueron parte del atractivo que trajo a las empresas extranjeras a participar en las obras de Pemex. Por ejemplo, el campo Trión en aguas profundas del estado de Tamaulipas fue uno de los proyectos más grandes de los que se adjudicaron a Pemex durante la Ronda Cero, pero la empresa no pudo cumplir con las inversiones ni con el plan de trabajo comprometidos (Energía a Debate, 8 de agosto de 2019), por lo que la CNH aprobó buscar alianzas. Tras una licitación en diciembre de 2016, la empresa australiana BHP Billiton se convirtió en el primer socio de Pemex con derecho a explorar y explotar hidrocarburos y en el primer privado en descubrir petróleo en aguas profundas precisamente en Trión, cuyas reservas probadas, probables y posibles (3P)<sup>62</sup> se calcula ascienden a 485 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (CNH, 2020), no obstante, su producción podrá comercializarse a partir de 2023 y su pico máximo se espera en 2025. La participación en el proyecto quedó en 60 por ciento para BHP y 40 por ciento para Pemex, a esta última no se le requirió capital en la primera etapa de la asociación debido a que había descubierto el yacimiento y aportado la primera inversión, aunque está programado que BHP aporte 1,9 mil millones de dólares y Pemex 600 millones antes de la primera producción (Pemex, diciembre de 2017), pero la inversión total esperada para este yacimiento es de 11 mil millones de dólares (Energía a Debate, 13 de febrero de 2019).

Una de las promesas de la reforma a Pemex fue que la inversión privada aumentaría la producción diaria de petróleo a 3 millones de barriles diarios al final del sexenio de Peña Nieto y 2,5 millones en 2025. No obstante, la extracción de crudo en 2018 se contrajo 7 por ciento con respecto a 2017 y 28 por ciento respecto a 2013 (SENER, 2020). Aún con los números a la baja, en su plan de negocios, Pemex (diciembre de 2017) planteó la visión optimista de que la producción de petróleo pasaría de 1.944 mil de barriles diarios en 2017 a 2.457 mil en 2021, pero aún cuando esto ocurriera la cifra estaría

<sup>61</sup> Durante la Ronda Cero, Pemex solicitó el 82 por ciento de todas las reservas probadas y probables (2P) y el 31 por ciento de todas las reservas probadas, probables y posibles (3P) de México. Finalmente, se le permitió conservar el 100 por ciento de las reservas (2P) solicitadas y el 68 por ciento de las 3P solicitadas.

<sup>62</sup> Las reservas 3P incluyen las reservas probadas (1P), probables (2P) y posibles (3P) de crudo, gas natural y otros hidrocarburos. Conforme a métodos probabilísticos se estima que las reservas probadas de hidrocarburos tienen un alto potencial de recuperación en un tiempo determinado; las probables tienen al menos 50 por ciento de probabilidad de extraerse del subsuelo; y las posibles se caracterizan por tener una probabilidad de recuperación de 10 por ciento de recuperación.



muy por debajo del pico de producción de 3.383 mil de 2004. Incluso, los 10 campos que Pemex considera explotar, incluido Trión, podrían añadir a la producción 664.700 barriles diarios de petróleo y 537 millones diarios de pies cúbicos de gas natural en su pico máximo que no será antes de 2025 (Lara, 2017).

Respecto a las reservas de petróleo y gas natural, si bien con el apoyo de la iniciativa privada en las actividades de exploración se descubrieron yacimientos significativos en 2017 y 2018, no son suficientes como para restituir las reservas al 100 por ciento como se planteó con la reforma energética. El campo Ixachi, en el área terrestre del estado de Veracruz, añadió 350 millones de barriles de crudo equivalente a las reservas 3P (Pemex, diciembre de 2017) que podrían aportar a la producción 80 mil barriles diarios de condensado y 70 millones de pies cúbicos diarios de gas natural en su etapa de plenitud que será en el año 2022 (Pemex, 27 de noviembre de 2018). Otros siete yacimientos encontrados en el sureste del país incorporaron 180 millones de barriles de crudo equivalente a las reservas 3P las cuales se calcula tienen el potencial de producir un máximo de 210 mil barriles diarios de petróleo y 350 millones de pies cúbicos de gas natural (Pemex, 9 de octubre de 2018). A pesar de estos descubrimientos, las reservas 3P de hidrocarburos de México en 2019 cayeron 3 por ciento con relación a 2018 y 7,66 por ciento a 2017 (SENER, 2020).

En teoría, el aumento de producción hidrocarburos en México propiciaría una mayor integración en la cadena de valor que, a su vez, permitiría una mayor capacidad de abasto de combustibles de uso final. Sin embargo, el sector de refino constituye hoy en día el de mayores pérdidas de Pemex. Desde 2013 la producción de productos refinados ha bajado un 50,96 por ciento; en 2015 la subsidiaria transformación industrial perdió 5,5 millones de dólares; y en 2019 la tasa de utilización de la capacidad de refinación de la empresa fue del 38% (SENER, 2020). Estas condiciones hacen irrentable esta actividad.

El hecho de que el presidente nombre a todos los miembros del Consejo de Administración de Pemex, así como al Director General de la empresa, es una muestra clara del presidencialismo en México que fomenta más problemas de organización, transparencia y eficiencia de los que resuelve. Incluso bien puede afirmarse que hoy en día el Director General de Pemex, *de jure*, es Octavio Romero Oropeza; *de facto*, es Arturo Herrera Gutiérrez titular de la SHCP ya que autoriza las decisiones trascendentales de la compañía; y en la práctica cotidiana, es el presidente Andrés Manuel López Obrador. Aunque para ser justos, a lo largo de décadas el principal obstáculo ha sido la falta de

compromiso gubernamental y de Pemex para reestructurar la gobernanza de la empresa lo que complica aligerar su situación fiscal y financiera.

Las finanzas de Pemex se han vuelto insostenibles, su deuda financiera aumentó más de 60 por ciento desde 2013, llegando a los 105.200 millones de dólares en 2019 (Pemex, 2020c), mientras que su producción petrolera pasó de 2.522 mil barriles diarios en 2013 a 1.677 mil en 2019. Hasta ahora, el gobierno ha apoyado a Pemex mediante la inyección de efectivo<sup>63</sup> pero éste no ha favorecido a la empresa ya que la mayoría se destina al pago de deudas y pensiones, en un entorno de crecientes tasas de interés, precios bajos del petróleo y baja inversión en exploración y producción. Sin embargo, a pesar de ese ambiente en la administración de Andrés Manuel López Obrador prevalece la esperanza de una mayor extracción petrolera y la insistencia en expandir la capacidad de refinación.

A manera de conclusión puede afirmarse que teóricamente las reformas a Pemex le permitirían a la empresa adquirir capital, aliviar la carga tributaria y resolver problemas internos para ser rentable; sin embargo, en la práctica, las restricciones organizativas, fiscales, financieras, administrativas y laborales permanecen. Si bien se han logrado ciertos avances organizacionales y para formar alianzas con el sector privado, Pemex sigue siendo poco competitivo en un mercado cada vez más exigente y necesita financiamiento, mejoras en la eficiencia y la productividad y autonomía de gestión. La desaparición del sindicato del Consejo de Administración de Pemex le permitió deshacerse de algunas de sus obligaciones no financieras relacionadas con el sistema de pensiones y despedir al 20 por ciento de su fuerza laboral, pero todavía cuenta con exceso de personal y enfrenta costos laborales, mientras que la producción petrolera continúa disminuyendo. A pesar de que Pemex pudo elegir los campos petroleros que deseaba explorar y explotar durante la Ronda Cero, no ha podido aprovecharlos por falta de recursos económicos y tecnológicos, afortunadamente, la poca autonomía de la empresa para pactar asociaciones con compañías privadas en sus obras (con autorización del gobierno) le están permitiendo desarrollar operaciones que podrían aumentar su producción en más de 664 mil barriles de petróleo diarios en los próximos cinco años. No obstante, el sector de refinación sigue siendo un obstáculo que Pemex no es capaz de transformar ni abandonar ya que las refinerías se encuentran en un estado de deterioro por la falta de inversión que impide mejorar su productividad. Pemex continúa perdiendo

<sup>63</sup> El gobierno transfirió a Pemex 1,5 mil millones de dólares en 2014, 631 millones en 2015, 9,9 mil millones en 2016 y 2,6 mil millones en 2020.

dinero y su consecuencia visible es el dramático aumento de la deuda financiera; si bien es un hecho que el gobierno federal continuará rescatando a la empresa, probablemente a través de la reducción de la carga tributaria de Pemex, especialmente en los proyectos adicionales de exploración y producción. Una cuestión preocupante es que el rubro de investigación y desarrollo no aparece especificado en ninguno de los planes de Pemex.

Con el ascenso de López Obrador a la presidencia creció la incertidumbre sobre el futuro de Pemex ya que el nuevo mandatario puso sobre la mesa una posible reversión de las reformas hacia la mitad de su mandato. Para realistas es posible que López Obrador no tenga que recurrir a un cambio legal pues una vez en la presidencia, su administración canceló las rondas de licitación pendientes para la exploración y explotación de nuevos campos petroleros y anunció que se revisarían los contratos expedidos a las empresas privadas, aunque es poco probable que el Estado recupere las concesiones existentes y se las devuelva a Pemex ya que una acción como esta derivaría en demandas e inversiones millonarias que México difícilmente podría asumir; por su parte, Pemex, bajo la administración actual, ha sido acusado de retrasar la apertura de activos intermedios a pesar de que la compañía podría ganar dinero al hacerlo.

### **Comisión Federal de Electricidad**

La industria eléctrica, si bien estratégica para la seguridad energética y el desarrollo de México, no ha cobrado las dimensiones de la industria petrolera y Pemex en la sensibilidad política nacional. A diferencia de la expropiación petrolera que en su momento fue considerada una gran epopeya del pueblo de México, en la nacionalización de la industria eléctrica en 1960 no hubo conflicto con los grades capitales, fue el resultado de un proceso muy cuidado y planeado. El gobierno mexicano, a través de la SHCP, desplegó una operación encubierta internacional con la que se adquirió el control accionario de las grandes empresas eléctricas en México. Esta acción permitió un proceso de nacionalización del sector eléctrico menos conflictivo que el del petróleo. El propio titular de la SHCP en ese momento, Antonio Ortiz Mena, describe así dicha operación:

«Sabedores de que en los cinco continentes estaban las acciones de la principal empresa, la mexicana de Luz y Fuerza, y una vez adquiridas las otras compañías más pequeñas para ir sumando, se puso manos a la obra, con la cautela indispensable para que los tenedores de las acciones no supieran, por el momento, que era el propio gobierno el que las adquiría, con el propósito de que no elevaran el precio de dichos papeles. A través de un banco de Estados Unidos, único que sí sabía quién era el cliente, y previa investigación de la ubicación de las acciones, se buscaron otros quince bancos más en el mundo y se hizo una oferta pública de compra para adquirir acciones comunes y preferentes, a un precio superior al del mercado, pero que debería ser menor al del valor en libros. Se sabe que había tozudos

que cerraron el puño con las acciones al darse cuenta de que el comprador era el gobierno mexicano. En esos días se llevaban a cabo en Cuba expropiaciones de empresas, principalmente estadounidenses, sin pago alguno inmediato o a futuro, y en México, una vez, en la Cámara de Diputados, la voz de don Emilio Sánchez Piedras, líder de la misma, se elevó para solidarizarse con las medidas cubanas, provocando una enorme inquietud entre los poseedores de las acciones de la industria eléctrica, ya que advertían un peligro para sus valores, y abrieron el puño soltando las acciones. De esta manera se consiguió la mayoría absoluta para mexicanizar la industria y a un precio tan bajo que constituyó un gran negocio para el pueblo mexicano, pues mediante una inversión en la compra de 650 millones de pesos se adquirieron activos por 3 mil 375 millones». (Carmona, 14 de junio de 2020).

En contraste con los hidrocarburos, la electricidad no es un recurso natural que el gobierno federal exija su propiedad exclusiva; en todo caso, el interés estatal se centra en mejorar las tarifas eléctricas a la población e impulsar la competitividad del país. De ahí que, en la práctica, la CFE goce de una autonomía de gestión mayor en el mercado de generación de electricidad que la otorgada a Pemex en la producción de hidrocarburos.

Con la reforma energética de 2013, al igual que Pemex, la CFE se convirtió en una empresa productiva del Estado, pero para el sector eléctrico por lo que su encomienda es participar en el nuevo mercado de electricidad en México. A la Comisión también se le dotó de un Consejo de Administración y de una nueva estructura productiva.

El Consejo de la CFE se integra por 10 miembros de los cuales cinco son representantes del gobierno federal a través de la SENER, la SHCP, la Secretaría de la Función Pública, la SE y Pemex; cuatro lugares son para consejeros independientes y uno para un consejero designado por los trabajadores de la Comisión. En la parte productiva, la CFE se dividió en tres subsidiarias para generación, transmisión y distribución de electricidad, cada una enfocada a producir ganancias para el Estado<sup>64</sup>.

Parte de las mayores críticas a la reestructuración del sector eléctrico en México es que a pesar de que legalmente se permite la inversión privada en toda la cadena de valor y que está claro que la CFE mantuvo el servicio público de transmisión y distribución de electricidad, la Comisión aún tiene el monopolio en las funciones de generación, comercialización, transmisión y distribución. Incluso, cuando se compara las premisas de la reforma a la CFE con las que le dieron origen en 1937<sup>65</sup> se podría decir que el *statu*

<sup>64</sup> Ley de la Industria Eléctrica y la Ley de la Comisión Federal de Electricidad.

<sup>65</sup> El 24 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad se crea con el objeto de organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósitos de lucro y con la finalidad de obtener con un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales. Artículo 5°. de la Ley que crea la Comisión Federal de Electricidad.

*quo* de la Comisión ha cambiado poco, salvo que las actividades que realiza hoy en día deben generar valor económico y rentabilidad para el Estado.

Por esta razón, muchas de las deficiencias del sistema y del mercado eléctrico mexicano se le atribuyen al papel monopolista de la CFE; entre las principales limitaciones en la transmisión y distribución, dificultades en la transición energética baja en carbono, la falta de competitividad de las tarifas de electricidad, limitaciones y altos costos en la generación de energía y conflictos de interés (Clavellina, 2014).

En el caso del sistema de energía eléctrica, las ineficiencias preexistentes a la reforma prevalecen debido a la baja inversión en las líneas de transmisión y distribución; aunque para ser ecuánimes, la CFE no cuenta con las herramientas financieras suficientes para construir nuevas líneas de transmisión por sí misma como manda la ley<sup>66</sup>. De hecho en 2012, la Comisión registró un déficit financiero de 77 mil millones de pesos (5.847 millones de dólares) (Clavellina, 2014), ya para 2019 registró ganancias de 48 millones de pesos (2.5 millones de dólares) que representan un incremento de 6 millones de pesos (343 mil dólares) con respecto al 2018, pero pudieron ser mayores si la Comisión no hubiera registrado adeudos por un monto de 55 mil millones de pesos<sup>67</sup> (2.856 millones de dólares) (Solís, 20 de febrero; 27 de febrero de 2020).

Respecto a la emisión de contaminantes atmosféricos de la industria eléctrica, ésta todavía dista mucho de reducirse conforme a los compromisos internacionales que México ha adquirido<sup>68</sup>; si bien el uso de fuentes renovables y limpias ha aumentado en la generación de electricidad, una buena parte se produce en plantas de ciclo combinado en las que predominan los combustibles fósiles. Cabe destacar que, en el presupuesto de 2020 el gobierno de López Obrador destinó a la transición energética 29.590 millones de pesos (1.536 millones de dólares), 8 por ciento menos que en 2019 (Cámara de Diputados, 11 de diciembre de 2019). Del total de ese presupuesto, el 97 por ciento se designó a la CFE (28.849 millones de pesos/1.498 millones de dólares) con la encomienda de aumentar la red nacional de transmisión eléctrica (Fuentes, 24 de diciembre de 2019).

<sup>66</sup> Artículo 5, fracción VI, de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad.

<sup>67</sup> Los impagos incluyen adeudos estatales y municipales por sistemas de agua y alumbrado público. Del total de los adeudos 87 por ciento se concentra en el Estado de México, Ciudad de México, Tabasco, Chihuahua, Guerrero, Chiapas y Veracruz. En mayo de 2019, la CFE condonó un adeudo por 11,000 millones de pesos a Tabasco ya que el presidente Andrés Manuel López Obrador llamó a la población de la entidad a no pagar los servicios públicos como parte del movimiento de resistencia civil de 1994.

<sup>68</sup> La Ley de Transición Energética, del 24 de diciembre de 2015, establece mecanismos y objetivos para alcanzar los objetivos climáticos de México, así como los compromisos de México en el Acuerdo de París.

En el mercado, la participación de la industria privada ha tenido más margen en producción de electricidad, cuyo principal aporte en la matriz eléctrica es la integración cada vez mayor de fuentes renovables. El planteamiento base para abrir el área de generación se centra en la disminución de los costos en las tarifas eléctricas en toda la cadena de valor, sin que por ello el Estado pierda el control del SEN; sin embargo, hoy las tarifas de la CFE, aún con subsidio, son 25 por ciento mayor a las de Estados Unidos.

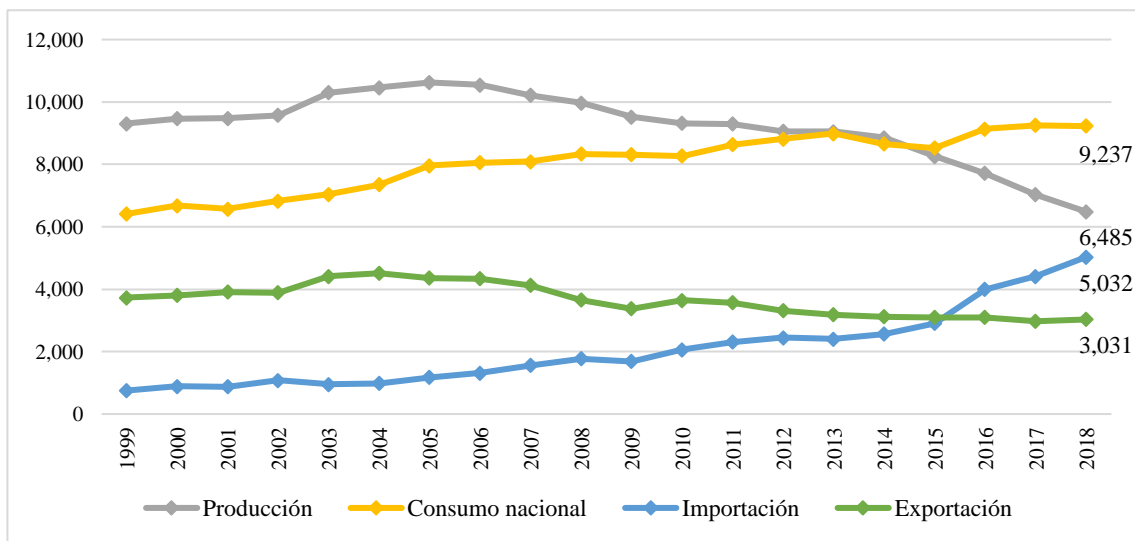
Asimismo, a pesar de que a partir de la reforma energética México cuenta con la CRE como regulador del mercado eléctrico y con el CENACE para operar al SEN y el CENAGAS para el sistema de gasoductos, la CFE continúa ejerciendo un gran poder en la operación del mercado, la competencia entre los usuarios calificados en el MEM y el abastecimiento y capacidad de los gasoductos. En opinión de Padilla y Wood (2018), la CFE debe estar debidamente regulada para evitar las prácticas antimonopolio como ocurrió con PEMEX; a lo que habría que añadir que la competencia representa una oportunidad para la CFE de mejorar sus finanzas y servicios a la población, y reducir las pérdidas de energía durante la transmisión y distribución.

Aún con lo anterior, México ha seguido captando a proveedores, desarrolladores, financieros y tecnólogos. Esto se han traducido en el desarrollo de la industria eléctrica y en un mercado que alcanzó los 43.4 millones de clientes en 2018 (SENER, 2019b).

### ***2.1.3. Oferta y demanda de energía***

Como cualquier economía emergente, desde hace años México experimenta un crecimiento sostenido de su economía y su población. De 1999 a 2018 el Producto Interno Bruto (PIB) de México creció 103,37 por ciento, mientras que el ingreso per cápita 57,11 por ciento (Banco Mundial, 2020). Estas tasas de crecimiento se reflejan en el consumo de energía que en el mismo periodo aumentó 44,01 por ciento; no obstante, la producción de energía disminuyó un total del 30,35 por ciento. Para complementar la oferta interna de energía y poder abastecer al mercado nacional, el país ha recurrido a incrementar las importaciones, las cuales crecieron 568,07 por ciento (Gráfica 7).

Gráfica 7. Oferta-Demanda mundial de energía (petajoules)

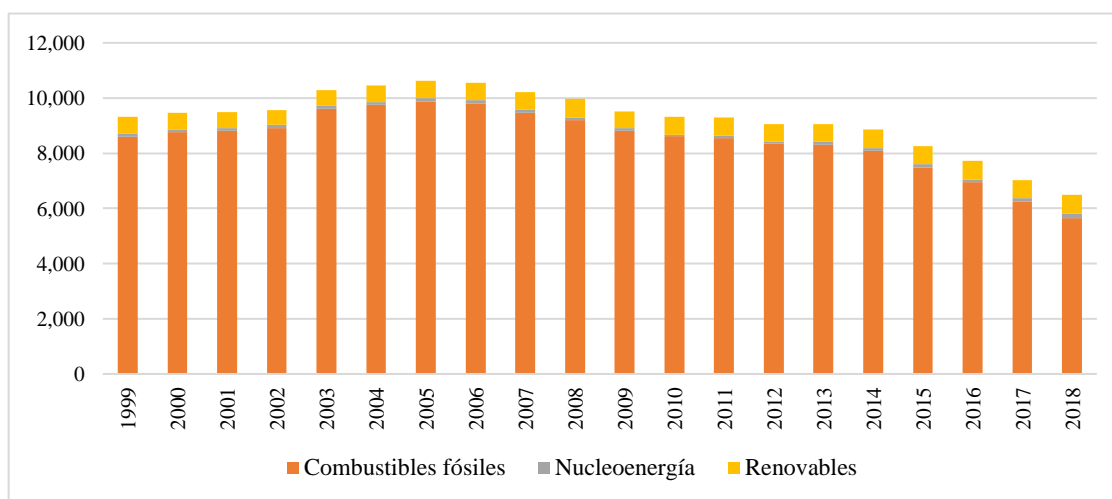


Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Durante los últimos 20 años la producción de energía en México ha estado concentrada en un promedio de 92 por ciento en los combustibles fósiles. El comienzo de una disminución de los márgenes de extracción de petróleo en 2005 y del gas natural en 2011 hacían pensar que su participación en la matriz energética mexicana podía disminuir, pero su utilización aún es muy alta pues el 87 por ciento del total de la energía primaria producida en 2018 estaba compuesta por energéticos fósiles (Gráfica 8). Dado que el sistema energético mexicano todavía depende mucho de los combustibles fósiles, bajo la premisa de que el cumplimiento de metas volumétricas en la extracción de hidrocarburos es una garantía para cubrir la demanda de energía a largo plazo, se han aplicado técnicas de producción que han acelerado el declive natural de los acervos geológicos, ya de por sí maduros. De 2005 a 2019, la producción del petróleo disminuyó 49,69 por ciento, mientras que la del gas natural, de 2011 a 2019 se redujo 47,68 por ciento de 2011 a 2019.

En términos generales el suministro en México funciona relativamente bien, pero la gran dependencia y la tendencia a la baja de los combustibles fósiles plantean retos que de postergarse podrían generar problemas para cubrir el creciente consumo nacional que, de acuerdo con diversas proyecciones, se duplicará hacia 2050 (Elizondo, et al. 2017).

Gráfica 8. Producción de energía primaria por fuente (petajoules)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

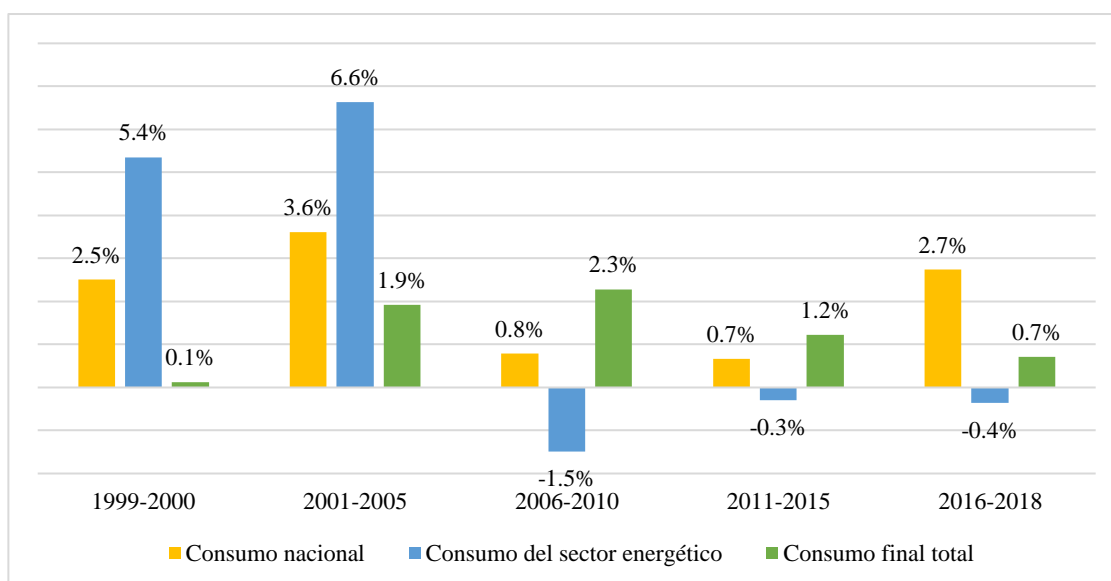
Esencialmente, el consumo nacional energético en México se integra por los rubros del consumo del sector energético y el consumo final total<sup>69</sup>. Desde 1999, la demanda energética en ambos ha crecido a niveles similares; un total de 29,77 por ciento en el sector energético y 31,19 por ciento en el consumo final. La proporción requerida de energía marca una de las grandes diferencias entre ellos pues, entre 1999 y 2018, el sector energético ha ocupado una media de 33 por ciento de la energía producida en el país en tanto que el consumo final total ha acaparado el 60 por ciento.

Una forma de explicar la oferta y demanda energéticas actuales en México es a partir de la observación del dinamismo intermedio a lo largo de los años recientes. En la gráfica 9 se observa cómo el consumo nacional creció a un ritmo menor, pero homogéneamente entre 2006 y 2015, esto en parte obedeció a que los niveles de producción de hidrocarburos en conjunto se mantuvieron constantes, pero a partir de 2016 hay un aumento sustancial en el consumo nacional de energía. La diferencia, sin embargo, se advierte con el consumo del sector energético y el consumo final total.

<sup>69</sup> Para propósitos de equilibrar el balance energético nacional, en México también se considera un rubro denominado «circulaciones y diferencias estadísticas». De 1999 a 2018, este rubro ha consumido un promedio del 7 por ciento de la producción total de energía en México.



Gráfica 9. Crecimiento promedio del consumo de energía

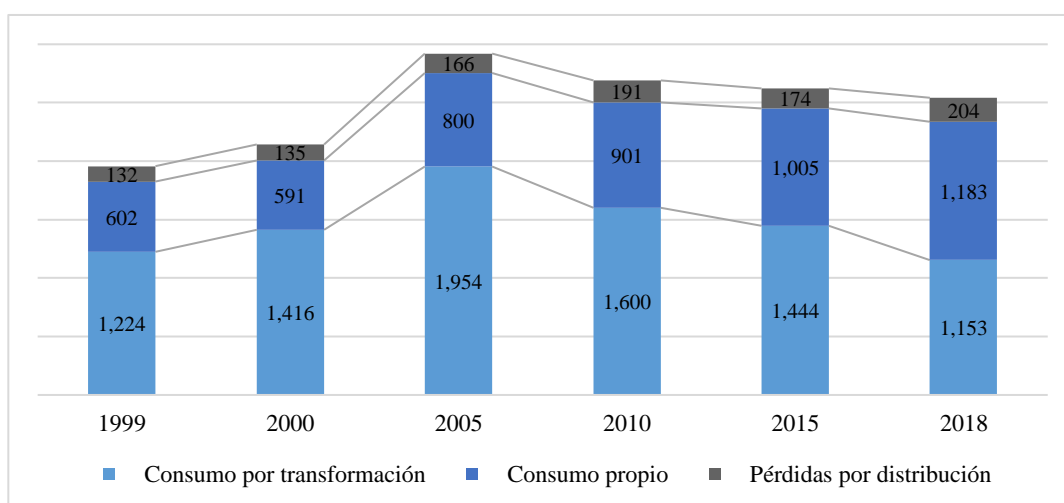


Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

En el consumo del sector energético en México se contemplan el consumo propio, la demanda por transformación y las pérdidas por distribución<sup>70</sup>. Aparentemente, el consumo del sector energético, en su mayoría gas natural, comienza a bajar a partir de 2006, pero lo que sucede es que hay un ritmo diferenciado entre el consumo propio que tiende a incrementar mientras la demanda en la transformación disminuye. El contraste entre estos dos rubros es palpable, los recursos energéticos destinados al consumo propio incrementaron un total de 47 por ciento entre 2006 y 2018, en tanto los de la transformación cayeron un total de 35 por ciento (Gráfica 10). Las consecuencias de esto se evidencian en la cuestionable eficiencia de los procesos de obtención de energía y en el bajo rendimiento de la infraestructura para el procesamiento de petróleo y gas.

<sup>70</sup> Las pérdidas por distribución son mermas que ocurren al llevar la producción de energía al consumidor final.

Gráfica 10. Consumo del sector energético (petajoules)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Respecto al consumo propio, si bien es cierto que los centros de transformación y las centrales termoeléctricas tienen que mantener un consumo mínimo de energía para su operatividad, resulta incoherente que el consumo de energía en ellos aumente mientras la producción de petrolíferos y gas para cubrir la demanda de la población disminuye. Sólo en 2018 el consumo propio ocupó el 47 por ciento del total de la energía utilizada por el sector energético, mientras que aquella destinada a la transformación ocupó el 45 por ciento. Como resultado, sin contar a la electricidad, únicamente la energía utilizada para el funcionamiento del sector energético representó el 44 por ciento del total de la producción de combustibles para los consumidores finales (1.183 petajoules de consumo propio del sector energético frente a 2.692 petajoules de producción de energéticos de consumo final<sup>71</sup>). En este sentido, una de las medidas que no debe demorarse es una mayor eficiencia del propio sector energético.

Aunque en la producción de energía para el uso final de la población y de la industria influyen otros factores<sup>72</sup>, el declive en el consumo energético para la transformación se relaciona estrechamente con la dinámica de todos los centros de procesamiento mexicanos<sup>73</sup>. Por ejemplo, de 2006 a 2018, salvo la producción de electricidad que creció

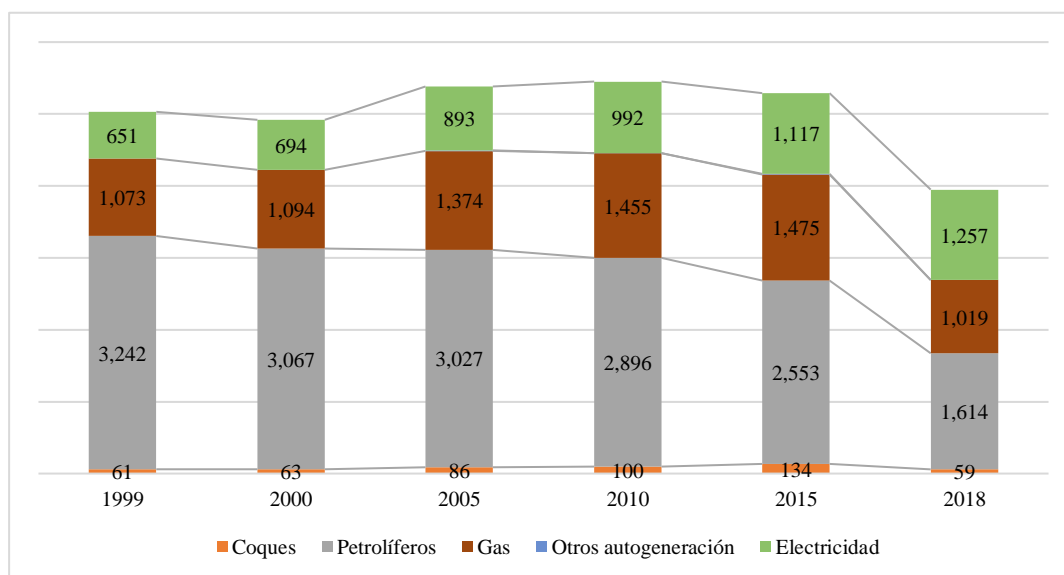
<sup>71</sup> Combustibles sólidos, petrolíferos y gas.

<sup>72</sup> Los factores en de la dinámica productiva de los centros de transformación de energía se abordan en el apartado 2.2. Evaluación de las vulnerabilidades de la seguridad energética en México.

<sup>73</sup> El consumo por transformación contempla toda la energía destinada a las refinerías, complejos procesadores de gas y petroquímicos, así como centrales eléctricas que procesan la energía primaria para la elaboración de productos derivados de petróleo y para obtener energía útil para los consumidores finales.

un total de 36 por ciento, la elaboración de derivados de petróleo en las refinerías registró un desplome de 42 por ciento en total y el procesamiento de gas producido en México disminuyó un 32 por ciento (Gráfica 11).

Gráfica 11. Producción en los centros de transformación (petajoules)

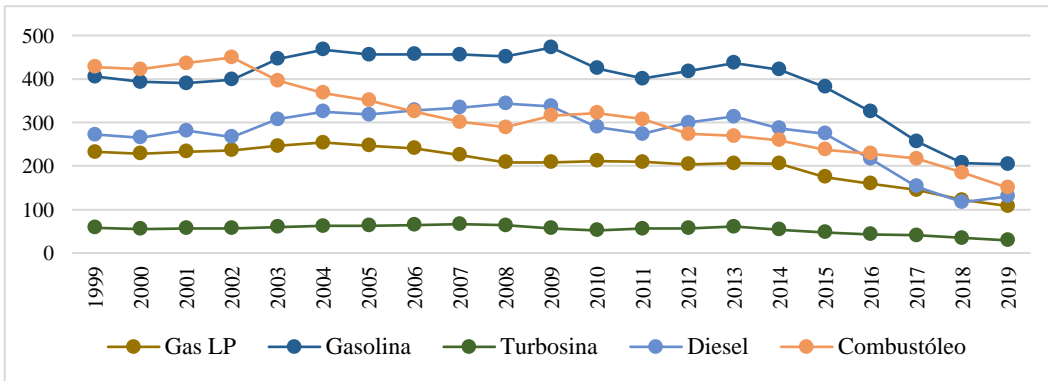


Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Lo anterior impacta directamente en la energía que se destina a satisfacer las necesidades energéticas de los sectores de transporte, industrial, residencial, comercial, servicios públicos, agropecuario; sectores y actividades que se contabilizan en el rubro denominado consumo final total.

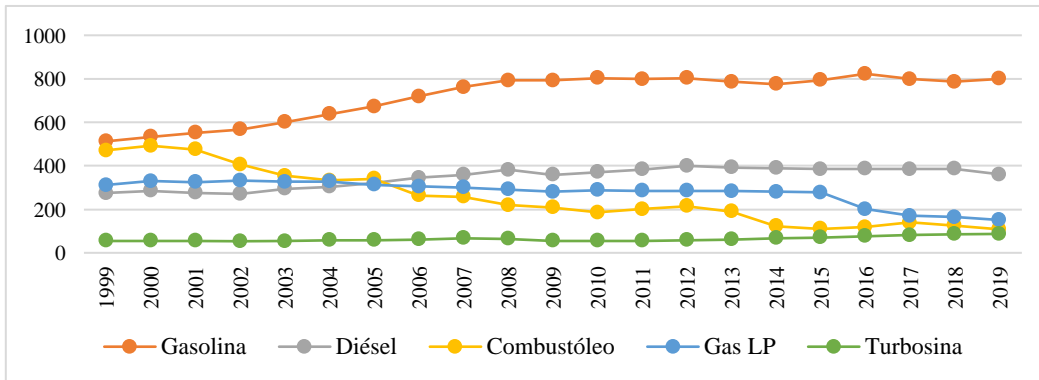
Una de las consecuencias directas del bajo desempeño de los centros de refinación en México es que el país se haya convertido en un importador neto de derivados del petróleo para cubrir el consumo del mercado nacional; siendo la gasolina y el diésel los principales combustibles obtenidos del exterior dado que son los que mayores índices de demanda registran (Gráficas 12, 13 y 14). En 2018 la producción de gasolina alcanzó sólo los 207 mil barriles diarios cuando la demanda fue de 787 mil barriles por día; en 2019 continúa el descenso en la elaboración de gasolina al lograrse únicamente los 204 mil barriles diarios mientras que la demanda registró los 800 mil barriles. En el caso del gasóleo, su fabricación cayó a 117 mil barriles al día y la demanda ascendió a 387 mil barriles en 2018; al año siguiente, la producción de diésel repuntó a 130 mil barriles por día y el consumo bajo a 360 mil barriles por día.

Gráfica 12. Elaboración de petrolíferos (mbd)



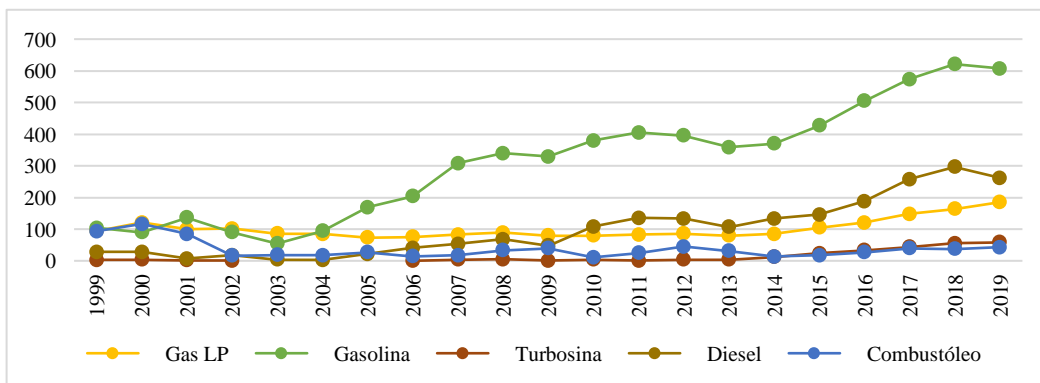
Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 13. Demanda de petrolíferos (mbd)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

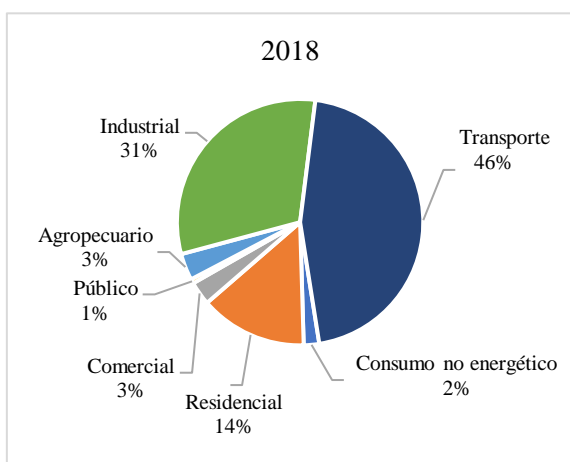
Gráfica 14. Importación de petrolíferos (mbd)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

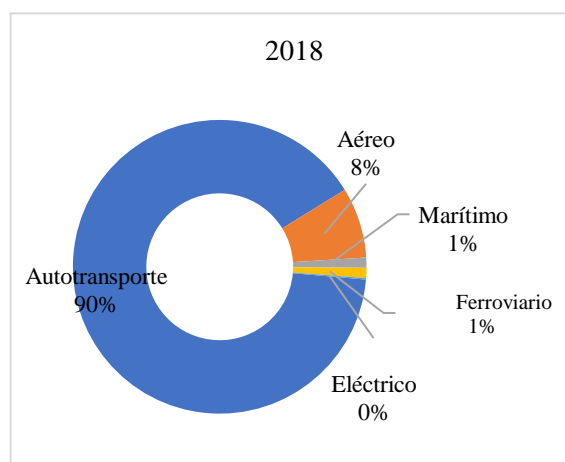
La actual dinámica en la oferta y demanda de petrolíferos es uno de los principales desafíos en términos de suministro energético en México para el transporte, ya que éste es el sector que concentra el 46 por ciento del consumo final de energía (Gráfica 15) y el que mayor dependencia tiene de los derivados de petróleo. De acuerdo con la IRENA (2015), la reducción de la demanda de energía en el sector de transporte jugará un papel clave en la determinación del consumo total de energía futuro en México.

Gráfica 15. Consumo final total de energía por sector



Elaboración propia. Fuente SENER (2020).

Gráfica 16. Consumo de energía en transporte



Elaboración propia. Fuente SENER (2020).

En especial, el subsector autotransporte (Gráfica 16) es en el que más complejo resulta hacer cambios dados el tamaño y estructura de un mercado que durante 20 años ha crecido a un ritmo de 7 por ciento anual, y que al cierre de 2019 alcanzó un parque vehicular de 45 millones de unidades (INEGI, 2020d), la mayoría de ellos de combustión a gasolina y diésel. Aunque en el país se han promulgado leyes para la promoción y desarrollo de bioenergéticos<sup>74</sup> como el etanol anhidro o el biodiésel y se ha mostrado un interés político y empresarial por desplegar una industria automotriz híbrida y eléctrica su despliegue ha sido muy limitado por la falta de inversión en infraestructura e incentivos de mercado<sup>75</sup>. Asimismo, se han puesto en marcha regulaciones para la eficiencia del combustible a fin de contribuir con la reducción de la demanda, así como también, en el marco de la reforma energética de 2013, bajo los supuestos de liberalizar el mercado de combustibles para automotores, aliviar la carga fiscal y desalentar el uso de los automóviles, a partir de enero

<sup>74</sup> El 1 de febrero de 2008 se promulgó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

<sup>75</sup> La problemática de la movilidad en México se aborda en el apartado 3.5.2. Movilidad.

de 2017 se redujeron los subsidios, se decretó un aumento de 20 por ciento de los precios y se dejó que éstos se fueran ajustando a los precios internacionales (García Pérez, 2018). No obstante, esta impopular medida generó descontento social y actos de saqueo, violencia y enfrentamientos con la policía.

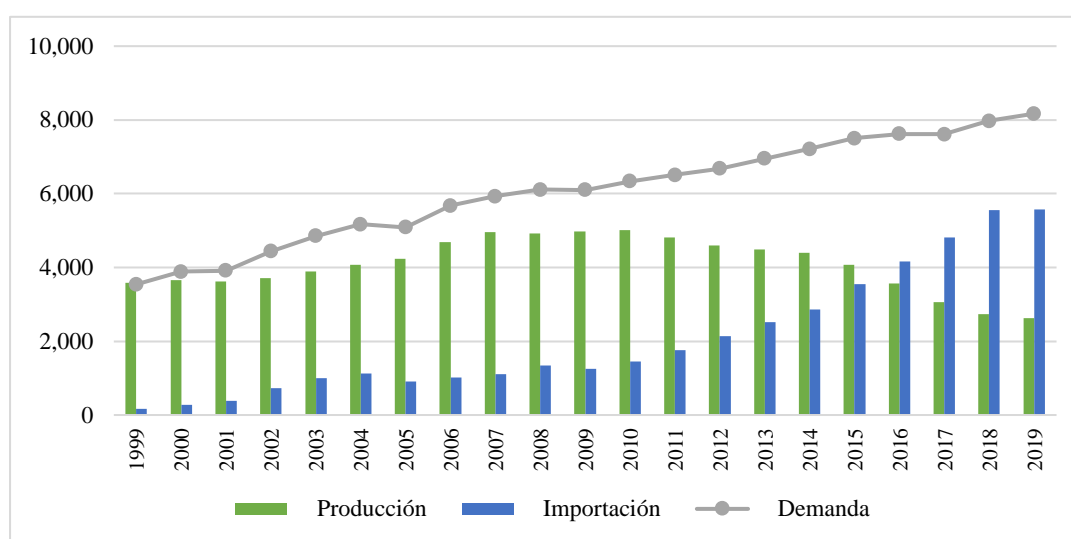
El futuro no es del todo alentador para la oferta y demanda en el sector del transporte, ya que de acuerdo con estimaciones de la SENER (2018f), en el año 2032 el parque vehicular en México se incrementará 54 por ciento, del cual el 92 por ciento serán vehículos de gasolina y 2 por ciento de diésel. Este incremento significa que la demanda diaria de gasolina crecería a 1.040 mil barriles y la de diésel a 493 mil barriles.

Después del transporte, el sector que más energía utiliza es el industrial, cuyas principales fuentes energéticas son el gas natural y la electricidad. El nivel de industrialización que ha alcanzado México ha llevado a que la energía para usos industriales incremente un total de 29,67 por ciento desde 1999; al cierre de 2018 el sector industrial concentró el 31 por ciento del consumo final de energía.

Con el declive del petróleo, desde 2005 el gas natural se convirtió en la alternativa energética para las plantas de ciclo combinado, la generación de calor y la electricidad utilizados en la actividad industrial. Prácticamente en un lapso de seis años, tanto el sector industrial como el eléctrico desarrollaron una fuerte dependencia del gas natural que coincidió con el inicio de un declive en la extracción y la baja rentabilidad de los centros para procesar gas, creando una brecha entre el consumo y la oferta nacional a la que posteriormente se sumó la deficiencia de los gasoductos de distribución evidenciada por las alertas críticas padecidas en 2012 y 2013<sup>76</sup>. Ante estas circunstancias, la opción para las autoridades mexicanas fue garantizar el suministro de gas natural desde el exterior a partir 2010, año a partir del cual y hasta 2019 la importación de gas natural creció un total del 281,96 por ciento. Pero si se considera que desde 2005 este combustible comienza a utilizarse masivamente en la industria y en la generación de electricidad, el crecimiento de las compras al exterior es del 447,15 por cierto al 2019 (Gráfica 17).

<sup>76</sup> Las alertas de abastecimiento de gas natural se abordan en el apartado 2.2. Evaluación de las vulnerabilidades de la seguridad energética en México.

Gráfica 17. Demanda, producción e importación de gas natural (mmpcd)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

De acuerdo con el último estudio prospectivo de la SENER, el escenario para el sector industrial dista mucho de cambiar en el corto y medio plazo, pues se prevé que el gas natural continuará liderando la matriz energética del sector industrial y la demanda, que en 2019 fue de 1.585 millones de pies cúbicos diarios, pasará a 2.414 en 2032 (SENER, 2018e) lo que significa un incremento de 52,30 por ciento. El panorama para el sector eléctrico luce más alentador, ya que se estima que el consumo diario de gas natural alcanzará los 5.292 millones de pies cúbicos en 2032, una diferencia sólo de 4 por ciento respecto a los 5.084 millones de pies cúbicos utilizados durante 2019.

No obstante, el escenario proyectado por la SENER podría dar un giro, ya que hay grandes empresas operando en México que han aprovechado el MEM y los Certificados de Energía Limpia (CEL) creados con la reforma energética de 2013, y han optado por producir su propia energía a partir de fuentes renovables. Entre dichas empresas se encuentran Audi, Bimbo, CEMEX, Deacero, Femsa, General Motors, Grupo Modelo, Heineken Cuauhtémoc Moctezuma, José Cuervo, Nissan, Nestlé, Soriana, Volkswagen y Walmart. De acuerdo con Energía Estratégica (28 de septiembre de 2019), Audi tiene un contrato con un parque fotovoltaico para cubrir el 50 por ciento de su demanda energética y se comprometió a alcanzar el 100 por ciento de su cobertura eléctrica al 2020; la cervecera Heineken prevé cubrir el 70 por ciento de su consumo con fuentes renovables también al 2020; Deacero tiene un contrato por 20 años para comprar energía, CEL y potencia a una central solar fotovoltaica en el estado de Sonora; Bimbo emitió los

primeros CEL para generación distribuida y se comprometió a cubrir el 100 por ciento de su demanda energética a través de fuentes renovables para 2025; la empresa de supermercados Soriana planea que toda su infraestructura comercial opere con energía eólica y techos solares hacia 2021; y Walmart ya obtiene su energía de parques eólicos.

Este tipo de proyectos podrían contribuir a cerrar la brecha entre el consumo y la oferta pública de energía para el sector industrial, así como a que las compras al exterior de gas natural sean menores a la reducción proyectada por la SENER (2018e) de 16,7 por ciento para 2032. Esto, sin embargo, denota que las empresas privadas están tomando en sus manos su propia seguridad energética a través de los esquemas de autoabastecimiento, los cuales se han convertido en la alternativa para los grandes consumidores, pero lo realmente sustancial es sustituir gradualmente el gas natural por renovables. La importancia de que esto suceda radica en que la dinámica de la demanda de gas natural será determinante durante la transición y en la que por ahora la tarea primordial del Estado es la ampliación y adecuación de las redes de transmisión y distribución para aprovechar los excedentes de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables que el sector privado transfiera a la CFE. Para ello es necesario superar el debate político sobre el papel estatal en el sector de electricidad versus la liberalización del mercado. Es un hecho que actualmente a las empresas privadas pueden gestionar plantas de cogeneración y autoabastecimiento, pero la CFE aún tiene el monopolio en la generación, transmisión y distribución de electricidad en México (Rennkamp et al., 2017).

La dimensión del comportamiento de la oferta y demanda del gas natural se torna preocupante cuando se observa desde el lado de la generación eléctrica. En 2019 la producción de electricidad concentró el 91,3 por ciento del volumen importado (5.572 millones de pies cúbicos diarios) y el 62,2 por ciento del consumo total en el país (5.084 millones de pies cúbicos diarios) (Gráficas 18 y 19). El alto porcentaje de gas natural utilizado en la generación de electricidad, al que se añade carbón, diésel, combustóleo y coque de petróleo, hacen del sector eléctrico altamente dependiente de los combustibles fósiles (Gráfica 20).

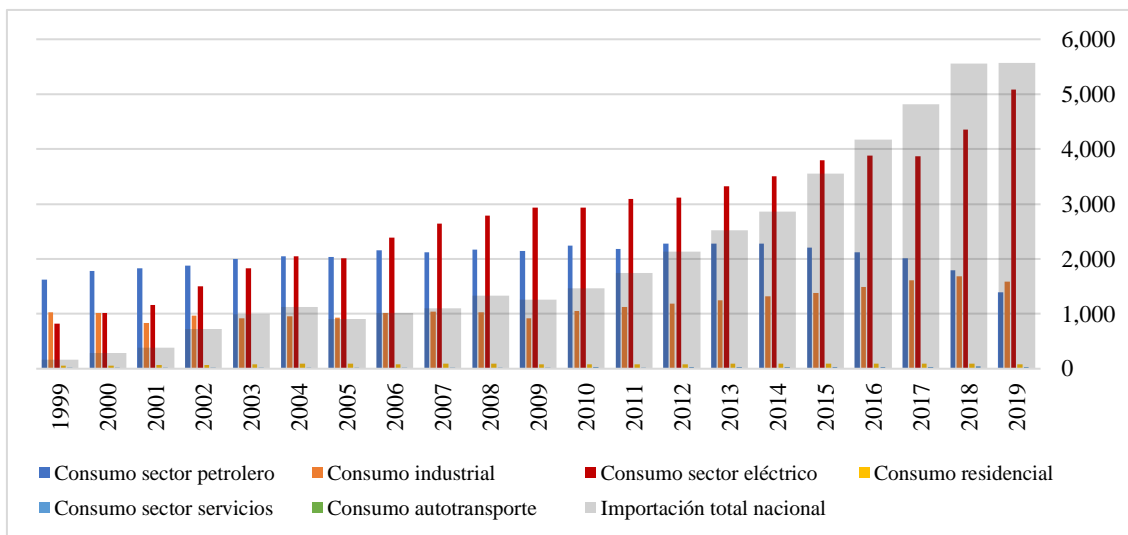
En 2017, el 81 por ciento de la generación bruta de electricidad en México provino de los hidrocarburos. Si bien es cierto que el país ya ha desarrollado una importante capacidad de fuentes renovables, que incluyen hidroelectricidad, geotermoelectricidad, eólica y solar, estos energéticos apenas comienzan a reflejarse en la matriz eléctrica mexicana al alcanzar el 15 por ciento de la generación bruta de electricidad en 2017



(Gráfica 21). Cabe decir que la CFE produce la hidroelectricidad, geotermoeléctrica y la mayor parte de la energía eólica, además de que tiene el control de la energía nuclear; mientras que la iniciativa privada ha optado más por la energía eólica y la solar.

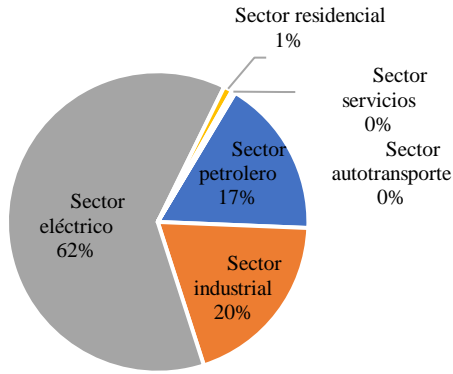
Al 2019, el conjunto de tecnologías utilizadas en el sector eléctrico registró una capacidad instalada de 87.012 MW que permitieron una generación bruta de energía eléctrica anual de 128.168 GWh, suficiente como para cubrir la demanda de 102.091 GWh de 43.4 millones de usuarios a nivel nacional, entre ellos empresas, hogares, comercios, servicios públicos y agricultores (SENER, 2019b, 2020).

Gráfica 18. Relación importación/consumo de gas natural por sector (mmpcd)



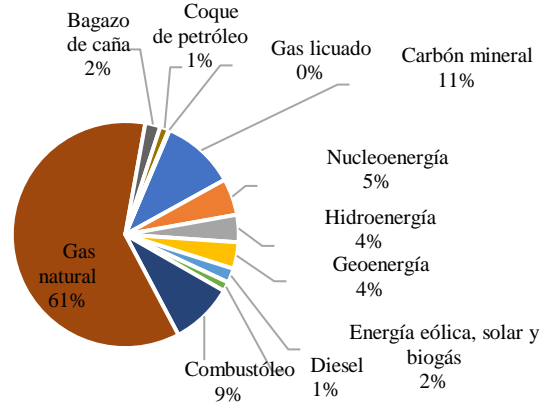
Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 19. Consumo de gas natural por sector en 2019



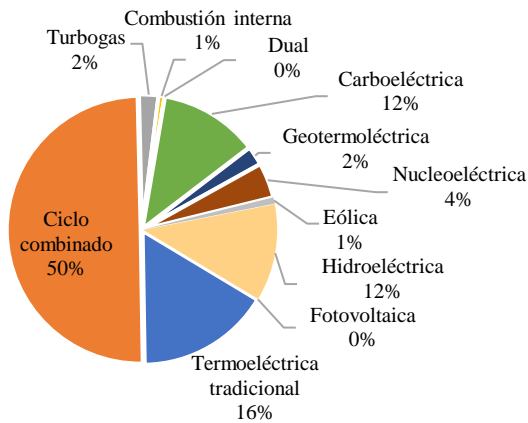
Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 20. Consumo de energía para electricidad en 2018



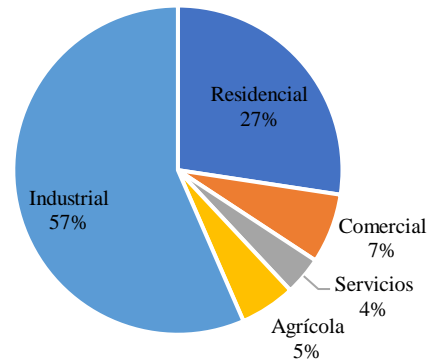
Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 21. Generación bruta de electricidad por tecnología en 2017



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 22. Consumo de electricidad por sector tarifario en 2017



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Aunque el mayor número de usuarios de electricidad se ubica en el sector residencial, la industria utiliza la proporción más grande de la generación eléctrica en México, un total de 57 por ciento en 2017 (Gráfica 22). Si bien antes de la reforma energética de 2013 la CRE ya venía otorgando permisos para que los privados produjeran electricidad, a partir de 2014 los permisos se ampliaron y comenzó a registrarse de una forma más sistemática la generación eléctrica del sector privado. Ahora puede apreciarse que los esquemas de autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, usos propios y exportación gradualmente han sumado una capacidad instalada de 26.196 MW que representa el 30 por ciento del total de la capacidad instalada al 2019. Tan sólo en 2017, dichos permisionarios produjeron el 19 por ciento de la generación bruta de energía eléctrica del país que les permitieron los 18.658 MW de capacidad instalada con la que contaban ese año.

En lo que se refiere al consumo en los hogares, el 27 por ciento de la electricidad que se produce en el país se destina al sector residencial. Actualmente, el 99 por ciento de la población mexicana cuenta con servicio eléctrico público, el uno por ciento sin este servicio se ubica particularmente en zonas rurales, indígenas y con un alto grado de marginación, alejadas de los grandes centros de producción de electricidad y cuya dispersión complica su conexión a las redes de transmisión y distribución. Resulta preocupante el atraso en que estas poblaciones se encuentran y que su consumo energético descansa en la quema de leña y bagazo de caña. Otro de los retos de la transición baja en carbono consiste en cambiar este patrón de consumo energético y sustituirlo por energía eléctrica. En este caso una de las opciones que se ha planeado por las actuales autoridades es la generación distribuida, pero aún no se definen objetivos claros y financiamiento para promover el uso de este tipo de tecnología en este segmento específico de la población.

Lo que sí ha sucedido especialmente en las zonas urbanas es el aumento del número de techos solares para garantizar un suministro eléctrico renovable, no sólo para el sector residencial, sino también para otros sectores. Según Energía Estratégica (28 de septiembre de 2019), mientras que en 2012 existían 1.986 instalaciones de este tipo de tecnología en México, en 2019 el número alcanzó los 94.844, sumando una capacidad instalada de 692 MW de los cuales el 70 por ciento se ubicaban en hogares, el 20 por ciento en comercios, 4 por ciento en pequeñas industrias y el resto en otros sectores.

Por su parte, los sectores comercial, agrícola y de servicios son los que menos consumo eléctrico registran. El sector comercial consume el 7 por ciento de la electricidad del país; mientras que el sector agrícola utiliza el 5 por ciento de la electricidad, ya que su mayor fuente energética es el gas LP, además de los productos petroquímicos que le permiten mejores cosechas; finalmente el sector público utiliza como única fuente de energía la electricidad de la cual consume el 4 por ciento.

Como en otros países, la electrificación en México será una pieza clave durante la transición energética baja en carbono. Dado que la SENER (2018g) prevé que el consumo de electricidad crezca a 492.165 GWh en 2032, es decir un 382 por ciento con respecto a los 102.091 GWh registrados en 2019, la capacidad instalada deberá alcanzar los 130.292 GW para estar en posibilidad de conseguir una generación bruta de energía eléctrica de 484.788 GWh (SENER, 2018g), aun así, el consumo de electricidad proyectado por la SENER no lograría ser cubierto al 100 por ciento. Por otra parte, considerando la fuerte dependencia que el sector eléctrico tiene del gas natural, cuya mayoría proviene del exterior, y a la necesidad de descarbonizar la producción, hace falta un fuerte compromiso político y financiero para reducir el uso de las tecnologías convencionales en la generación de electricidad y aumentar aquellas de tecnologías limpias. Las metas gubernamentales son 35 por ciento para 2024 y 50 por ciento para 2050. Alcanzar la meta de 35 por ciento en 2024 implica esfuerzos simultáneos para reducir la utilización de combustibles fósiles y diversificar las fuentes energéticas en la producción de electricidad. El 81 por ciento que hoy ocupan los hidrocarburos en los métodos convencionales para la generación bruta de energía, según la IRENA (2015), deberá pasar a un mínimo de 40 por ciento para 2024, meta evidentemente imposible de alcanzar; no obstante, con la incorporación de grandes hidroeléctricas, plantas nucleares y el aprovechamiento de los excedentes de la energía renovable producida por las grandes empresas privadas, de acuerdo con Villarreal y Tornel (2017), se puede alcanzar una generación de 36 por ciento al 2024 y permitirá paulatinamente reducir la dependencia del gas natural.

Este esfuerzo, sin embargo, requiere de la acción conjunta y comprometida de todos los actores involucrados en el sistema energético, así como repensar los patrones de oferta y demanda energéticos, invertir en eficiencia tanto en los procesos productivos como en el consumo de energía a nivel individual; así como una urgente mejora y una posterior transformación del sistema de transporte. Esto cobra especial importancia dado que

México no ha estado exento de episodios que han puesto en duda su seguridad energética más allá de cuestiones de gobernanza y mercado, sino por factores de riesgo de carácter humano, natural y técnico.

## **2.2. Evaluación de las vulnerabilidades de la seguridad energética en México**

El presente apartado evalúa las vulnerabilidades del sistema energético de México. En el aspecto metodológico, se utiliza el esquema de las dimensiones de seguridad energética elaborado por Winzer (2012) citado previamente. Aunque es difícil separar los distintos riesgos que presenta la seguridad energética dada su interdependencia, Winzer interrelaciona demanda, oferta, desarrollo económico, ambiente y sociedad con fuentes de riesgos técnicos, humanos y naturales, los cuales impactan en velocidad, tamaño, duración, expansión, particularidad y certidumbre sobre la seguridad energética.

Dependiendo de la eficiencia productiva y económica, la seguridad energética se mantiene en el rubro de sustentabilidad y de seguridad. Pero si cualquier filtro muestra cambios o los riesgos aumentan por eventos extremos, entonces se alteran la seguridad energética y la seguridad económica, y se afecta la seguridad ambiental, con lo que se generan riesgos a la sustentabilidad del entorno natural (Oswald, 2017).

### ***2.2.1. Fuentes de riesgo humano***

Entre los principales riesgos humanos a los que están expuestos los sistemas de energía de México se encuentran el crecimiento previsible de la demanda, falta de inversión, crimen organizado, vandalismo y corrupción, así como aspectos de la geopolítica especialmente por la vecindad con Estados Unidos.

Si bien México se ha caracterizado por ser uno de los principales productores y exportadores de petróleo del mundo, hoy en día depende del exterior para el suministro de derivados de petróleo y gas natural.

La infraestructura de los seis complejos de transformación de energía con los que cuenta el país data del periodo entre 1950 y 1979, pero en lugar de invertir en su modernización el gobierno mexicano ha utilizado los ingresos procedentes de las exportaciones petroleras para equilibrar las finanzas públicas. La falta de inversión ha provocado el bajo rendimiento todo el SNR que, en su conjunto, experimentó un declive sistemático desde 1999.

A finales de 2019, debido a la subutilización de las plantas procesadoras y a que la producción de petróleo ligero empleado para la refinación en México cayó 16,87 por ciento con respecto a 2018, el conjunto de los centros de transformación operó al 38 por ciento de su capacidad lo que llevó a producir 626 mil barriles diarios de derivados de petróleo, la cifra más baja de las últimas dos décadas.

Para complementar la oferta interna de energía y poder abastecer al mercado nacional de derivados de petróleo, el país ha recurrido a incrementar las importaciones, las cuales crecieron un total de 261,50 por ciento entre 1999-2019. En ese periodo, los combustibles que más se importaron fueron la gasolina, el diésel y gas LP natural cuyo suministro del exterior creció a un promedio anual del 11,48 y 5 por ciento, respectivamente. Por otro lado, el gas natural comenzó a utilizarse masivamente para generar electricidad y usos industriales desde 2005; no obstante, la producción comenzó a caer desde 2010, por lo que, para cubrir la creciente demanda a partir de ese año la SENER aceleró las importaciones al grado de que en 2019 éstas aumentaron un total 281,96 por ciento. Esta dinámica energética ha creado una fuerte dependencia del exterior y demostrado la vulnerabilidad en el suministro de combustibles básicos para la población y las empresas en algunas regiones de México.

Entre 2012 y 2013, la SENER decretó 19 alertas al abastecimiento de gas natural que afectaron las regiones del bajo y del occidente de México. En respuesta, Pemex y la CFE, que utilizan la mayor cantidad de gas natural, interrumpían el suministro a las empresas privadas. Debido al aumento del consumo de gas natural, aunado al declive sistemático en la producción desde 2010 y que en el primer trimestre de 2012 se tradujo en una caída del 4,1 por ciento respecto al mismo período de 2011, y que se prolongó el resto del año (Lajous, 2013), la SENER (2020) incrementó las importaciones 22 por ciento de 2011 a 2012; y un 18 por ciento más en 2013, provocando el aumento del precio del gas natural. Sin embargo, las alertas de abastecimiento fueron consecuencia de la falta de infraestructura adecuada para la importación del energético, pues las compras desde Estados Unidos excedieron la capacidad de los ductos de importación, provocando su saturación. Como consecuencia, durante meses las empresas ubicadas en la región centro-occidente de México, principalmente las del sector manufacturero, padecieron abastecimiento intermitente de gas natural que les ocasionó pérdidas económicas cercanas a los 150 millones de dólares diarios (El Informador, 23 de enero de 2013; Mejía-Rodríguez, 2015). A nivel nacional, durante el segundo trimestre de 2013, cuando

se registró el punto máximo de la escasez de gas natural, la tasa de crecimiento del PIB redujo 0,28 puntos porcentuales; al cierre del año el PIB creció sólo 1,06 por ciento aún cuando se esperaba un crecimiento del 3,5 por ciento, ya que en 2012 se había registrado el 3,6 por ciento, esto sugiere que las alertas críticas influyeron en el bajo desempeño de la economía mexicana en 2013 (Alcaraz y Villalvazo, 2017).

En diciembre de 2016, 13 estados mexicanos<sup>77</sup> reportaron desabasto de gasolina y diésel, lo que provocó compras de pánico que no sólo generaron largas filas en las gasolineras, también llevaron a actos de violencia y robo de combustible en todo el país. Este hecho generó un *shock* nacional que se agudizó en enero de 2017, cuando el precio de la gasolina y el diésel subió entre 20 y 24 por ciento debido a la eliminación de los subsidios y a la liberación del mercado previstos en la reforma energética de 2013, a lo que se sumó que el titular de la SENER reconoció que la gasolina y el diésel almacenados en México podía cubrir únicamente tres días el abasto nacional.

Ante dicho escenario, México aceleró su ingreso a la AIE y evaluó la posibilidad de importar petróleo para la fabricación de prolíferos. El 5 de diciembre de 2017, el Senado aprobó el ingreso del país a la Agencia adquiriendo el derecho de utilizar una reserva energética de emergencia, pero también la obligación de contar con al menos 90 días de combustible de reserva sin necesidad de recurrir a las importaciones (AIE, 2014; Senado de la República, 5 de diciembre de 2017). El 1 de noviembre de 2018 el primer cargamento de petróleo proveniente de Estados Unidos llegó a México, con lo cual el país dejó de ser un exportador neto de crudo. Los 348 mil barriles de crudo ligero importados se destinaron a la refinería de Salina Cruz, pero lo más alarmante fue que, a mediados de 2018, México ya importaba 78 por ciento de sus gasolinas.

En enero de 2019, México experimentó otra interrupción en el suministro de combustible en diez estados, pero en esa ocasión el desabasto fue provocado intencionadamente, pues las autoridades mexicanas cerraron los ductos de distribución como parte de una estrategia del presidente Andrés Manuel López Obrador para combatir el robo de combustible.

Conocido coloquialmente como «huachicol», el robo de hidrocarburos ha creado una cuádruple crisis: de seguridad, económica, social y política (Rock, 6 de enero de 2019),

<sup>77</sup> Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán, Zacatecas, Oaxaca, Chihuahua, Guerrero, Morelos, Jalisco, Puebla, Tlaxcala, Durango y San Luis Potosí.

la cual representa una compleja estructura cuya investigación podría iniciar con Pemex. Desde hace 18 años la paraestatal utiliza una tecnología conocida como SCADA que detecta de forma automatizada la caída de presión en el flujo de los 35 mil kilómetros de la Red Nacional de Ductos, lo que permite detectar dónde se instalan tomas clandestinas (Pemex, 10 de septiembre de 2014). No obstante, esta tecnología no ha podido prevenir y combatir el robo de combustibles dada la baja confiabilidad al interior de Pemex.

De acuerdo con Cruz Serrano (24 de septiembre de 2018), la consultora EnergeA analizó la seguridad física del sistema energético mexicano en el que se expone que en el robo de combustibles están involucrados ocho actores, entre ellos grupos del crimen organizado, grupos especializados, bandas criminales, comunidades, empleados y ex empleados de Pemex. La presente investigación también consideró a los empresarios que compran el combustible robado, incluidos los propietarios de gasolineras. Todos estos actores se clasificaron en dos grupos conforme a su actividad; los que directamente roban el combustible y aquellos que lo comercializan (Tabla 3). En conjunto, ambos grupos han conformado una cadena de robo-compra-venta de hidrocarburos nutrida de la complicidad de elementos de seguridad pública y autoridades municipales, estatales y federales, y que en términos económicos equivale a pérdidas anuales de entre 3.126 y 4.168 millones de dólares. Además de pérdidas monetarias, el «huachicol» ha provocado accidentes, explosiones, contaminación en cuerpos de agua, humedales y tierras de cultivo, incluso escasez de gasolina cuando las pipas que la distribuyen son robadas.

Tabla 3. Actores en el robo de combustibles en México

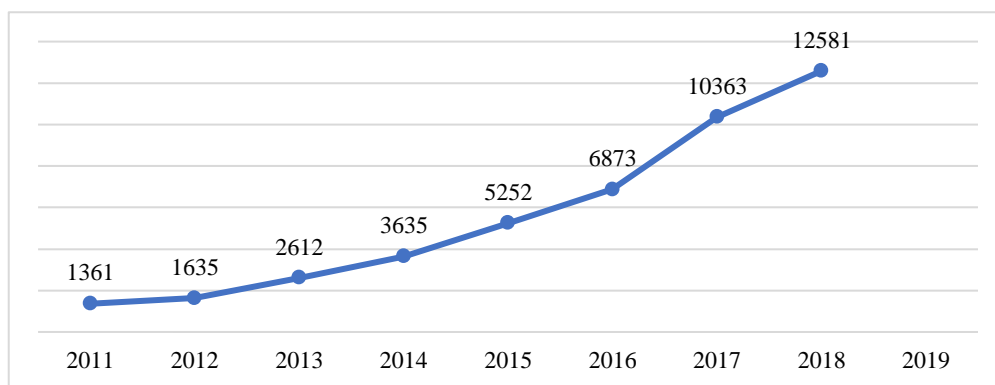
Actividad	Tipo	Actor	Región/poliducto
<b>Robo</b>	Crimen organizado	1. Cártel de Sinaloa	-Poliducto Culiacán-Topolobampo
		2. Cártel del Golfo	-Región Altamira, Tamaulipas: Poliducto Madero-Cadereyta, Tamaulipas Región Reynosa-Río Bravo
		3. Cártel Jalisco Nueva Generación	-Región Silao-Irapuato-Salamanca, Guanajuato: Poliducto Salamanca-Guadalajara -Región Huimanguillo-Cárdenas, Jalisco Región Tala-Tlajomulco, Jalisco
		4. Los Zetas	-Región Acajete-Tepeaca-Acatzingo-Quecholac-Palmar de Bravo, Puebla -Región Huimanguillo-Cárdenas, Jalisco -Región Tala-Tlajomulco, Jalisco
		5. Grupos especializados	
	Vandalismo	6. Bandas criminales	Poliducto Madero-Cadereyta
		7. Comunidades	
	Corrupción	8. Empleados y ex empleados de Pemex	
<b>Comercialización</b>	Empresarios	Gasolineros Empresas privadas mexicanas y extranjeras	

Elaboración propia. Fuente: Cruz Serrano (24 de septiembre de 2018).



Pese a que desde 2011 Pemex comenzó a registrar y reportar oficialmente el número de tomas clandestinas de combustible (Gráfica 23), las autoridades mexicanas se embarcaron en una simulación para evitar el crecimiento de este negocio ilícito. Fue a finales de 2018, cuando el nuevo gobierno implementó una estrategia contra el «huachicol», pero una de las primeras medidas fue cerrar las válvulas de distribución a las TAR sin tomar previsiones para contar con reservas provocando una interrupción del suministro de combustible en 16 de las 32 entidades del país durante las tres primeras semanas de enero de 2019.

Gráfica 23. Tomas clandestinas de combustible en México



Elaboración propia. Fuente: Pemex (2014; 2017b; 2017c; 2018b).

Dicha interrupción causó pérdidas económicas de 1.229 millones de dólares y un gasto adicional a Pemex de 85,5 millones de dólares, pues tuvo que distribuir combustible vía terrestre. Las repercusiones sociales incluyeron compras de pánico que agotaron las reservas de las gasolineras en diversas entidades del país. El desabasto de gas LP provocó el cierre de tortillerías y panaderías en colonias de escasos recursos, y generó una ola de desinformación, incluida la falsa noticia del cierre del aeropuerto de la ciudad de Querétaro por el supuesto desabasto de combustible para los aviones. En términos generales, este choque contra el robo de combustibles causó un *shock* nacional sin precedentes, en el que sobresalió la explosión provocada por una gigantesca fuga de gasolina en la comunidad de Tlahuelilpan en el estado de Hidalgo, de la que resultaron más de 100 personas fallecidas y decenas de heridos que robaban combustible.

Si bien las actuales autoridades mexicanas han tomado acciones judiciales, Pemex ha reportado que el hurto de gasolina continúa, pero sin dar cifras ya que ha clasificado la

información, argumentando que es confidencial y se vincula a temas de seguridad nacional. En casi cinco años (2012-2017) se habían presentado 20 querellas, pero no hubo detenidos o sentenciados. En febrero de 2019 se bloquearon 226 cuentas por un total de 48,938 millones de dólares, se presentaron 36 denuncias por lavado de dinero relacionado con el robo de hidrocarburos y se solicitó a la Comisión Reguladora de Energía (CRE) revocar los permisos de 14 empresas vinculadas con la venta de combustible (UIF, 21 de febrero de 2019; Camacho, 29 de marzo de 2019). Esta lista de acciones se suma a las demandas que, en 2013 y 2015, Pemex presentó en Estados Unidos contra 29 empresas estadounidenses, entre ellas Big Star Gathering, F&M Transportation, Western Refining Company, Jopling Energy y Superior Crude Gathering (Cruz Serrano, 24 de septiembre de 2018), así como a personas por el robo-compraventa por un total de 300 millones de dólares (Oswald, 2017).

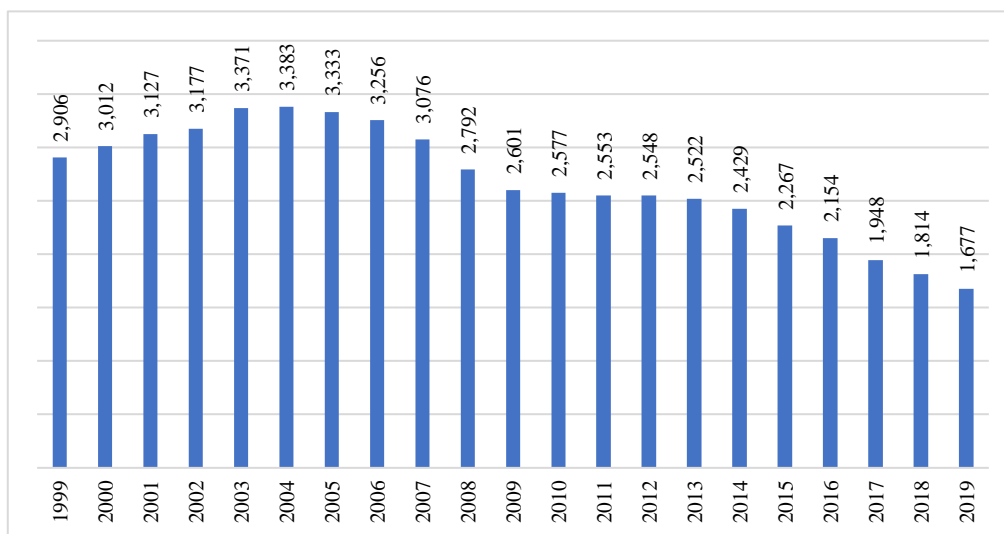
En el aspecto geopolítico, la relación de México con Estados Unidos se tornó más compleja con la llegada de Donald Trump a la presidencia. Si bien dentro de la retórica del presidente Trump no incluía al tema energético, el cúmulo de tensiones en la relación bilateral en los últimos dos años del gobierno del presidente Enrique Peña Nieto resaltaron que una de las mayores vulnerabilidades mexicanas con respecto a Estados Unidos se encontraba en la gran dependencia mexicana de combustibles estadounidenses, el gas natural y los derivados de petróleo<sup>78</sup>. Las constantes amenazas del mandatario estadounidense de cerrar la frontera y afectar el flujo comercial constituyeron un riesgo geopolítico latente en el suministro energético.

### ***2.2.2. Fuentes de riesgo natural***

La abundancia de petróleo que históricamente ha caracterizado a México lo llevaron a ocupar un lugar entre los mayores productores y exportadores del mundo. No obstante, la producción de crudo alcanzó su punto máximo en 2004, año en el que Pemex produjo 3.383 mil barriles al día, pero a partir del 2005 la producción comenzó a decaer un promedio anual del 4,3 por ciento, de tal manera que en 2019 sólo se alcanzaron a producir 1.677 mil barriles diarios. En lo que va de 2020 se tuvo un ligero repunte que llegó a 1.723 mil barriles diarios (Pemex, 2020a; SENER, 2020) (Gráfica 24).

<sup>78</sup> El tema se aborda en el apartado 3.4. El peso de Estados Unidos en la seguridad energética de México.

Gráfica 24. Producción de petróleo (mbd)



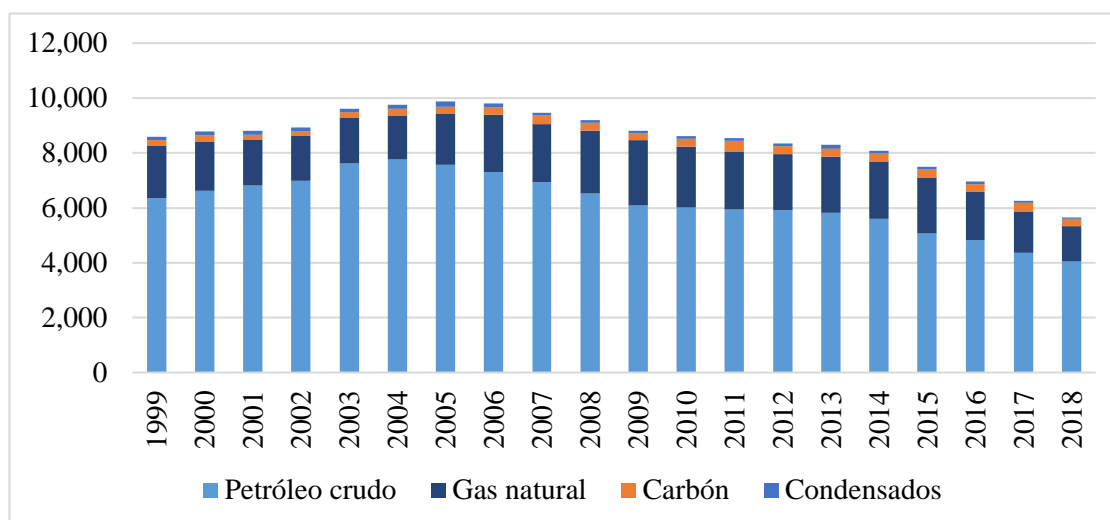
Elaboración propia. Fuente: Pemex (2020a).

La dinámica en el descenso de la producción de petróleo en México se atribuye a que, pese al incremento en la extracción en los campos Ku, Maloob y Zaap, la producción en el complejo Cantarell cayó el 94,98 por ciento de 2005 a 2018 (SENER, 2020).

Considerando el bajo costo de extracción y a que es menos contaminante que otros hidrocarburos, en México se estimuló la producción de gas natural en 2005; sin embargo, se logró un crecimiento constante sólo durante cinco años, pues desde el 2010 la extracción de gas natural comenzó a disminuir en un promedio anual de 6,85 por ciento. Al cierre de 2019 la producción de gas natural alcanzó 2.618 millones de pies cúbicos diarios, lo que representó una caída total del 47,68 por ciento en el periodo 2010-2019. A pesar de los hallazgos en las actividades de exploración confirmadas por Pemex, en el corto plazo resulta complicado revertir las tendencias en el desplome de la producción y es poco factible que ésta pueda incrementarse sustantivamente, pues, a finales de 2017, México ya había extraído el 89 por ciento de sus reservas probadas originales y el 81 por ciento de sus reservas probadas y probables (2P) (Lajous, 11 de septiembre de 2018).

Aún cuando la producción de gas natural contribuyó a compensar el descenso del petróleo, en 2006 comenzó un declive sistemático de la producción total de hidrocarburos (Gráfica 25). La respuesta por parte de las autoridades mexicanas se postergó hasta finales de 2013 con la implementación de la reforma energética que, si bien necesaria, apostó por la búsqueda y perforación de nuevos pozos petroleros.

Gráfica 25. Producción de combustibles fósiles (petajoules)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

De acuerdo con Pemex, las actividades de exploración realizadas en 2017 permitieron incorporar reservas 3P por 1.194 mil barriles de petróleo crudo equivalente (Pemex, 2018a), las cuales, salvo las descubiertas en la región terrestre de la cuenca de Veracruz, la mayoría se encuentran en zonas marinas y terrestres de la cuenca del sureste de México y en aguas profundas del Golfo de México. Si bien dichas reservas 3P representan una contribución importante, su extracción plantea retos tecnológicos y económicos que difícilmente podrían ser solventados únicamente por Pemex. La reforma energética de 2013 tenía entre sus objetivos mantener el dominio del Estado mexicano sobre los hidrocarburos e incentivar que las empresas privadas inviertan y compartan con el Estado su experiencia, tecnología y riesgo (García Pérez, 2018); sin embargo, la cancelación de las licitaciones para la exploración y extracción por parte del nuevo gobierno mexicano a finales de 2018 por ahora mantienen al margen la posibilidad de compartir riesgos con la industria privada; por otro lado, la postura de la nueva administración de no recurrir a la técnica del *fracking* dificulta vislumbrar una estrategia para llegar a la meta que Pemex se impuso de extraer 2.480 mil barriles de petróleo diarios para 2024.

Respecto a las reservas probadas, Pemex (2018a) confirmó que, a enero de 2018, México contaba con 5.806 millones de barriles de crudo y 6.593 mil millones de pies

cúbicos de gas natural que podrían ser extraídas en los próximos 7.7 años<sup>79</sup>. Sólo a manera de comparación, la Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos (CIA por sus siglas en inglés) registró que las reservas probadas de México ascendían a 6,63 mil millones de barriles de petróleo y de 279.8 mil millones de pies cúbicos de gas natural (CIA, 2019), cifras que hacen parecer que las estimaciones mexicanas son conservadoras.

Una de las consecuencias de la caída en la producción de petróleo fue que las exportaciones de petróleo se redujeron 41 por ciento entre 2004 y 2019, colocando a las finanzas públicas en una crítica situación debido a su dependencia de las ventas de crudo. Mientras que en 2004 México exportó 1.870 mil barriles diarios de petróleo, en 2019 las exportaciones llegaron a 1.103 mil barriles diarios (Pemex, 2020a), cuya mayor parte se destina al mercado estadounidense. No obstante, debido a la caída del petróleo y a que Estados Unidos comenzó a reducir sus importaciones de crudo, debido a la revolución del esquisto, y a elevar sus exportaciones gracias a la eliminación de las restricciones a la exportación del petróleo a finales de 2015, los márgenes de ventas mexicanas a su vecino del norte pasaron de 85,44 por ciento en 2004 a 54,38 por ciento en 2019 (Pemex, 2020a; U.S. EIA, 2020a). Asimismo, en junio de 2018, Pemex dejó de exportar crudos ligeros para su refinación en México. Esta decisión fue tomada como consecuencia de desastres naturales que venían afectando la producción de petróleo y sus derivados desde 2017; el huracán Harvey llevó al cierre del puerto de Houston y de diversas refinerías en el Golfo de México; el huracán Katia provocó la cancelación de las exportaciones desde Tamaulipas y Veracruz; el sismo en México del 7 septiembre motivó el paro de la refinería de Salina Cruz (Pemex, 27 de septiembre de 2017).

Pero lejos de aumentar sus exportaciones petroleras, México comenzó a importar crudo. La compra de crudo ligero a Estados Unidos en noviembre de 2018, además de destinarse para su transformación en la refinería de Salina Cruz, sirvió para compensar la caída del 50 por ciento de la producción del campo Xanab, Tabasco, (SENER, 2020) entre los meses de julio y octubre de 2018.

La reducción de ingresos por concepto de exportaciones, a la que se han sumado los vaivenes en los precios internacionales de petróleo, ha obligado a recortar el presupuesto del país y de Pemex con repercusiones en proveedores, contratistas y desabasto en

<sup>79</sup> Si bien el informe de Anual de Pemex de 2018 señala que se registraron 5.806 millones de barriles de petróleo a las reservas probadas de México, otros documentos y bases de datos indican cantidades distintas. De ahí que para el apartado 2.3. Indicadores de la seguridad energética de México se considera un monto de 6.066 millones de barriles de petróleo para 2018 obtenido de SENER (2020).

diversos insumos petroquímicos, pero sobre todo en inversión para exploración de nuevos yacimientos (Oswald, 2017).

### ***2.2.3. Fuentes de riesgo técnico***

A la interrelación de fuentes de riesgo humano y natural de la seguridad energética de México se añaden aquellos de carácter técnico. Los errores técnicos contribuyen a explicar en parte la decadencia de la producción de petróleo y sus derivados, el aumento del hurto de combustible, la falta de la capacidad de refinación y el aumento de las emisiones de GEI.

El agotamiento de la producción petrolera se debe a dos factores fundamentales: primero, el agotamiento y mala administración del principal campo petrolero del país; y segundo, a la falta de una estrategia que mitigue/compense el fin de su ciclo productivo. Desde que inició operaciones en 1979, el complejo Cantarell fue el origen de la mayor extracción de petróleo en México. Sus reservas 3P se ubicaron en 42,6 miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente, de las cuales más de 17 mil millones de barriles de petróleo y 8 mil millones de pies cúbicos de gas natural eran reservas probadas (Lajous, 1 de octubre de 2009; Romo, 2015). Cantarell tenía distintos mecanismos que naturalmente desplazaban el petróleo en sus yacimientos a los que Pemex sumó la inyección de nitrógeno para acelerar su extracción. En 2004, este campo aportó 61 por ciento de la producción de petróleo, pero a finales de 2008 se habían extraído más de las tres cuartas partes de sus reservas originales. El deterioro en las reservas probadas fue reflejo de la producción de 2.200 mil barriles diarios en lugar de 2 millones que fue la meta original, pero también del inapropiado mantenimiento y la inoportuna modernización de sus instalaciones, así como a su natural proceso de agotamiento. Lajous (1 de octubre de 2009) destaca que la caída de Cantarell se debió al desplazamiento del gas y aceite en los yacimientos, así como a la acumulación de nitrógeno y gas en el petróleo; problemas a los que se sumaron la creciente extracción de gas y de nitrógeno que afectó la presión, y el agua que se producía con el crudo incidió sobre su calidad, pero Pemex no podía tratar el volumen de agua y desalar el petróleo, todos estos factores obligaron a cerrar pozos. Los datos técnicos estaban disponibles, pero debe reconocerse que las decisiones políticas prevalecieron sobre las técnicas.

En cuanto al refino, durante más de 80 años Pemex ha sido el monopolio de los derivados de petróleo en México. La falta de competencia en la oferta y la nula influencia

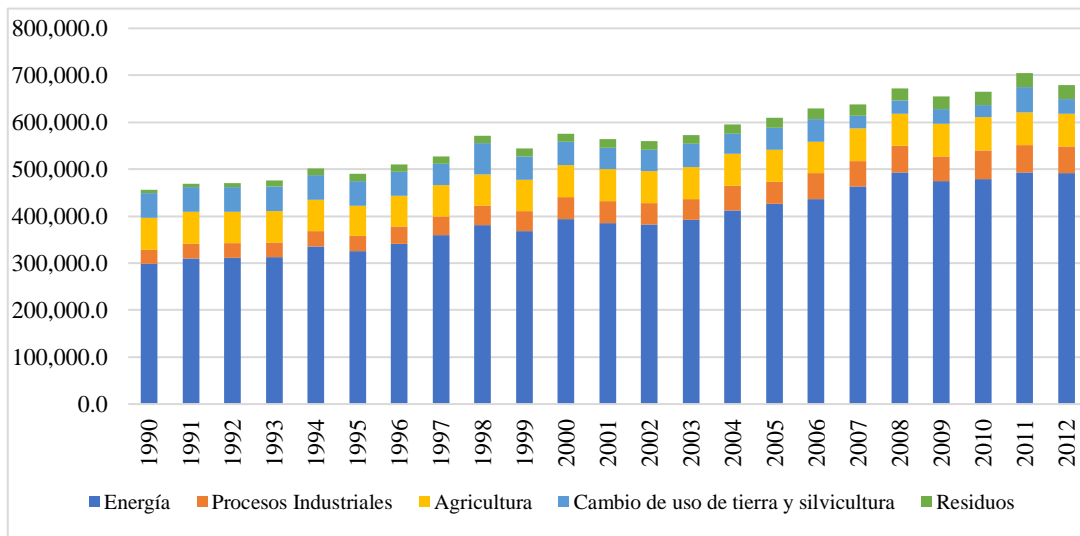
de los consumidores en los precios y en la calidad de los productos llevaron a profundas distorsiones en el mercado, pero a Pemex se le añade que se convirtió en el arca de las finanzas públicas, lo que provocó restricciones de autonomía para tomar decisiones y limitaciones presupuestarias. Si bien Pemex ha logrado cubrir el consumo de productos refinados combinando producción interna con importaciones, acumula problemas en toda su cadena de producción.

Desde 2013 al día de hoy, el SNR ha contado con una capacidad para procesar un promedio de 1.600 mil barriles de crudo diarios, pero la mayor parte del petróleo mexicano es considerado pesado y las refinerías están diseñadas para procesar crudos ligeros. Si bien el petróleo ligero extraído es destinado al SNR, su caída del 47 por ciento en producción desde 2014 y los paros no programados han provocado el bajo rendimiento de las refinerías y, consecuentemente, disminuido el volumen de los productos refinados.

El robo de combustibles es un complejo entramado de diversos factores, uno de ellos es técnico. Después de que el nuevo gobierno mexicano lanzó su cruzada contra el «huachicol» a finales de 2018, una evaluación del sistema SCADA arrojó que 170 de los 379 sitios donde está instalado tienen deficiencias que imposibilitan su operación, entre ellas la falta de mantenimiento, reparación, controles y regulaciones, errores que propiciaron la inoportuna detección de pérdida de presión en los ductos de distribución y, en consecuencia, el aumento de tomas clandestinas.

Toda vez que el 87 por ciento de la combinación energética de México descansa en los hidrocarburos, el incremento de 39,78 por ciento de los GEI entre los años 1990 y 2013 (Gráfica 26) tiene tres causas relacionadas con la problemática técnica. La primera es que la utilización de nitrógeno como gas de bombeo y los procedimientos para aliviar la presión de los pozos de hidrocarburos llevaron a Pemex a enviar gas a los quemadores en los procesos de exploración y producción, este procedimiento es uno de los que produce más emisiones de GEI, después de la quema directa de combustibles. La segunda es la falta de desarrollo y expansión tecnológicas que hagan eficientes y más limpios los procesos industriales, incluidos los de la generación de energía. Y tercera, aún cuando México tiene un enorme potencial para producir energías renovables, en particular solar y eólica, la falta de inversión, desarrollo y planeamiento adecuadas han hecho persistentes las limitaciones para aprovechar esta capacidad energética.

Gráfica 26. Emisiones de GEI por sector (Gg CO<sub>2</sub>e)



Elaboración propia. Fuente: CMNUCC (2019).

Cabe añadir que, el proyecto de utilizar tecnologías y combustibles más limpios comenzó en 2010, pero el presupuesto público, que ascendió a 32.294 millones de pesos (1.677 mil millones de dólares) en 2019 (CEFP, 19 de junio de 2019; SHCP, junio de 2019) y que ha sido el más alto desde 2010, ha sido insuficiente para revertir la fuerte dependencia de los hidrocarburos que tiene México.

Sin duda, los riesgos a la seguridad energética mexicana se han acumulado desde hace años. Por un lado, los actos del crimen organizado, vandalismo y corrupción han dado origen a una cadena delictual para el robo de combustible que hoy en día representa uno de los riesgos humanos más nocivos para México ya que constituyen cuantiosas pérdidas económicas, un descontrol ocasional que da origen a explosiones, pérdida de vidas humanas y daños ambientales. Por otro lado, el país parece estar enfrascado en un círculo que gira sólo en torno a los hidrocarburos; si bien se necesitaría producir más crudo para su refinación al interior y elevar sus niveles de exportación, que a su vez permitan equilibrar sus finanzas públicas, la falta de inversión, la limitada capacidad para refinar el crudo que se produce, el agotamiento de Cantarell y de otros campos petroleros, así como la creciente dependencia externa de combustibles de consumo final y el inicio de un periodo de importaciones de petróleo, son riesgos acumulados que deben sopesarse para garantizar la seguridad energética. No obstante, como señalan Cherp & Jewell (2011), el reto de la seguridad energética es que sus elementos conforman un entramado que no es posible abordar por separado como se hacía antes. A pesar de la complejidad



que esto representa, resulta necesaria la elección de indicadores para evaluar la seguridad energética y discernir lo más posible las vulnerabilidades del sistema energético. A continuación, se presenta una aproximación de la realidad mexicana.

### **2.3. Indicadores de la seguridad energética**

Para evitar una saturación y confusión con numerosos indicadores para medir la seguridad energética como bien advierten Cherp & Jewell (2011), es posible estimar la seguridad energética de México durante la transición energética con tres grandes indicadores: 1) agotamiento geológico del petróleo y del gas natural; 2) producción y logística de los combustibles; y 3) dependencia externa.

Los datos para el análisis de cada indicador se tomaron de información pública de fuentes autorizadas. Se considera 2004 como el año de referencia, seguido de los seis años posteriores a la reforma energética de 2013, toda vez que en estos períodos se registraron el *boom* petrolero de México y la implementación de dicha reforma.

#### ***2.3.1. Agotamiento geológico de petróleo y del gas natural***

Para determinar el agotamiento geológico del petróleo y del gas natural se utilizan indicadores relacionados con la oferta nacional: reservas, producción y duración de las reservas. Estos tres elementos permiten exponer una de las variables de las fuentes riesgos de carácter natural de la seguridad energética de México. En este sentido, la duración de las reservas probadas de petróleo y de gas natural se expresa en años y es el resultado de dividir las reservas probadas entre la producción promedio anual.

Al 2019, las reservas 3P de petróleo en México llegaron a 15.292 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (mmbpce), lo que significa una reducción del 55,53 por ciento con respecto a 2004, año en que se registró un promedio anual de 3.383 mil barriles diarios (mbd) de crudo, el nivel más alto de la producción petrolera en los últimos 20 años. En 2019, sólo las reservas probadas alcanzaron 5.333 mmbpce que, si se considera la producción promedio anual de 1.677 mbd, tendrían un alcance de 8,7 años (Tabla 4).

Tabla 4. Agotamiento geológico de petróleo

	2004	Reforma energética						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Reservas (mmbpce)</b>	<b>34.389</b>	<b>29.328</b>	<b>25.825</b>	<b>19.455</b>	<b>19.970</b>	<b>19.420</b>	<b>19.047</b>	<b>15.292</b>
Probadas	14.120	9.812	9.711	7.641	7.037	6.464	6.066	5.333
Probables	11.814	7.800	6.765	5.632	5.813	5.817	5.879	4.832
Posibles	8.455	11.715	9.350	6.182	7.121	7.139	7.102	5.128
<b>Producción anual (mbd)<sup>80</sup></b>	<b>3.383</b>	<b>2.522</b>	<b>2.429</b>	<b>2.267</b>	<b>2.154</b>	<b>1.948</b>	<b>1.814</b>	<b>1.677</b>
<b>Duración de reservas probadas (años)<sup>81</sup></b>	<b>11,4</b>	<b>10,7</b>	<b>11,0</b>	<b>9,2</b>	<b>9,0</b>	<b>9,1</b>	<b>9,2</b>	<b>8,7</b>

Elaboración propia. Fuente: Pemex (2005; 2019a; 2020a); SENER (2020).

La desmedida extracción de petróleo acarrió el prematuro agotamiento de los principales yacimientos, entre ellos Cantarell, campo que en 2004 aportó 2.056 mbd (60,77 por ciento de la producción de crudo diaria), mientras que en 2019 contribuyó con una producción de 159 mbd. Actualmente el complejo marino Ku-Maloob-Zaap se ha convertido en el principal activo petrolero en el país, no obstante, su mayor aportación en 2019 fue de 843 mbd de petróleo.

En cuanto a los tipos de petróleo, México produce tres variedades reportados en documentos oficiales de Pemex: Pesado (Maya), ligero (Istmo) y súper ligero (Olmeca). El complejo Ku-Maloob-Zaap ha compensado en cierta forma la caída en la producción de crudo pesado proveniente de Cantarell, pero hasta el momento no se han encontrado campos capaces de suplir los crudos ligeros y cuyo declive conjunto registró el 33 por ciento de 2004 a 2019 (Tabla 5). Hoy en día, el sostén de la producción de crudos ligeros en México son pequeños campos ubicados en la Sonda de Campeche y en la región Tabasco-Chiapas, cuyas reservas están prácticamente agotadas.

Tabla 5. Producción de petróleo por tipo (mbd)

	2004	Reforma energética						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Producción anual</b>	<b>3.383</b>	<b>2.522</b>	<b>2.429</b>	<b>2.267</b>	<b>2.154</b>	<b>1.948</b>	<b>1.814</b>	<b>1.677</b>
Pesado	2.458	1.365	1.266	1.152	1.103	1.049	1.073	1.061
Ligero	790	847	864	838	785	689	553	482
Súper ligero	135	310	299	277	266	210	188	134

Elaboración propia. Fuente: Pemex (2020a).

<sup>80</sup> Los totales de producción anual pueden no coincidir por el redondeo de las cifras.

<sup>81</sup> La duración de las reservas probadas de petróleo y de gas natural se expresa en años y es el resultado de dividir las reservas probadas entre la producción promedio anual.

En el caso del gas natural, la reservas 3P redujeron un 58 por ciento de 2004 al 2019, al pasar de 53 billones de pies cúbicos (bpc) a 22 bpc. Hablando únicamente de reservas probadas, éstas registraron una cifra de 6,9 bpc en 2019 que podrían alcanzar sólo para 7,2 años (Tabla 6).

Tabla 6. Agotamiento geológico de gas natural

	Reforma energética							
	2004	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Reservas (mmmpc)</b>	<b>53.165</b>	<b>50.553</b>	<b>47.420</b>	<b>26.354</b>	<b>22.962</b>	<b>23.798</b>	<b>N/D</b>	<b>22.303</b>
Probadas	16.110	13.313	12.418	9.840	7.964	7.614	6.593	6.906
Probables	17.342	14.259	13.407	7.797	7.132	7.485	N/D	8.062
Posibles	19.713	22.981	21.595	8.717	7.865	8.699	N/D	7.335
<b>Producción (mmpcd)</b>	<b>4.071</b>	<b>4.492</b>	<b>4.393</b>	<b>4.067</b>	<b>3.568</b>	<b>3.058</b>	<b>2.741</b>	<b>2.618</b>
<b>Duración de reservas probadas (años)</b>	<b>10,8</b>	<b>8,1</b>	<b>7,7</b>	<b>6,6</b>	<b>6,1</b>	<b>6,8</b>	<b>6,6</b>	<b>7,2</b>
Mmpc - Miles de millones de pies cúbicos Mmpcd - Millones de pies cúbicos diarios								

Elaboración propia. Fuente: Pemex (2005; 2018a; 2019a; 2020a); SENER (2020).

A pesar de este escenario, de acuerdo con la SENER (2016c; 2017d; 2018f), México cuenta con recursos prospectivos por 112.800 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, de los cuales el 53 por ciento corresponden a recursos no convencionales (aceite y gas de lutitas bituminosas) y 47 por ciento a recursos convencionales (Tabla 7). De ahí que, en el marco de la reforma energética de 2013, la SENER determinó tres secciones de oportunidades exploratorias con probabilidad de éxito: 1) Los campos y aéreas asignadas a Pemex en la Ronda Cero; 2) Las áreas que serían ofertadas a la iniciativa privada mediante contratos de licencia y de producción compartida y; 3) Las áreas que permanecerían en calidad de reserva para el futuro (SENER, 2016c; 2017d; Rodríguez Padilla, 2018).

Tabla 7. Recursos prospectivos (mmbpce)

	<b>Aceite</b>	<b>Gas húmedo</b>	<b>Gas seco</b>	<b>Total</b>
No convencionales	31.9	7.3	21.0	60.2
Convencionales	37.3	8.5	6.8	52.6
Total	69.2	15.8	27.8	112.8

Elaboración propia. Fuente: SENER (2014b; 2015b; 2016c, 2017d; 2018f).

Si bien el conjunto de los recursos prospectivos podría restituir las reservas de crudo de los campos en producción, tienen asociado un nivel de riesgo y de incertidumbre por lo que no se puede asegurar su existencia ni su volumen preciso. Aunque con la apertura a la inversión privada en actividades exploratorias se han descubierto yacimientos significativos es necesario esperar varios años antes de que éstos se reflejen en las reservas probadas de petróleo; no obstante, hasta inicios de 2020 no se habían encontrado yacimientos con la capacidad suficiente para compensar la pronunciada caída de los hidrocarburos en México. Una de las consecuencias directas del menor volumen extraído de petróleo es la cada vez más reducida capacidad para elaborar los productos derivados.

### ***2.3.2. Producción, logística de los combustibles y almacenamiento***

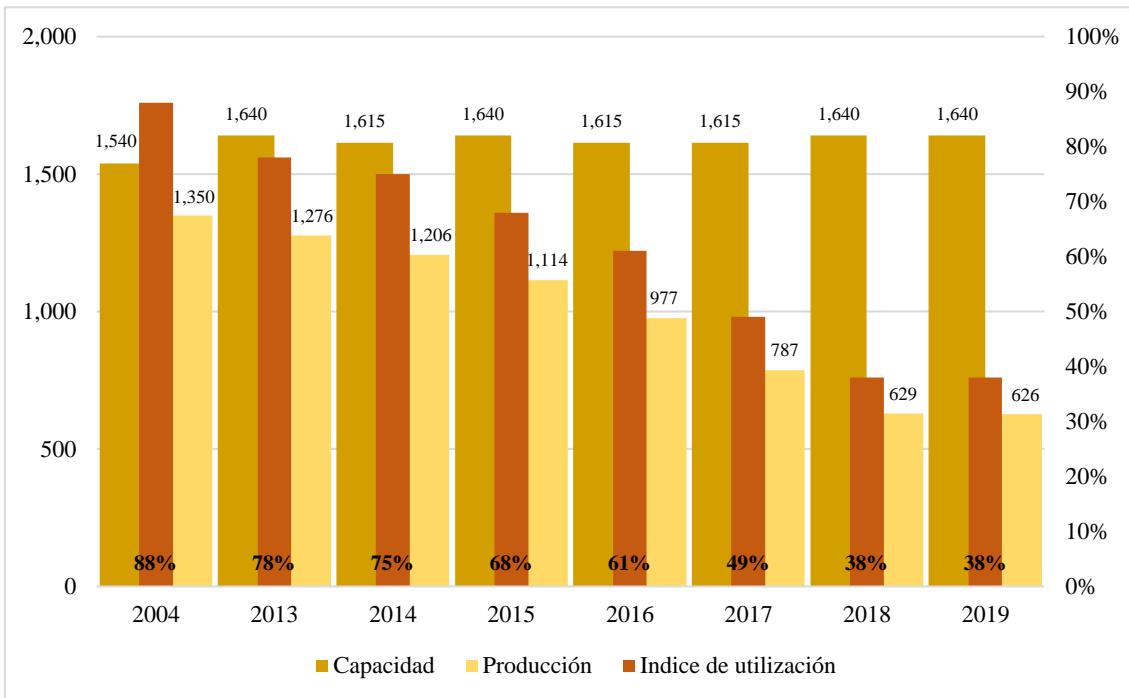
La seguridad en la producción de los combustibles se determina a través de índices de utilización de la capacidad instalada de refinación del petróleo y los días de inventario en combustibles. Por su parte, la seguridad en la logística se establece mediante la diversificación de las rutas de suministro. Estos tres indicadores permiten exponer de una manera cuantificable las principales fuentes de riesgo de carácter técnico.

#### **Índice de utilización de la capacidad instalada de refinación**

El índice de utilización de la capacidad instalada de refinación se expresa en porcentaje y resulta de dividir el promedio de volumen diario de los productos elaborados entre la capacidad diaria de refinación.

Actualmente, el SNR en México se integra por seis refinerías: Cadereyta, Madero, Tula, Salamanca, Minatitlán y Salina Cruz que, en conjunto, cuentan con una capacidad instalada de refinación de 1.640 mbd de petróleo. Para el año 2019, el SNR utilizó únicamente el 38 por ciento de su capacidad instalada al alcanzar una producción de 626 mbd derivados de petróleo (Gráfica 27). Estas cifras representan un decremento total de 57 por ciento en relación con el año 2004 y 51 por ciento respecto a 2013 en el índice de utilización de la capacidad instalada de refinación en México.

Gráfica 27. Índice de utilización de la capacidad instalada del SNR (mbd - %)



Elaboración propia. Fuente: Pemex (2006; 2019a).

Como se observa en la Tabla 8, salvo el aumento de 100 mbd en la capacidad de instalación en la refinería de Minatitlán en 2013, el SNR no ha crecido desde 2004, incluso desde hace tres décadas. Si bien de 2006 a 2014 se invirtió en la reconfiguración de las refinerías de Cadereyta, Madero y Minatitlán a fin de contar con gasolinas y diésel menos contaminantes, al 2019 aún estaba pendiente la ampliación de la refinería de Tula, así como la reconfiguración de las unidades de Salamanca y Salina Cruz. Cabe añadir que en 2019 el gobierno del presidente Andrés Manuel López Obrador inició la construcción de la refinería de Dos Bocas, infraestructura que permitirá aumentar la capacidad instalada de refinación a 1.940 mbd y añadir una producción de 240 mbd hacia 2023, año en el que entrará en operación (SENER, 2018f).

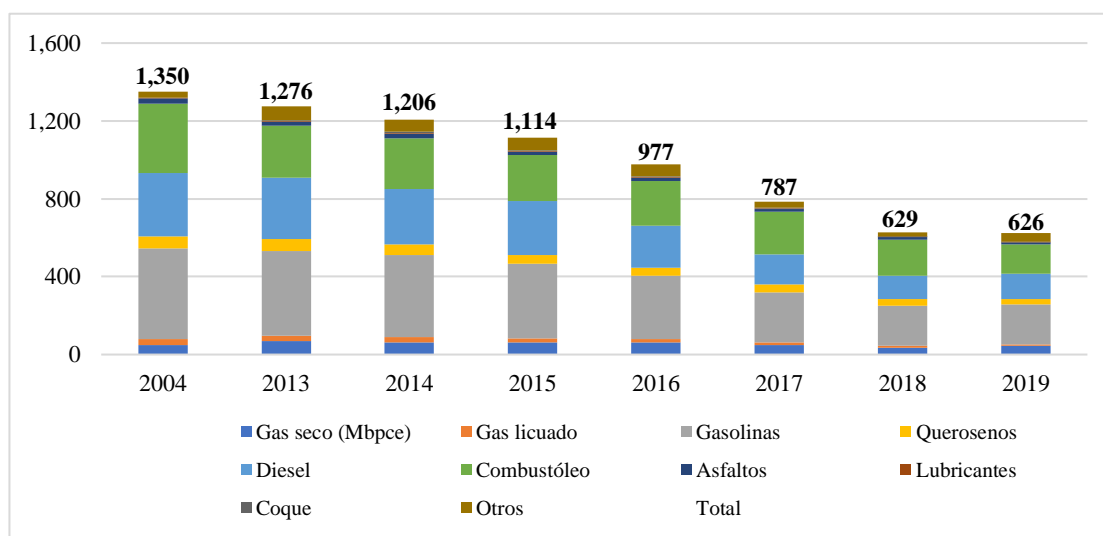
Tabla 8. Índice de utilización de la capacidad instalada de refinación por refinería (mbd - %)

Refinería	2004			2013			2014			2015			2016			2017			2018			2019		
	C	P	IU	C	P	IU	C	P	IU	C	P	IU	C	P	IU	C	P	IU	C	P	IU	C	P	IU
<b>Cadereyta</b>	275	221	80%	275	191	69%	275	183	66%	275	164	60%	275	125	45%	275	130	47%	275	114	41%	275	110	40%
<b>Madero</b>	190	154	81%	190	140	74%	190	119	63%	190	135	71%	190	95	50%	190	49	26%	190	21	11%	190	59	31%
<b>Tula</b>	315	296	94%	315	252	80%	315	257	81%	315	243	77%	315	201	64%	315	213	68%	315	145	46%	315	125	40%
<b>Salamanca</b>	245	201	82%	245	194	79%	220	174	79%	245	147	60%	220	172	78%	220	154	70%	245	138	56%	245	91	37%
<b>Minatitlán</b>	185	175	94%	285	201	71%	285	198	70%	285	177	62%	285	143	50%	285	102	36%	285	44	16%	285	117	41%
<b>Salina Cruz</b>	330	303	92%	330	298	90%	330	275	83%	330	248	75%	330	242	73%	330	139	42%	330	166	50%	330	124	38%
<b>Totales</b>	1.540	1.350	88%	1.640	1.276	78%	1.615	1.206	75%	1.640	1.114	68%	1.615	977	61%	1.615	787	49%	1.640	629	38%	1.640	626	38%
<b>C</b> – Capacidad <b>P</b> – Producción <b>IU</b> – Índice de utilización de la capacidad instalada																								

Elaboración propia. Fuente: Pemex (2006; 2019a; 2020a); SENER (2020).

El drástico declive hasta hoy observado en la utilización de la infraestructura está estrechamente vinculado a la caída en la producción de crudos ligeros para los cuales están diseñadas las refinerías mexicanas. Rodríguez Padilla (2018) afirma que entre las razones por las que la operación del parque de refinación «es altamente deficiente porque se alimenta a las refinerías con crudos para los cuales no fueron diseñadas» (p. 60). En este sentido, se constató que en los últimos años se ha venido utilizando una mezcla de crudos pesado y ligeros, cuya proporción en 2019 fue de un 49 por ciento de pesado y un 51 por ciento de ligero, motivo que en parte contribuyó a alcanzar un rendimiento de refinación de sólo 626 mbd, de los cuales 204 mbd fueron de gasolina, 150 mbd de combustóleo, 130 mbd de diésel, 29 mbd de querosenos y 68 mbd de otros productos, así como 45 millones de barriles de petróleo crudo equivalente de gas seco (Gráfica 28). Todos estos productos son distribuidos a través de una red de logística comprendida por oleoductos, poliductos y otras infraestructuras en todo el territorio mexicano.

Gráfica 28. Producción de derivados de petróleo en el SNR (mbd)



Elaboración propia. Fuente: Pemex (2006; 2019a).

## Rutas de suministro y almacenamiento

Para el abastecimiento de derivados de petróleo a la población en México existe un sistema de oleoductos y poliductos que conecta a las cinco terminales marítimas con las refinerías y las terminales de almacenamiento y reparto que suministran las estaciones de

servicio. El análisis de la infraestructura de distribución permite identificar simultáneamente el transporte y almacenamiento de estos productos (Tabla 9 y Figura 3).

Tabla 9. Infraestructura de suministro de derivados de petróleo

Terminales de almacenamiento y reparto (TAR)	73	
Terminales marítimas	5	8.589.414 barriles
Terminales de gas licuado	10	
Instalaciones portuarias	10	
Carros tanque	572	
Autos tanque	1.485	
Buques tanque	17	
Oleoductos	5.259 kilómetros	
Poliductos	8.883 kilómetros	4.094.500 barriles/día
Estaciones de servicio	12.000	

Elaboración propia. Fuente: SENER (2018a); Pemex (2005; 2017a; 2018a; 2019a).

Figura 3. Instalaciones petroleras de México



Fuente: Pemex (2019a).



Los puntos de encuentro para el suministro de productos derivados son las 73 TAR que conjuntamente suman una capacidad operativa de 11 millones 971 mil barriles. De las TAR<sup>82</sup> se distribuyen los combustibles a las 12 mil estaciones de servicio a través de ductos o vía terrestre con autos tanque. De acuerdo con la SENER (2018a), los 8.883 kilómetros de poliductos permiten abastecer cerca del 76 por ciento de los petrolíferos.

Sin embargo, como se observa en la Figura 3, las zonas Sur, Golfo, Centro y Occidente concentran la mayor parte de la capacidad operativa del país. En estas regiones se transportan 3 millones 272 mil barriles de productos refinados al día a través de ductos que permiten el flujo desde el Golfo hacia el centro del país y el Bajío, así como al Pacífico a través del Istmo de Tehuantepec. No obstante, en las zonas del Noroeste y Sureste de México, las terminales marítimas y portuarias se han convertido prácticamente en la única alternativa para el suministro de petrolíferos debido a la ausencia de ductos y a la geografía y lejanía entre algunos puntos de internación y destino al interior del país. De hecho, el desabasto de gasolinas y diésel a principios de 2019 probó no sólo la falta de diversificación de infraestructura para el suministro en la zonas Noroeste y Sureste del país, también resaltó que la región Centro se abastece principalmente desde los poliductos conectados a la refinería de Tula.

Respecto al inventario de almacenamiento de combustibles, éste se expresa en días y consiste en el volumen disponible para satisfacer la demanda nacional que resulta de dividir el volumen almacenado entre el consumo diario de combustibles, en este caso se utiliza para la gasolina y el diésel.

Los inventarios de derivados de petróleo en México han sido históricamente bajos, en 2018 el conjunto de las TAR contaba con una capacidad promedio de 7,5 de días para el abastecimiento de gasolina y 6,9 días de diésel (Tabla 10). Sin embargo, al considerar la seguridad del suministro de gasolina y diésel por región, el centro del país tiene una capacidad de almacenamiento de dichos combustibles inferior a tres días aún cuando cuenta con el 20 por ciento de la capacidad operativa de las TAR.

<sup>82</sup> De las 73 TAR, tres se ubican cercanas a las refinерías, 35 utilizan poliductos como único medio de abastecimiento, 19 reciben producto sólo por autos tanque, 10 sólo por buques tanque y una (la de Durango únicamente es suministrada por autos tanque).

Tabla 10. Capacidad operativa y de almacenamiento de las TAR

Región	Capacidad operativa (barriles)	Capacidad de almacenamiento en días de demanda	
		Gasolinas	Diésel
Noroeste	2.917.095	11.9	12.1
Centro	2.399.278	2.2	2.8
Occidente	2.398.206	4.3	5.4
Noreste	1.418.284	2.6	6
Norte	952.432	6.8	9.4
Golfo	798.676	22.2	8.6
Sur	566.272	5	7.5
Sureste	521.376	4.9	3
<b>Total / Promedio</b>	<b>11,971,619</b>	<b>7.5</b>	<b>6.9</b>

Elaboración propia. Fuente: SENER (2018a); Limón Portillo (21 de enero de 2019).

Cabe señalar que la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos (SENER, 2017b; 29 de noviembre de 2018) establece que a partir del 1 de enero de 2020 los volúmenes mínimos requeridos serán equivalentes a cinco días de ventas internas de gasolinas y diésel, en 2022 deberán ser entre ocho y nueve días, y en 2025 entre 11 y 13 días (Tabla 11), niveles muy por debajo de los 90 días establecidos por la AIE de la que México es miembro oficial desde el 2018.

Tabla 11. Días de inventarios de seguridad

2020	2022		2025	
Inventario mínimo	Inventario mínimo	Promedio trimestral	Inventario mínimo	Promedio trimestral
5	8	9	11	13

Elaboración propia. Fuente: SENER (2017b; 29 de noviembre de 2018).

### 2.3.3. Dependencia externa

Los indicadores de dependencia externa permiten estimar la dependencia y vulnerabilidad de un sistema energético con respecto al comercio exterior de energía. Para calcular la dependencia externa de México se utilizaron 15 de los 22 indicadores mencionados por Rodríguez Padilla (2018), que se desarrollan conforme a la metodología propuesta por dicho autor:

Tabla 12. Indicadores de dependencia externa de México

Lista de indicadores de dependencia externa de México	
1.	Producción de energía
2.	Exportaciones de energía
3.	Importaciones de energía
4.	Consumo nacional de energía
5.	Autosuficiencia energética
6.	Dependencia externa en energía
7.	Autosuficiencia de gas natural y derivados de petróleo
8.	Dependencia externa de gas natural y derivados de petróleo
9.	Peso relativo de derivados de petróleo en la importación de energía
10.	Balanza comercial de hidrocarburos y derivados de petróleo
11.	Combustibles en la balanza comercial
12.	Vocación exportadora de la producción de energía
13.	Peso del petróleo en las exportaciones de energía
14.	Concentración de las exportaciones de petróleo crudo en Estados Unidos
15.	Dependencia de gas natural y derivados de petróleo importados de Estados Unidos

Elaboración propia. Fuente: Rodríguez (2018).

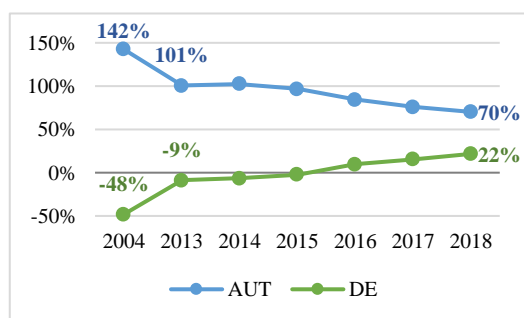
La autosuficiencia energética (AUT) se expresa en porcentaje y resulta de dividir la producción entre el consumo nacional de energía; existe autosuficiencia cuando  $AUT \geq 100\%$ .

La dependencia externa (DE) de energía permite medir la relevancia de las importaciones en el consumo de energía y es el porcentaje que resulta de calcular la importación neta (importaciones menos exportaciones) dividido entre el consumo nacional de energía; este indicador va de 0% a 100%, a mayor valor del indicador mayor es la dependencia externa.

En México, la caída de la producción y el aumento del consumo de energía ha derivado en una progresiva pérdida de autosuficiencia energética, indicador que pasó del 142 por ciento en 2004 a 70 por ciento en 2018. Asimismo, la dinámica en la producción y la demanda energéticas ha llevado al aumento de las importaciones, en consecuencia, la inexistente dependencia externa de energía en 2004 pasó a 22 por ciento en 2018 (Gráfica 29), especialmente de gas natural y productos derivados de petróleo.

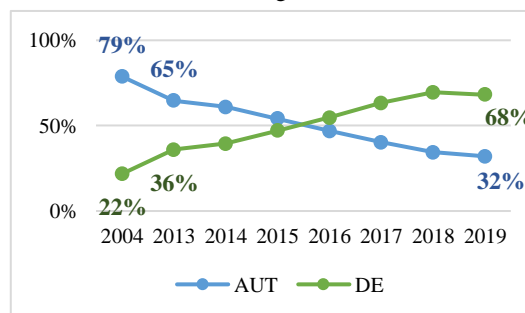
En el caso del gas natural, en 2004 la producción de este combustible cubría cuatro quintas partes del consumo en México, pero en 2019 el consumo prácticamente triplicó a la producción nacional. Esta tendencia provocó que en 2019 la autosuficiencia en gas natural cayera a 32 por ciento y, como resultado de la creciente importación para cubrir el consumo del mercado interno, la dependencia externa de gas natural llegó a 68 por ciento (Gráfica 30).

Gráfica 29. Autosuficiencia energética y dependencia externa



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 30. Autosuficiencia energética y dependencia externa de gas natural

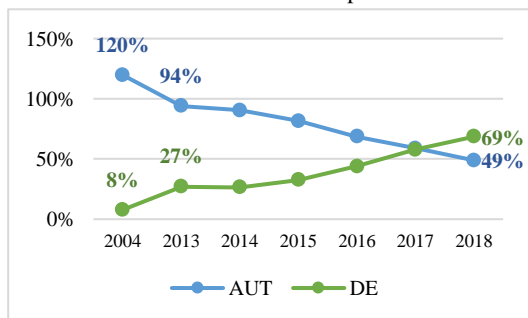


Elaboración propia. Fuente: CNH (2019); SENER (2014a; 2015a; 2018e; 2019d; 2020).

Por otra parte, los bajos niveles en la utilización de la capacidad refinadora llevaron a que en 2018 la autosuficiencia energética en productos derivados del petróleo descendiera a 49 por ciento y, como reflejo de las crecientes importaciones, la dependencia externa de derivados de petróleo llegó a 69 por ciento (Gráfica 32). La gasolina, el diésel y el gas LP son los combustibles de mayor demanda en el país de ahí que su consideración resulta esencial en la medición de la autosuficiencia y dependencia externa de derivados de petróleo en México. Los niveles de la autosuficiencia de gasolinas, diésel y gas LP cayeron a 32, 34 y 44 por ciento, respectivamente (Gráfica 31), mientras que la importación de gasolinas hizo que la dependencia externa de este combustible pasara del 6 por ciento en 2004 a 74 por ciento en 2018, en tanto que la del diésel saltó de -2 por ciento a 83 por ciento y la del gas LP pasó de 26 por ciento a 58 por ciento (Gráfica 33).

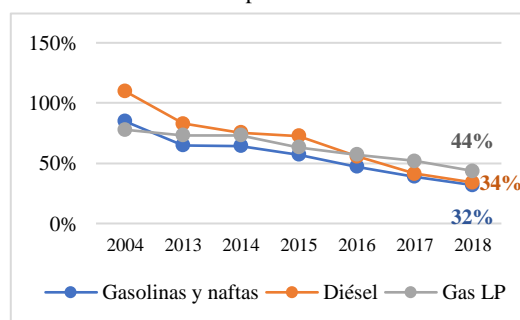
El peso relativo de los derivados de petróleo en la importación permite medir su importancia en las importaciones totales de energía. Este indicador es el porcentaje que resulta de dividir las importaciones de derivados de petróleo entre la importación total de energía. En México, los derivados representaron el 47 por ciento de la totalidad de las compras de energía al exterior en 2018 (Gráfica 34). No obstante, al observar el peso relativo de cada producto en las importaciones de energía durante 2018, las gasolinas registraron el 25 por ciento, mientras que el diésel el 13 por ciento y el gas LP el 5 por ciento (Gráfica 35).

Gráfica 32. Autosuficiencia energética y dependencia externa de derivados de petróleo



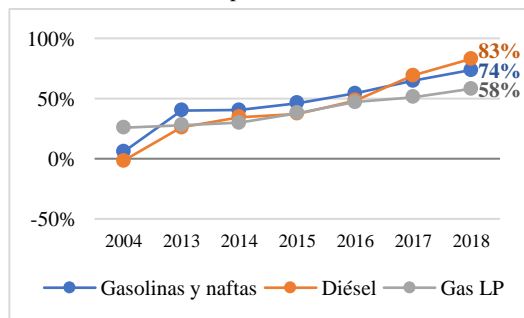
Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 31. Autosuficiencia energética por derivado de petróleo



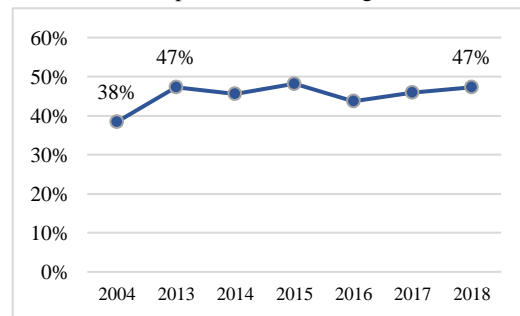
Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 33. Dependencia externa por derivado de petróleo



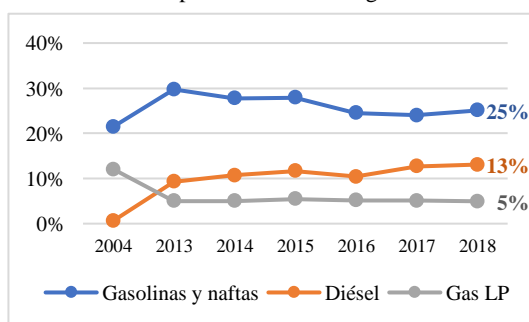
Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 34. Peso relativo de derivados de petróleo en importaciones de energía



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

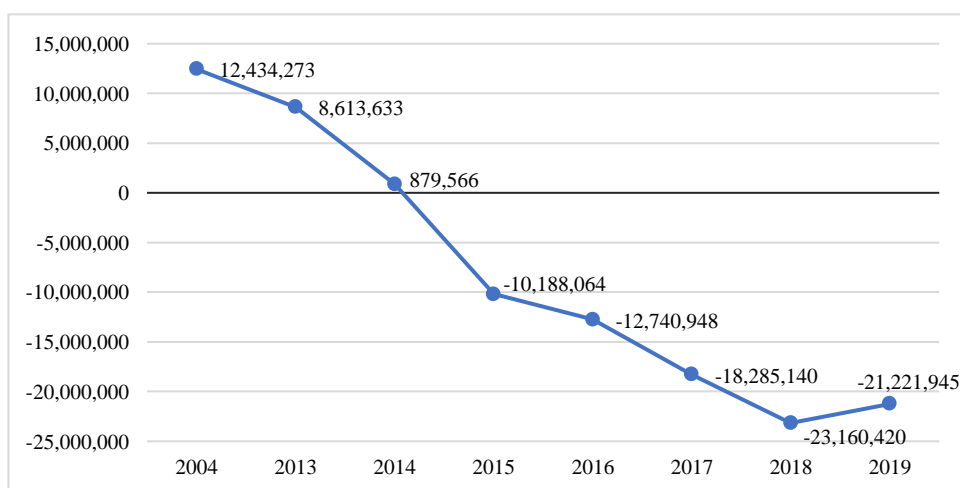
Gráfica 35. Peso relativo de cada petrolífero en las importaciones de energía



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

La balanza comercial de hidrocarburos y derivados mide la diferencia entre el valor de las exportaciones menos el valor de las importaciones. Cuando el saldo de la balanza comercial es positivo hay superávit, pero si es negativo hay déficit. En México la disminución de la producción provocó la reducción de las exportaciones, a su vez la necesidad de abastecer al mercado nacional llevó a un incremento de las importaciones, como consecuencia, desde 2015 el saldo de la balanza comercial de energía comenzó a reflejar un déficit que creció en 2018, aunque registró un repunte en 2019. De acuerdo con cifras oficiales en México, de un superávit de 12.434 millones de dólares (md) en 2004 se pasó a un déficit de 10.188 md en 2015 y de 21.221 md en 2019 (Gráfica 36).

Gráfica 36. Balanza comercial de hidrocarburos y derivados de petróleo (miles de dólares)



Elaboración propia. Fuente: Banco de México (2020); INEGI (2015; 2020b); SENER (2020).

Por otra parte, con el indicador de combustibles en la balanza comercial se aprecia el impacto de las exportaciones y/o importaciones de hidrocarburos y sus derivados en el valor total del comercio exterior. Al observar la balanza comercial mexicana, en 2004 y 2013 la participación de los hidrocarburos y sus derivados en el valor total de las exportaciones fue del 12 y 13 por ciento, respectivamente, pero en 2019 fue 6 por ciento. No obstante, esta dinámica más que obedecer a una disminución de las exportaciones de energéticos se debe al aumento del total de las exportaciones mexicanas no petroleras y a los altibajos del precio del petróleo, ya que es el combustible que ocupa la mayor parte de las ventas petroleras (Tabla 13).

Tabla 13. Combustibles en la balanza comercial de México (millones de dólares)

	2004	Reforma energética						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Exportaciones Totales</b>	<b>187.999</b>	<b>380.015</b>	<b>396.914</b>	<b>380.550</b>	<b>373.948</b>	<b>409.433</b>	<b>450.685</b>	<b>461.116</b>
<b>Petroleras</b>	<b>23.663</b>	<b>49.481</b>	<b>42.369</b>	<b>23.100</b>	<b>18.825</b>	<b>23.725</b>	<b>30.601</b>	<b>25.985</b>
Petróleo	21.258	42.712	35.638	18.451	15.582	20.047	26.512	22.552
Gas natural	1	3	5	2	2	2	28	15
Petrolíferos	1.927	5.734	5.671	3.866	2.371	2.450	2.933	2.299
Petroquímicos	477	1.033	1.054	781	870	1.226	1.128	1.118
<b>No Petroleras</b>	<b>164.335</b>	<b>330.534</b>	<b>354.544</b>	<b>357.451</b>	<b>355.124</b>	<b>385.707</b>	<b>420.083</b>	<b>435.131</b>
<b>Importaciones Totales</b>	<b>196.810</b>	<b>381.210</b>	<b>399.984</b>	<b>395.234</b>	<b>387.071</b>	<b>420.395</b>	<b>464.302</b>	<b>455.295</b>
<b>Petroleras</b>	<b>11.229</b>	<b>40.868</b>	<b>41.490</b>	<b>33.288</b>	<b>31.566</b>	<b>42.010</b>	<b>53.762</b>	<b>47.207</b>
Gas natural	2.442	4.024	5.206	3.851	4.059	6.165	7.325	6.288
Petrolíferos	4.260	27.179	26.208	21.397	19.840	27.444	36.859	32.601
Petroquímicos	4.527	9.665	10.075	8.040	7.667	8.401	9.578	8.318
<b>No Petroleras</b>	<b>185.581</b>	<b>340.342</b>	<b>358.495</b>	<b>361.947</b>	<b>355.505</b>	<b>378.384</b>	<b>410.541</b>	<b>408.088</b>
<b>Saldo</b>	<b>-8.811</b>	<b>-1.195</b>	<b>-3.071</b>	<b>-14.684</b>	<b>-13.122</b>	<b>-10.962</b>	<b>-13.618</b>	<b>5.833</b>

Elaboración propia. Fuente: Banco de México (2020); INEGI (2015; 2020a; 2020b); Pemex (2020a); SENER (2020).

Pese al declive en la producción de crudo, las autoridades mexicanas han hecho el esfuerzo por mantener los niveles de exportación de petróleo en un promedio anual de 1.166 mbd entre 2013 y 2019, cifra equivalente a una media de 56 por ciento de la producción. Tan sólo en 2019 México exportó un promedio de 1.103 mbd de petróleo (Pemex, 2020a; SENER, 2020), cifra que representó el 66 por ciento de la extracción de crudo y sólo el 5 por ciento del valor total de las exportaciones de ese año, pero una disminución de 15 por ciento de los ingresos de las ventas petroleras con respecto a 2018, año en el que se exportó un promedio de 1.184 mbd.

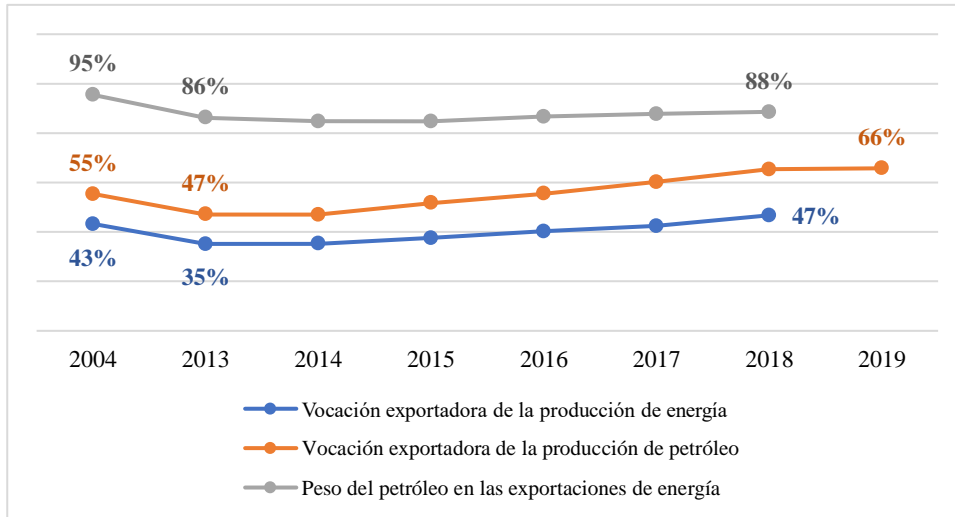
Lo anterior conduce a los dos indicadores de vocación exportadora y al de peso del petróleo en las exportaciones de energía los cuales se obtienen de la siguiente manera:

- La vocación exportadora de la producción de energía es el porcentaje que resulta de dividir las exportaciones entre la producción de energía.
- La vocación exportadora de la producción de petróleo consiste en el porcentaje que se obtiene de dividir la exportación entre la producción de petróleo.
- El peso del petróleo en las exportaciones de energía es el porcentaje que resulta de dividir las exportaciones de petróleo entre la exportación total de energía.

Dados los montos de energía producida y exportada podría decirse que México tuvo su mayor vocación exportadora de la producción de energía en 2004, cuando alcanzó el 43 por ciento. A partir de ese año se inicia un periodo de descenso que tocó fondo en 2013 y 2014 cuando registró 35 por ciento; para recuperarse paulatinamente hasta 2019, año en el que llegó a 47 por ciento, la cifra máxima de la serie. Esta trayectoria se debe,

nuevamente, a que las exportaciones de petróleo se mantuvieron en niveles estables en el lapso 2013-2019. Otras consecuencias de este esfuerzo por parte del gobierno mexicano es que en 2018 la vocación exportadora de la producción de petróleo alcanzó 65 por ciento y el peso del crudo en las exportaciones totales de energía el 88 por ciento (Gráfica 37).

Gráfica 37. Vocación exportadora de México



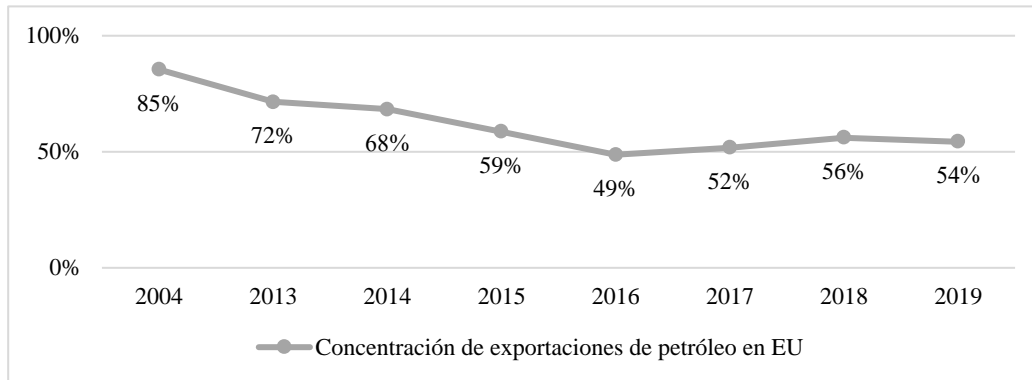
Elaboración propia. Fuente: Pemex (2020a); SENER (2020).

Respecto al destino, el indicador de la concentración de las exportaciones de petróleo en Estados Unidos corroborara que dicho país es el principal destino del crudo mexicano al registrar el 54 por ciento en 2019 (Gráfica 38). Este porcentaje es el resultado de dividir las ventas a Estados Unidos entre las exportaciones totales de crudo de México. Cabe mencionar que desde el 2015 la extracción masiva del petróleo de esquisto permitió a Estados Unidos convertirse en productor y exportador de petróleo no convencional, razón por la cual México ha buscado incrementar sus ventas a España e India, cuyos mercados han sido los más grandes después del estadounidense desde hace años.

La importancia de sostener el nivel de exportaciones de crudo en México, aún con la producción a la baja, radica en la dependencia económica del erario federal de los recursos provenientes de las ventas petroleras. Reservar para el mercado interno el crudo que México produce, cuyas características no permiten su refinación en el país, representaría menores ingresos federales, de los cuales una parte son destinados para financiar las importaciones de gas natural y de productos derivados del petróleo, que en su mayoría provienen de Estados Unidos.



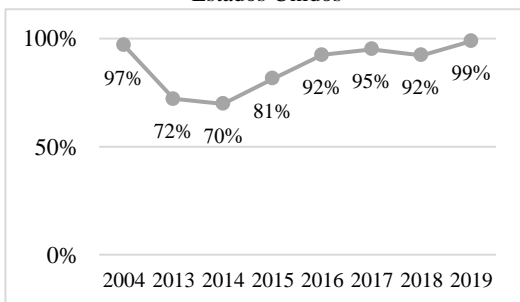
Gráfica 38. Concentración de exportaciones de petróleo en Estados Unidos



Elaboración propia. Fuente: Pemex (2020a); SENER (2020); U.S. EIA (2020a; marzo de 2020)

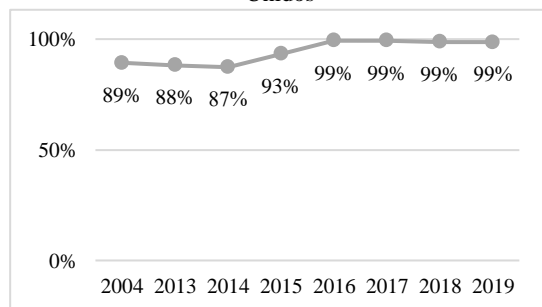
Para estimar la dependencia del gas natural y petrolíferos importados de Estados Unidos se utiliza el porcentaje que resulta de dividir la importación de gas natural (mmpcd) o derivados de petróleo (mbd) proveniente de ese país entre las compras en el extranjero. El grado que México ha alcanzado de dependencia de gas natural y petrolíferos de Estados Unidos es absoluta, en ambos casos se llega al 99 por ciento en 2019 (Gráficas 39 y 40). Al desagregar la dependencia de cada petrolífero, considerando los datos con los que se cuenta, los porcentajes individuales no distan muchos de los generales, por ejemplo, la dependencia de gasolinas del mercado estadounidense alcanza el 78 por ciento, de gas LP el 81 por ciento y de turbosina<sup>83</sup> el 98 por ciento (Gráfica 41).

Gráfica 40. Dependencia de gas natural importado de Estados Unidos



Elaboración propia. Fuente: CNH (2019); SENER (2014a; 2015a; 2018e; 2019d); U.S.EIA (22 de agosto de 2018; 2020e).

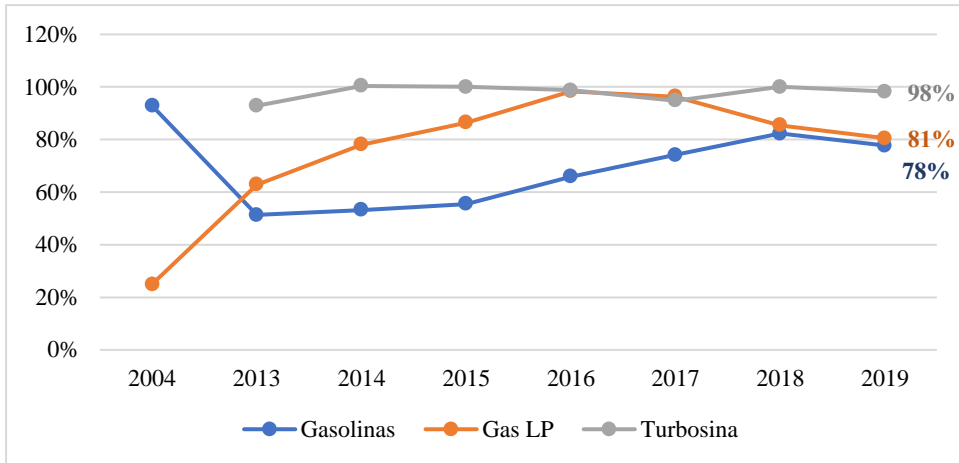
Gráfica 39. Dependencia de petrolíferos de Estados Unidos



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020); U.S.EIA (2020c).

<sup>83</sup> Combustible para aeronaves.

Gráfica 41. Dependencia de petrolíferos de Estados Unidos



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020); U.S.EIA (2020c)

Si bien la integración de mercado de América del Norte ha permitido comercializar a precios más competitivos los energéticos y expandir la infraestructura transfronteriza para facilitar la operatividad, en términos de seguridad energética la preocupación surge cuando el origen proviene de una sola fuente de suministro: Estados Unidos.

Tabla 14. Desagregado de indicadores de dependencia externa de México

	2004	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Autosuficiencia energética y dependencia externa (petajoules / %)</b>								
Producción de energía	10.460	9.053	8.854	8.261	7.714	7.027	6.485	
Exportaciones de energía	4.512	3.184	3.121	3.105	3.101	2.975	3.031	
Importaciones de energía	979	2.401	2.561	2.904	3.994	4.418	5.032	
Consumo nacional de energía	7.347	8.988	8.651	8.529	9.140	9.250	9.237	
AUT	142%	101%	102%	97%	84%	76%	70%	
DE	-48%	-9%	-6%	-2%	10%	16%	22%	
<b>Gas natural (mmpcd / %)</b>								
Producción	4.071	4.492	4.393	4.067	3.568	3.058	2.741	2.618
Exportación	0	12	13	12	3	4	9	2
Importación	1.124	2.517	2.861	3.548	4.168	4.815	5.554	5.572
Consumo nacional	5.168	6.952	7.209	7.504	7.619	7.612	7.968	8.169
AUT - gas natural	79%	65%	61%	54%	47%	40%	34%	32%
DE - gas natural	22%	36%	40%	47%	55%	63%	70%	68%
<b>Petrolíferos (petajoules / %)</b>								
Producción	3.036	2.669	2.539	2.420	2.124	1.732	1.475	
Exportación	179	366	426	430	382	335	313	
Importación	376	1.136	1.167	1.399	1.747	2.029	2.379	
Consumo nacional	2.535	2.840	2.810	2.964	3.099	2.938	3.016	
AUT - petrolíferos	120%	94%	90%	82%	69%	59%	49%	
DE - petrolíferos	8%	27%	26%	33%	44%	58%	69%	
<b>Peso relativo de petrolíferos en importación de energía (petajoules / %)</b>								
Peso de petrolíferos	38%	47%	46%	48%	44%	46%	47%	
<b>Balanza comercial de hidrocarburos y derivados (millones de dólares)</b>								
Exportaciones	23.663	49.481	42.369	23.100	18.825	23.725	30.601	25.985
Importaciones	11.229	40.868	41.490	33.288	31.566	42.010	53.762	47.207
Saldo	12.434	8.614	880	-10.188	-12.741	-18.285	-23.160	-21.222
<b>Combustibles en la balanza comercial (millones de dólares)</b>								
Exportaciones Totales	187.999	380.015	396.914	380.550	373.948	409.433	450.685	461.116
Petroleras	23.663	49.481	42.369	23.100	18.825	23.725	30.601	25.985
No Petroleras	164.335	330.534	354.544	357.451	355.124	385.707	420.083	435.131
Importaciones Totales	196.810	381.210	399.984	395.234	387.071	420.395	464.302	455.295
Petroleras	11.229	40.868	41.490	33.288	31.566	42.010	53.762	47.207
No Petroleras	185.581	340.342	358.495	361.947	355.505	378.384	410.541	408.088
Saldo balanza comercial	-8.811	-1.195	-3.071	-14.684	-13.122	-10.962	-13.618	5.833
<b>Vocación exportadora de la producción de energía (%)</b>								
Vocación exportadora en la producción de energía	43%	35%	35%	38%	40%	42%	47%	
<b>Vocación exportadora de la producción de petróleo (mbd / %)</b>								
Producción de petróleo	3.383	2.522	2.429	2.267	2.154	1.948	1.814	1.677
Exportación de petróleo	1.870	1.189	1.142	1.172	1.194	1.174	1.184	1.103
Vocación exportadora	55%	47%	47%	52%	55%	60%	65%	66%
<b>Peso del petróleo en las exportaciones de energía (petajoules / %)</b>								
Exportación de petróleo	4.307	2.744	2.646	2.631	2.686	2.609	2.682	
Exportación de energía	4.512	3.184	3.121	3.105	3.101	2.975	3.031	
Petróleo en las exportaciones de energía	95%	86%	85%	85%	87%	88%	88%	
<b>Concentración de exportaciones de petróleo en EUA (mbd)</b>								
Exportaciones de petróleo a EUA	1.598	850	781	688	582	608	665	600
Exportaciones de petróleo	1.870	1.189	1.142	1.172	1.194	1.174	1.184	1.103
Concentración de exportaciones de petróleo en EU	89%	77%	74%	65%	56%	58%	61%	59%

Elaboración propia.

## Conclusiones del capítulo 2

Si bien los episodios que han puesto a prueba la seguridad energética del país hasta ahora han sido puntuales, evidenciaron que los problemas del sistema de energía mexicano acumulados con los años constituyen actualmente riesgos latentes de carácter humano, natural y técnico. Entre ellos, los más apremiantes son la baja capacidad de utilización del Sistema Nacional de Refinación que al 2019 cayó al 38 por ciento debido, principalmente, al deterioro en que se encuentra por la falta de inversión en su modernización y a que se utiliza una mezcla de petróleo para el cual no fue diseñado; entre las consecuencias es la reducida capacidad para abastecer el mercado interno de productos derivados de petróleo con un componente nacional. Pero la utilización de una mezcla inadecuada para refinar en el país está estrechamente ligada con los bajos niveles de producción de petróleo que se experimentan desde 2005, al grado de que México, considerado hasta ese año como uno de los principales productores y exportadores del mundo, redujo su extracción diaria de crudo de 3.383 mil barriles en 2004 a sólo 1.677 mil barriles; aún con las actividades de exploración y explotación puestas en marcha de la mano de la iniciativa privada desde 2014, sólo se ha podido confirmar que podrán añadirse 664.700 barriles diarios a la producción de petróleo y 537 millones diarios de pies cúbicos a la de gas natural hasta 2025.

Dado que el sistema energético mexicano depende mucho de los combustibles fósiles, bajo la premisa de que el cumplimiento de metas volumétricas en la extracción de hidrocarburos es una garantía para cubrir la demanda de energía en el país a largo plazo, se han aplicado técnicas de producción que han acelerado el declive natural de los acervos geológicos, ya de por sí en madurez. En 2019, las reservas probadas de petróleo alcanzaron 5.333 millones de barriles de petróleo crudo equivalente que, considerando la producción de 1.677 mil barriles diarios, tendrían un alcance de 8,7 años; en el caso del gas natural, reservas probadas registraron una cifra de 6.906 millones de pies cúbicos que podrían alcanzar sólo para 7,2 años.

El componente externo es otro de los mayores deterioros de la seguridad energética de México. La dependencia en el suministro de petrolíferos y gas natural proveniente del extranjero es muy alto, pero en ambos casos la preocupación no radica en la dependencia en sí, sino que la fuente de abastecimiento sea sólo una: Estados Unidos. En el caso de los petrolíferos el 69 por ciento del consumo se cubre con compras al exterior, y de éstas el 99 por ciento llegan desde Estados Unidos; desagregando los productos derivados de

petróleo de mayor consumo, el 78 por ciento de las gasolinas y 81 por ciento de gas LP provienen del vecino del norte. Respecto al gas natural, el 68 por ciento proviene del exterior, a su vez el 99 por ciento de las importaciones provienen de Estados Unidos.

La dimensión del comportamiento de la oferta y demanda especialmente del gas natural se torna más preocupante cuando se observa desde el lado de la generación eléctrica en México ya que la electrificación jugará un rol fundamental para la seguridad energética durante la transición. En 2019 la producción de electricidad en el país concentró el 91,3 por ciento del volumen importado y el 62,2 por ciento del consumo total en el país. Considerando que de acuerdo con distintas estimaciones la demanda de electricidad se cuadruplicará en 2032 se hace impostergable duplicar esfuerzos políticos y financieros para independizar la generación eléctrica del gas natural a fin de reducir el uso de las tecnologías convencionales y aumentar aquellas de tecnologías limpias en la generación de electricidad.

### **3. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA REDUCIR LA INSEGURIDAD ENERGÉTICA EN MÉXICO**

De acuerdo con Sovacool & Mukherjee (2011) las definiciones de seguridad energética tienen un valor estratégico para los actores políticos, pues les permite justificar sus propias acciones y políticas energéticas. En México, los últimos tres gobiernos brindan cada uno una noción de seguridad energética conforme a los contextos histórico, político, económico y social que heredaron de su predecesor. Aunque en los tres casos coinciden problemas del conjunto del sistema de energía, el país aún carece de una definición formal de seguridad energética que haya trascendido a los gobiernos en turno y de un documento oficial que delinee una estrategia para reducir las vulnerabilidades en materia de seguridad energética a pesar de que ésta constituye uno de los retos para la seguridad nacional reconocidos por el Consejo de Seguridad Nacional de México.

En diversos documentos de política energética se manejan indistintamente objetivos de ingresos económicos para el aparato gubernamental, eficiencia y productividad, suministro de combustible y electricidad, precios competitivos, asociaciones estratégicas, lucha contra el cambio climático y sostenibilidad ambiental, y de forma indirecta se mencionan objetivos de seguridad energética. Así, la política energética es un producto multidimensional e institucional cuya coherencia no está garantizada (Rodríguez Padilla, 2018) a lo largo del tiempo.

No obstante, es innegable que el país ha hecho progresos para transformar su sistema energético. Cuando la bonanza petrolera en México llegó a su pico máximo en 2004, el gas natural emergió como un sustituto, pero este reemplazo fue una medida pragmática para asegurar el abastecimiento de energía justo cuando el desplome del crudo se hizo evidente. Pero la extracción del gas natural logró un crecimiento constante sólo durante cinco años, pues a partir del 2010 la producción comenzó a decaer. Cuando las autoridades mexicanas comprendieron que la caída del gas natural podría ser permanente, se desplegaron acciones para la modificación y ampliación de la infraestructura de distribución para suministrar el combustible desde el exterior. Esto dio origen a una gasificación del país que trajo consigo cambios en los patrones de producción y consumo, pero también a una dependencia de las importaciones.

Simultáneamente, como parte de las preocupaciones por el Cambio Climático y del agotamiento del petróleo, en 2007 se sentaron las bases para la transición energética cuya implementación, al igual que la del gas natural, ha involucrado cambios en los modelos

de producción, transporte, distribución y consumo. Estas bases fueron reforzadas con la reforma energética promulgada en el país en 2013.

El despliegue de la transición ha dotado a México de un marco normativo e institucional para incrementar el uso de energías renovables y tecnologías limpias en la generación de electricidad, así como para destinar recursos presupuestarios a la investigación y desarrollo tecnológicos para la implementación de proyectos de energía limpia. Si bien esta base jurídico-institucional marca las pautas para reorientar la política energética, contempla a la seguridad energética únicamente de forma implícita. La penetración de fuentes renovables para el suministro energético en México no resuelve por sí sola la inseguridad energética que surge de riesgos en los ámbitos social y ambiental, de vulnerabilidades geopolíticas latentes, o áreas cuyo descuido puede representar problemas futuros.

En este sentido, en el presente capítulo se analiza la noción de seguridad energética y los objetivos delineados durante los últimos tres gobiernos mexicanos para alcanzar la seguridad energética. Posteriormente, se estudian las políticas públicas para reducir la inseguridad energética en las que destacan las transiciones al gas natural y la de energía baja en carbono, seguidas del alineamiento de México con Estados Unidos para garantizar el suministro de combustibles y, finalmente, se abordan los sectores potencialmente vulnerables ante la inseguridad energética.

### **3.1. Seguridad energética en México**

La noción de seguridad energética en México se remite a la expropiación petrolera decretada en 1938, año en el que fue fundada la empresa estatal Pemex. Desde su origen, Pemex ha sido el financiador de todo el aparato estatal y del desarrollo de México. Durante sus ocho décadas de existencia, Pemex llegó a ser la empresa más importante del país y la representación física de la seguridad energética en México.

Debido a la abundancia de petróleo que caracterizó a México durante mucho tiempo, el país basó su sentido de seguridad energética en él. Fue en años recientes que comenzó a hacerse referencia a la seguridad energética en términos generales y a vincularla con el contexto internacional. Cuando la producción petrolera llegó a su pico máximo en 2004 y la del gas natural comenzó a disminuir en 2010, el tema de la seguridad del suministro a largo plazo empezó a cobrar importancia en México. En el interim, derivado de las

preocupaciones internacionales sobre el cambio climático, en 2007 se sentaron las bases para la transición energética con el propósito de incrementar el uso de energías renovables y tecnologías limpias en la generación de electricidad. Ambos eventos ocurrieron durante el mandato del presidente Felipe Calderón Hinojosa (2006-2012).

Aunque inicialmente la seguridad energética no se cubría directamente en la política energética de Calderón, su Plan Nacional de Desarrollo (SHCP, 31 de mayo de 2007) considera que la seguridad energética constituye una amenaza emergente en la promoción del desarrollo humano sustentable a nivel multirregional, situándola a la par de amenazas como el cambio climático, el crimen organizado y las pandemias.

No obstante, en los documentos oficiales que hacen alusión a la seguridad energética en México durante la administración del presidente Calderón no sólo se resalta la importancia de los hidrocarburos, también se insiste en que el país continúa siendo petrolero. Por ejemplo, en la Prospectiva del mercado de petróleo crudo 2007-2016, publicado por la SENER en diciembre de 2007 se lee que «México es el sexto productor de crudo a nivel mundial y la relevancia de este recurso en nuestro país es porque en él se basa la seguridad energética y su aportación a la economía nacional es un importante motor del desarrollo económico» (Dorantes et al., 2015). Este pensamiento, si bien cierto, es retomado por el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP)<sup>84</sup>, pero además agrega que «...nuestra economía es claramente dependiente de los hidrocarburos, con la afortunada coincidencia de que poseemos reservas suficientes» (CESOP, marzo de 2008, p.15). Por otra parte, en el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 (SENER, 21 de febrero de 2008) se menciona en cuatro ocasiones el concepto; en la primera se señala que la seguridad energética es el eje central para México debido a que el consumo energético depende del petróleo y del gas natural y que para reducir los riesgos es conveniente una mayor participación de energías renovables; no obstante en una especie de contrasentido, el primer objetivo sectorial es garantizar la seguridad energética en materia de hidrocarburos debido a su importancia como insumo de los procesos productivos, ingresos públicos y divisas para el país, cuyo eje principal es Pemex; más adelante se plantea la diversificación de tecnologías y fuentes primarias en la generación de electricidad para garantizar la estabilidad, calidad y seguridad en el abastecimiento eléctrico; así como para reducir la dependencia externa y costos ambientales.

<sup>84</sup> El CESOP es un centro de investigación que proporciona información y apoyo técnico a la Cámara de Diputados sobre temas sociales desarrollo regional y opinión pública en México y el mundo.



Una de las novedades de la política energética del presidente Calderón es que el instrumento jurídico que rige la organización gubernamental en México, la LOAPF, se modificó en noviembre de 2008 para incluir la obligación de elaborar anualmente una Estrategia Nacional de Energía con un horizonte de quince años<sup>85</sup>. En febrero de 2010 se publicó la primera Estrategia que gira en torno a tres ejes rectores: seguridad energética, eficiencia económica y productiva, y sustentabilidad ambiental. A la seguridad energética se define como:

- Diversificar la disponibilidad y uso de energéticos, asegurando la infraestructura para el un suministro suficiente, confiable, de alta calidad y a precios competitivos;
- Satisfacer las necesidades energéticas básicas de la población presente y futura, y
- Desarrollar las capacidades humanas y tecnológicas para la producción y el aprovechamiento eficiente de la energía. (SENER, febrero de 2010, p. 10).

A partir de los tres ejes rectores de la Estrategia Nacional de Energía 2010-2024 se establecen los objetivos de restituir las reservas probadas de petróleo, revertir la declinación de la producción de crudo y mantener la del gas natural; diversificar las fuentes de energía; incrementar la eficiencia en el consumo; reducir el impacto ambiental; operar de forma confiable y segura la infraestructura; invertir en el sistema de transformación; fortalecer la red de transporte, almacenamiento y distribución de petrolíferos; ampliar la cobertura de energéticos en poblaciones marginadas; y promover el desarrollo tecnológico y capital humano. Para cada objetivo se definen líneas de acción y metas para el año 2024. En materia de seguridad energética claramente se plantea alcanzar una producción de petróleo de 3.3 millones de barriles diarios, restituir las reservas probadas de crudo al 100 por ciento y mantener una reserva del 15 por ciento del consumo de gasolina.

Lo relevante de esta Estrategia es que advierte que los ejes rectores generan sinergias y tensiones para los cuales habrá que evaluar costos y beneficios para priorizar acciones y, en términos generales, señala la necesidad de considerar riesgos de naturaleza física, económica y ecológica.

El carácter más proambiental que Calderón quiso imprimir a su política energética a través de las reglas, normas y lineamientos que se expidieron durante su administración

<sup>85</sup> Artículo 33, Fracción VI, párrafo quinto, y Artículo Cuarto Transitorio, de la Ley Orgánica de la Administración Federal. En Presidencia de la República. (28 de noviembre de 2008). Decreto por el que se reforma y adiciona el artículo 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/loapf/LOAPF\\_ref33\\_28nov08.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/loapf/LOAPF_ref33_28nov08.pdf)

prácticamente sentaron la base de la actual política mexicana para combatir el cambio climático y hacer más eficiente la producción de energía; y se fijaron las metas del 35 por ciento de energía limpia como insumo en la generación de electricidad hacia el año 2024 y el 50 por ciento para el 2050; así como la reducción del 50 por ciento de las emisiones GEI para el 2050.

Cuando Enrique Peña Nieto (2012-2018) fue nombrado presidente, México ya enfrentaba una cuádruple amenaza en el sector energético: 1) la producción de petróleo había disminuido un 25,44 por ciento con respecto a 2004 cuando se registró la mayor producción de crudo; 2) la extracción del gas natural se redujo un 9,39 por ciento en relación con 2009, año de mayor producción; 3) los precios de la electricidad que se cobraban a la industria comprometían la competitividad económica, y 4) las restricciones financieras y operativas prácticamente tenían paralizadas a Pemex y a la CFE.

Ante este panorama, el presidente Peña Nieto adoptó una perspectiva de política energética más orientada al mercado. En el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (Gobierno de la República, 20 de mayo de 2013) se refiere una vez la seguridad energética a la que relaciona con el fomento a las energías renovables y se plantea abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva. Esto se articula con el Programa Sectorial de Energía 2013-2018 (SENER, 13 de diciembre de 2013) en el que se menciona cinco veces el término de seguridad energética para vincularla con el abasto seguro a través de la diversificación de fuentes energéticas, la sustentabilidad, la modernización del sector, el almacenamiento del gas natural y de petrolíferos, y la construcción de infraestructura de gasoductos internos y para la importación de productos energéticos. Con base en el Programa Sectorial, el presidente Peña Nieto se propuso optimizar la capacidad productiva y de transformación de hidrocarburos; asegurar procesos eficientes y competitivos; desarrollar capacidad adicional de transporte; incrementar la cobertura de combustibles y electricidad en zonas marginadas; ampliar la participación de energías limpias y renovables promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental; así como fortalecer la seguridad operativa de las instalaciones de las instalaciones, la generación de conocimiento, la capacitación y el financiamiento.

Es de destacar que, para lograr los objetivos en materia energética en su plan de gobierno, desde agosto de 2013 Peña Nieto y su administración ya venían trabajando y

cabildeando una reforma energética. Durante meses de debate y fracturas políticas<sup>86</sup>, así como de esfuerzos por consensuar tanto para una reforma de fondo como para realizar enmiendas constitucionales, finalmente, a principios de diciembre de 2013, el presidente Peña Nieto presentó su propuesta de reforma energética al Congreso, el cual aprobó las modificaciones a la Constitución el 20 de diciembre de 2013<sup>87</sup>. Aunque en la explicación ampliada de la reforma energética (Gobierno de la República, 2013) no se contempla un concepto de seguridad energética sí induce una noción de la siguiente forma:

Con el fin de garantizar los intereses en materia de seguridad nacional, se establece que la SENER determine la política en materia energética aplicable a la garantía de suministro y los niveles de almacenamiento de hidrocarburos, gas licuado de petróleo y petrolíferos. (p. 17).

En línea con el Plan Nacional de Desarrollo, el Programa Sectorial de Energía y la reforma energética, la administración de Peña Nieto actualizó su Estrategia Nacional de Energía en febrero de 2014. En ella, la SENER visualiza a la seguridad energética como uno de los elementos necesarios para un sistema energético integral y la conceptualiza como:

Capacidad para mantener un superávit energético que brinde la certidumbre para continuar con el desarrollo de actividades productivas, además debe de incrementar la accesibilidad a los mercados, internación de los productos y almacenamiento preventivo, principalmente enfocado en aquellos energéticos cuya dependencia de las importaciones pueda crecer a niveles que impliquen riesgos asociados a la continuidad del suministro. (SENER, febrero de 2014, p.35)

Esta definición permitió al gobierno del presidente Peña Nieto vincular todas las enmiendas al marco regulatorio y las nuevas leyes que en materia de energía se derivarían de la reforma energética de diciembre de 2013 con la Estrategia Nacional de Energía de 2014 con el fin de «encauzar la oferta y demanda de energía» (SENER, febrero de 2014,

<sup>86</sup> El 2 de diciembre de 2012, día posterior a la toma de posesión de Enrique Peña Nieto, se formalizó el Pacto por México, el cual agrupó a las fuerzas políticas del país, a los gobernadores de los 31 estados y al alcalde de la Ciudad de México, con el propósito de consensuar cómo sacar al país del lento crecimiento económico. Se esbozaron 95 iniciativas, entre ellas «realizar una reforma energética que sea motor de inversión y desarrollo... que convierta al sector en uno de los más poderosos motores del crecimiento económico a través de la atracción de inversión, el desarrollo tecnológico y la formación de cadenas de valor.» (p. 11 del Pacto por México. Recuperado de [https://embamex.sre.gob.mx/bolivia/images/pdf/REFORMAS/pacto\\_por\\_mexico.pdf](https://embamex.sre.gob.mx/bolivia/images/pdf/REFORMAS/pacto_por_mexico.pdf). Aunque el Partido de la Revolución Democrática (PRD) aceptó la reforma energética, el partido se fracturó y Andrés Manuel López Obrador, candidato presidencial por el PRD, renunció al partido en oposición al pacto y a abrir al sector energético a la participación privada.

<sup>87</sup> Artículos 25, 27 y 28 de la Constitución. En Decreto por el que se reforma y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía. El decreto incluye 21 artículos transitorios con directrices para la elaboración de las leyes secundarias. El 11 de agosto de 2014 se publicaron las leyes secundarias. Se crearon nueve leyes y se reformaron 11 más. El 3 de noviembre de 2014 se publicaron los reglamentos respectivos.

p. 34). A diferencia de Calderón, Peña Nieto incorpora en su Estrategia «horizontes» en lugar de líneas de acción en los que refiere que la seguridad e independencia energéticas implican permitir la inversión privada y competencia en la transformación del petróleo (doméstica), el transporte, almacenamiento y distribución de petróleo, gas natural, gasolina, diésel y demás derivados, así como en toda la cadena petroquímica, además de compartir riesgos en la exploración y extracción de hidrocarburos. Incluso, destaca que el fortalecimiento de las cadenas de valor conlleva innovación tecnológica y desarrollo de capacidades especializadas que redundan en la eficiencia energética y el aprovechamiento de recursos renovables con lo cual se maximizarán los beneficios de la transición baja en carbono y, en consecuencia, tendrá efectos positivos en la seguridad energética y el desarrollo del país. Con base en estas premisas se enlaza el cambio de Pemex y de la CFE, de empresas paraestatales a empresas productivas del Estado, a fin de detonar la competitividad del sector energético mexicano.

Adicionalmente, en un documento sobre seguridad nacional de abril de 2014, el Consejo de Seguridad Nacional (CSN) reconoce que la declinación en la producción de petróleo, el aumento de las importaciones de gas natural, gas LP, gasolinas y diésel, así como los precios del petróleo en las finanzas públicas hacen al país muy vulnerable a la volatilidad de los precios internacionales del petróleo y otros hidrocarburos. Asimismo, el CNS asegura que, debido a la disminución de reservas de petróleo y gas, México podría pasar de ser un país exportador a uno estructuralmente deficitario, circunstancia que compromete la seguridad energética al vulnerar la autonomía en el abasto de insumos energéticos que tienen un papel central para el desarrollo social y económico del país. En materia de electricidad, el CSN enfatiza que la escasa disponibilidad de energéticos primarios y la extensión y antigüedad de las líneas de transmisión eléctrica limitan la eficiencia de las redes de transmisión (Presidencia de la República, 30 de abril de 2014).

El reconocimiento explícito de la vulnerabilidad energética por parte del CSN permitió plasmar como objetivo la reducción de las debilidades estructurales del sistema energético para responder a los impactos del entorno energético internacional y al riesgo de desabasto de combustibles. Para lograr dicho propósito, el propio CSN destaca la importancia de impulsar una política sectorial que permita diversificar las fuentes energéticas bajo un esquema sustentable que mantenga la suficiencia energética desde una perspectiva de corto, mediano y largo plazos. No obstante, en los últimos años este el esfuerzo de diversificación se ha concentrado en sustituir al petróleo por gas natural,

aún cuando el CSN mexicano refiere a la transición energética que se experimenta a nivel internacional como la forma de acrecentar la capacidad de México para «garantizar su seguridad energética y sus finanzas públicas». Ante las preocupaciones del CSN, en diciembre de 2015 se promulga la Ley de Transición Energética cuyo impacto en la seguridad energética se aborda en el apartado 3.3. de esta tesis.

Andrés Manuel López Obrador (2018-2024) heredó más retos en materia energética que su antecesor, ya que cuando asumió la presidencia los riesgos a la seguridad energética ya se habían ampliado considerablemente: 1) la extracción de petróleo había caído 50,43 por ciento en relación con 2004; 2) la producción de gas natural había disminuido 30,39 por ciento con respecto a 2009; 3) Pemex y CFE continuaban con las restricciones financieras y operativas, a las que se les sumó un alto grado de corrupción; 4) el robo de combustibles; 5) la dependencia del exterior se había profundizado, especialmente la de los principales productos petrolíferos; 6) la abundancia de petróleo en el mercado internacional que trajo la revolución de esquisto en Estados Unidos llevó a México a cooperar más con la OPEP en la reducción de la producción para equilibrar la caída de los precios del crudo, y 7) llegada de Donald Trump a la Casa Blanca evidenció un riesgo que hasta entonces no se había considerado, el geopolítico. A este cúmulo de riesgos a la seguridad se suma un sector energético en pleno proceso de restructuración que hereda Peña Nieto. Todo este contexto, aunado a sus orígenes, formación y trayectoria política, lleva a Andrés Manuel López Obrador a considerar a la soberanía nacional como indisociable de los recursos petroleros.

El presidente López Obrador considera a la seguridad del abastecimiento como el eje de su política energética, no obstante, al no emitir un documento sobre el sector, la política de energía quedó inmersa dentro de la política general de desarrollo que su administración ha delineado conforme a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)<sup>88</sup>. Contrario a las premisas de Peña Nieto, en el Plan Nacional de Desarrollo del gobierno de López Obrador uno de los principios rectores es el de que «el mercado no sustituye al Estado» (Gobierno de México, 30 de abril de 2019, p. 25). Andrés Manuel López Obrador no aporta una definición de seguridad energética, pero las cinco veces que se menciona el término en

<sup>88</sup> En específico, el gobierno de Andrés Manuel López Obrador vincula a su «política soberana, sostenible, baja en emisiones y eficiente para garantizar la accesibilidad, calidad y seguridad energética» con los ODS 1. Fin de la pobreza; ODS 4. Educación de calidad; ODS 7. Energía asequible y no contaminante; ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico; ODS 10. Reducción de las desigualdades; ODS 12. Producción y consumo responsables; ODS 13. Acción por el clima; ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas; y ODS 17. Alianzas para lograr los objetivos. En Gobierno de México. (30 de abril de 2019, p. 218).

su Plan Nacional de Desarrollo se le relaciona con la soberanía del país y los pilares son las empresas productivas del Estado, Pemex y la CFE. Aunque en el Plan de Desarrollo de López Obrador claramente se reconoce la contracción del sector energético en México y que su causa se debe al bajo nivel de inversión pública, el declive natural de las reservas petroleras, la caída del precio del petróleo de exportación, la corrupción y las restricciones financieras y operativas de Pemex y CFE; se da prioridad al fortalecimiento de Pemex con la intervención del gobierno Federal, al refinamiento del petróleo en México, a la certidumbre regulatoria y a la formación de capital humano y científico. Asimismo, a pesar de que se admite el rezago de las energías limpias y se afirma que su desarrollo será una constante se limita a mencionar su promoción a través de proyectos comunitarios.

Sin embargo, sobre estos últimos proyectos y dado que el presidente López Obrador enmarca su política energética en la del desarrollo del país planea interesantes programas en el Proyecto de Nación 2018-2024 (Proyecto 18, 2017), tales como el «Fortalecimiento Comunitario» dirigido a 45 mil comunidades marginadas y aisladas del SEN; los «Centros de Desarrollo Técnico en Energías Renovables» para 500 instituciones educativas técnicas; el «Programa de Ejidos sostenibles» destinado a 6.400 núcleos agrarios cuyo propósito es la autosuficiencia alimentaria con apoyo de la energía eléctrica generada con fuentes renovables; y se planea apoyar el establecimiento de «un millón de instalaciones de Energías Renovables» para hogares. Para estos programas, además de otros tres para zonas urbanas, se ha considerado una inversión pública acumulada de 4,38 millones de dólares al 2024. Otro programa es el de «Transculturación Ambiental» que consiste en difundir un nuevo modelo cultural medioambiental basado en las raíces culturales de los pueblos originarios y su vínculo con las tecnologías para producir electricidad. No obstante, a junio de 2019, el avance registrado en estos proyectos consistía sólo en la formalización de un convenio de colaboración entre la CFE y el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas para realizar las obras de infraestructura que beneficiarían a cerca de 13 mil habitantes de zonas aisladas de los grandes centros urbanos (Presidencia de la República, 1 de septiembre de 2019).

A diferencia de sus predecesores, López Obrador no expide un programa específico sobre el sector energético derivado de su Plan Nacional de Desarrollo, en cambio opta por la emisión fragmentada de planes nacionales en los que destacan el Plan Nacional para la Producción de Hidrocarburos, el Plan Nacional de Refinación y el Plan de Negocios de Pemex, así como el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional

(PRODESEN). En todos estos documentos está presente el binomio soberanía-seguridad energética. En el Plan Nacional para la Producción de Hidrocarburos la meta principal es alcanzar una producción de 2.624 mil barriles de petróleo diarios a finales de 2024; dicho plan se sustenta en cinco objetivos con 16 líneas de acción, entre las que destacan la incorporación de reservas de aproximadamente 1,5 mil millones de barriles de petróleo por año; el aumento de un 10 por ciento anual de las inversiones en exploración; el incremento en la actividad en perforación y reparación de pozos en los campos en explotación con reservas probadas y posibles; la eliminación de sobrerregulaciones de la CRE y de la ASEA para Pemex; y el aumento de la producción de gas natural a 1.200 millones de pies cúbicos diarios (Energía Hoy, 11 de marzo de 2019; SENER, 15 de diciembre de 2018; 17 de mayo de 2019).

El Plan Nacional de Refinación (Pemex, 9 de diciembre de 2019) se centra en lograr la soberanía en combustibles y reducir la dependencia de las importaciones a través de la rehabilitación de las seis refinerías de Pemex y la construcción de una más en Dos Bocas, Tabasco. Ésta última contempla una inversión de 8 mil millones de dólares, podrá procesar el tipo de petróleo de la región y refinar 340 mil barriles de crudo al día. La construcción de la refinería de Dos Bocas, muy criticada por ir en contra de la transición energética, se ha justificado con base en cuatro ejes: seguridad energética; acceso equitativo de la población al uso de la energía; responsabilidad ambiental; y precio justo de los combustibles en el mercado. Cabe señalar que la idea de una nueva refinería en México no es nueva; en 2008 el presidente Calderón anunció un proyecto con una capacidad para procesar 250 mil barriles diarios y un costo de 12 mil millones de dólares; y el presidente Peña Nieto durante su campaña comprometió hacer la obra realidad; en ambos casos el proyecto se canceló debido a su inviabilidad económica (Expansión, 2 de marzo de 2011; Zavala, 20 de mayo de 2012; García Pérez, 2018).

En el Programa de Desarrollo del SEN 2019-2033 (SENER, 2019b), López Obrador se propone impulsar la capacidad de generación de la CFE, superar el deterioro de sus plantas e instalaciones y avanzar en la autosuficiencia del país, de ahí que al binomio soberanía-seguridad se le relaciona con asuntos de suministro, operativos, financieros, tecnológicos, sostenibilidad e incorporación «ordenada» pero «acelerada» de energías renovables a la matriz eléctrica.

Por su parte, Pemex y la CFE comienzan a ligar a la seguridad energética con la seguridad nacional debido al robo de combustible y de electricidad. Especialmente

Pemex, en su Plan de Negocios (Pemex, 2019b), plantea asegurar la integridad física de las instalaciones y sistemas de información. Reconoce que el robo de combustible es uno de los problemas más importantes en México por lo que se atiende de la mano con las Secretarías de Marina y Defensa Nacional. Sobre este ilícito, la empresa propone convertir el robo de combustible en delito grave y sin derecho a fianza; no obstante, la Ley de Seguridad Nacional vigente en México tipifica como «una amenaza a la Seguridad Nacional» «los actos tendientes a destruir o inhabilitar la infraestructura de carácter estratégico o indispensable para la provisión de bienes o servicios públicos»<sup>89</sup>. Una de las novedades que Pemex planea es la de implementar sistemas de seguridad que mantengan la información confidencial de la empresa a salvo y prevengan ataques cibernéticos.

Como comprueban los planes de nación de las últimas tres administraciones en México, el país no es la excepción en brindar una conceptualización de seguridad energética que se ha ido adaptando conforme a los contextos histórico, político, económico y social que cada gobierno heredó de su predecesor. Los presidentes Calderón, Peña Nieto y López Obrador han delineado, cada uno, su propia definición o noción de seguridad energética acorde a su proyecto nacional. Si bien los tres coinciden en la necesidad de diversificar las fuentes de energía e incrementar el almacenamiento de combustibles, ninguno otorga a la seguridad energética una importancia más allá de los hidrocarburos y Pemex. Además, consideran que la seguridad energética es garantizar el suministro de energía, si bien es totalmente cierto, ninguno repara en los riesgos potenciales en toda la cadena de abastecimiento, desde la extracción hasta el consumidor final. Calderón brinda una idea general de la necesidad de considerar riesgos de naturaleza física, económica y ecológica, y Pemex bajo el mandato de López Obrador, delinea pasos para garantizar la ciberseguridad, que, aunque es un riesgo latente en el sistema mexicano de energía, no es el principal.

Las aproximaciones conceptuales de seguridad energética en México hasta ahora esbozadas dan indicios de la importancia de contar con una definición. Sin embargo, actualmente ningún instrumento de la legislación mexicana hace referencia a un concepto formal. Incluso, respecto al suministro de energía como fin último de la política energética mexicana existe cierta ambigüedad de qué instancia es la responsable del abastecimiento energético, como afirma Rodríguez Padilla (2018), «del marco jurídico e institucional se ‘desprende’ que el Estado propiciará la continuidad, la suficiencia y la

<sup>89</sup> Artículo 5, fracción XII, de la Ley de Seguridad Nacional.



economía del suministro de energía combinando la planeación, el mercado, la regulación y la intervención directa a través de entidades federales y mecanismos específicos» (p. 46). En parte, esto obedece a la cultura legal que rodea al presidencialismo en México y que García Sánchez (2018) describe acertadamente «el presidencialismo mexicano tiende a consolidar el poder estatal en el presidente como la figura central en la determinación de la política pública, en lugar de depender de agencias independientes para controlar las decisiones políticas clave en sus áreas asignadas de supervisión» (p. 36).

En México se observa más profundamente que el significado de seguridad energética depende de las circunstancias y del actor al mando del gobierno en un momento determinado. Consecuentemente, el reto en el país es que una conceptualización de seguridad energética refleje no sólo los intereses de la figura presidencial sino también las preocupaciones sobre riesgos actuales y futuros. Independientemente de esto, a continuación se analizan las estrategias que se han desplegado para reducir la inseguridad energética en México.

### **3.2. Transición al gas natural**

El hecho de que la industria petrolera en México no consiguiera alcanzar los niveles de producción anteriores a 2004 hizo que se reconociera la necesidad de encontrar energéticos alternativos al petróleo. Bajo una lógica de pragmatismo e inmediatez, a partir de 2005 se comenzó a sustituir al petróleo por gas natural como materia prima para producir electricidad y evitar la afectación de la actividad industrial.

En esta transición mexicana al gas natural pueden distinguirse dos periodos. El primero de 2005 a 2009, marcado por el auge en la producción y utilización del gas natural, y el segundo de 2010 a la fecha caracterizado por un declive de su extracción.

Ambas etapas conjugan elementos que hoy en día distinguen parte de la política pública en México para el suministro energético. El gobierno mexicano amplió la descentralización de la producción de electricidad a través del gas natural, mientras que el Estado mantuvo la regulación. Posteriormente, para solventar la inseguridad energética que representó el inicio de la caída de la producción, el Estado desplegó una estrategia operativa proyectada a la expansión de la infraestructura para aumentar las importaciones. Sin embargo, los dos periodos carecen de un plan preconcebido con definiciones en materia de seguridad energética, así como de una perspectiva sobre qué papel

desempeñaría el gas natural durante la transición energética. A continuación, se exponen las etapas de gasificación en México.

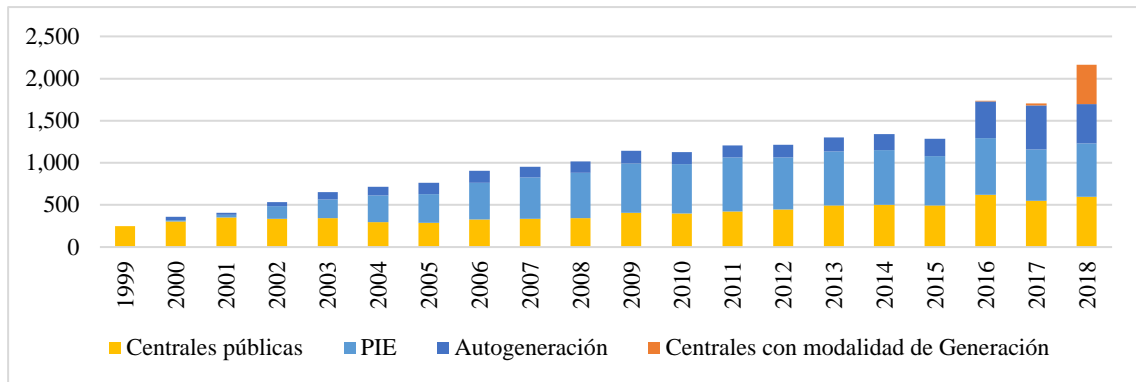
### ***3.2.1. Etapa de auge***

Entre 2005 y 2009, el crecimiento de producción de gas natural se mantuvo constante, a una tasa promedio anual de 9,09 por ciento (Pemex, 2020a). A pesar del potencial del gas natural durante este periodo, el gobierno de México no le asignó un carácter estratégico en términos de seguridad energética. En 2006 entró en operación el único gasoducto de esta etapa, el del tramo Naranjos-Tamazunchale ubicado entre los estados de San Luis Potosí y Veracruz, cuyo permiso fue otorgado a un desarrollador privado en 2004. Los 127 kilómetros de este proyecto llevaron a que la Red Nacional de Gasoductos de México alcanzará 11.026 kilómetros con una capacidad para distribuir 10.536 mmpcd de gas natural. Asimismo, en 2008 y 2009, se le concedieron dos permisos a la CFE para el desarrollo de los corredores San Isidro-El Encino y Manzanillo-Guadalajara, pero éstos entraron en operación en 2013 y 2011, respectivamente.

La reorientación de la energía eléctrica mexicana al consumo de gas natural se hizo a través de la construcción de plantas termoeléctricas de ciclo combinado, esto permitió que la capacidad efectiva instalada de 154.103 MW en 2005 pasara a 205.002 MW en 2009. Sin embargo, este potencial eléctrico fue cubierto en un 67 por ciento por los productores independientes de energía (PIE)<sup>90</sup> que, a su vez, concentraron el 51 por ciento del consumo de gas natural para la producción de electricidad mediante centrales de ciclo combinado en todo el país. En la medida que la participación de los PIE se amplió en el sector eléctrico crecieron las centrales de autoabastecimiento del sector industrial privado, las cuales utilizaron el 13 por ciento del gas natural en 2009. Prácticamente, la gasificación en México significó la transferencia de la generación de electricidad con gas natural a la iniciativa privada, especialmente la del sector industrial (Gráfica 42). No obstante, esto retrasó la inversión gubernamental en infraestructura para la distribución de gas natural y llevó a que el sector público dependiera del privado para abastecer parte de la demanda nacional de electricidad y, consecuentemente, la dependencia de la iniciativa privada del gas natural, con sus consecuencias posteriores.

<sup>90</sup> La participación de los particulares, en especial los extranjeros, en la generación de energía eléctrica se contempla en la reforma a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica de 1995. El primer permiso se otorga en 1997 a la empresa estadounidense AES Mérida III, que comenzó operaciones en 2000.

Gráfica 42. Consumo de gas natural para electricidad por tipo de productor (petajoules)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

### 3.2.2. Etapa de declive

Hacia 2010, el aumento en el consumo de gas natural coincidió con el inicio de la caída del volumen producido, en respuesta, el gobierno aceleró las importaciones. La expansión de las compras al exterior aumentó 19,91 por ciento en 2011, 21,75 por ciento más en 2012 y un 18,16 por ciento adicional en 2013. Mientras el declive del gas natural se extendía, las importaciones incrementaban. De 2010 a finales de 2019, la producción registró una caída total del 47,68 por ciento y las importaciones un aumento total del 281,96 por ciento. En un lapso de nueve años, México pasó de la autosuficiencia a la importación neta de gas natural.

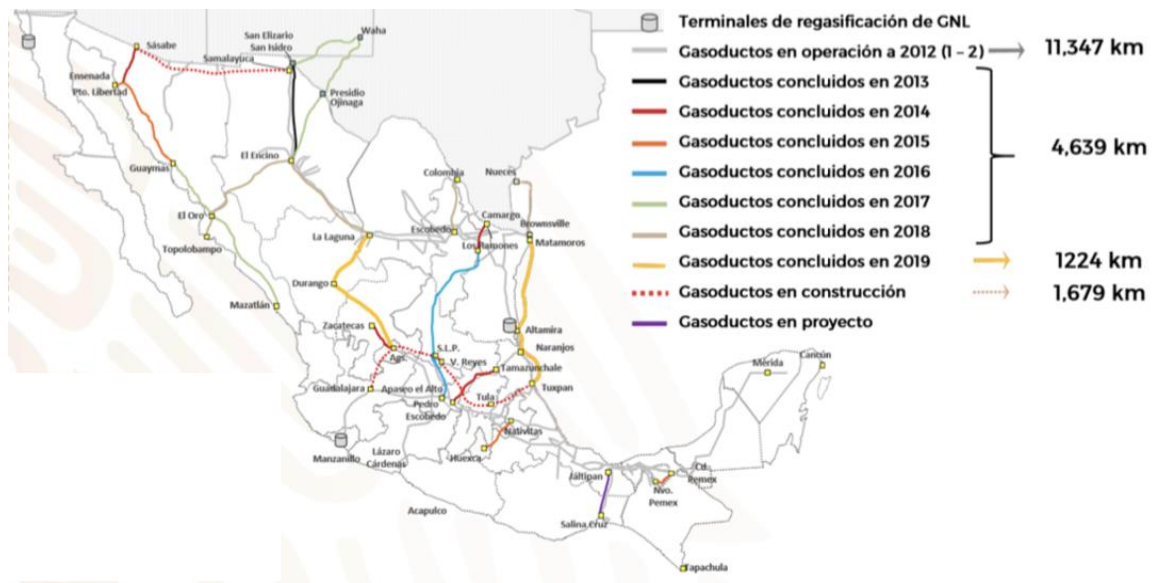
Después de que las alertas críticas de abastecimiento de gas natural en 2012 y 2013<sup>91</sup> evidenciaron las restricciones en la red nacional de gasoductos y su interconexión para importar el combustible desde Estados Unidos, el gobierno mexicano lanzó un programa para licitar la construcción de nuevos ductos en los estados fronterizos de Chihuahua, Sonora, Nuevo León y Tamaulipas y la ampliación de las interconexiones con Estados Unidos, así como para la expansión de los gasoductos de distribución hacia el centro del país. De acuerdo con el ex director de Pemex, Adrián Lajous (2013), los plazos de las licitaciones se acortaron para compensar el carácter tardío del programa y la apremiante necesidad de gasoductos.

Prácticamente, el programa de infraestructura de gas natural consistió en la reorientación de un sistema diseñado originalmente para la exportación a uno para la

<sup>91</sup> La SENER decretó 19 alertas al abastecimiento de gas natural que afectaron las regiones del bajo y del occidente de México. Ver capítulo 2, apartado 2.2.1. Fuentes de riesgo humano.

importación masiva de gas natural y su articulación con el sistema de suministro interno (Figuras 4 y 5). Si bien la estrategia de gasoductos tomó tiempo en consolidarse, el objetivo inmediato fue eliminar las restricciones para el abastecimiento de gas natural al centro y occidente del país, regiones en donde se habían registrado las alertas de abastecimiento; a medio plazo se ideó ampliar la capacidad de la infraestructura en gran parte del territorio.

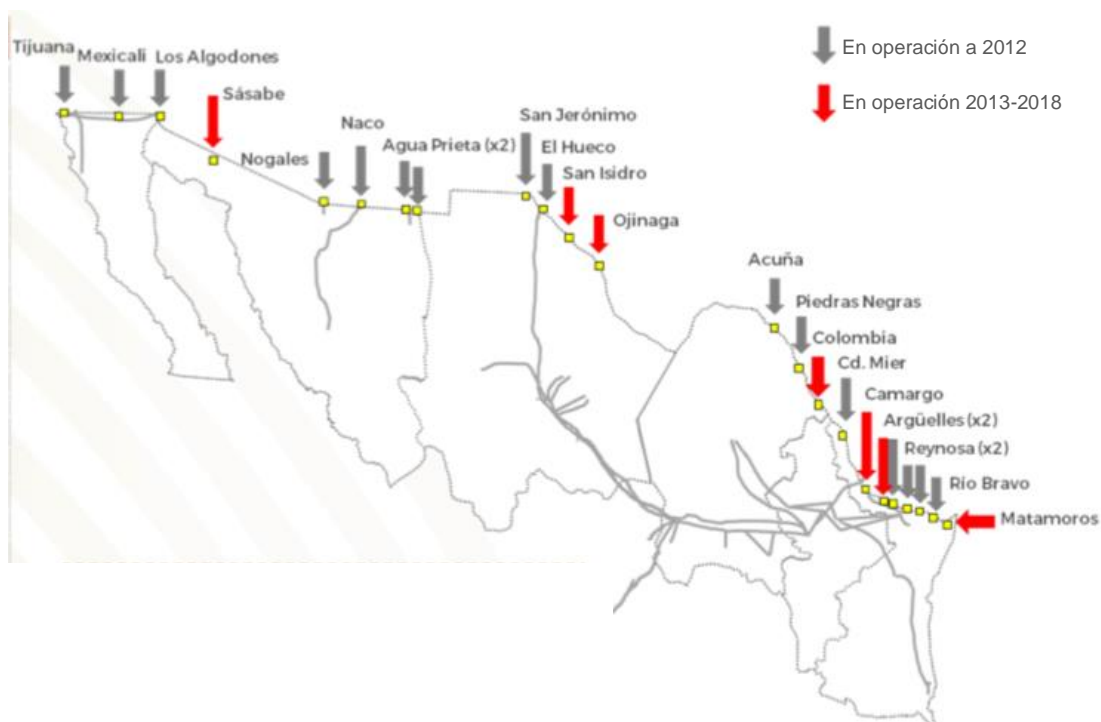
Figura 4. Expansión de la Red de Gasoductos



Fuente: SENER (2019a).

El primer paso se dio a finales de 2013 con el inicio de obras de la estación de compresión de Altamira, Tamaulipas; con su entrada en operación al año siguiente se aumentó la capacidad para transportar gas de Texas a Tuxpan, Veracruz, y suministrar el combustible a través de los ductos ya existentes en el centro y este de México. En una segunda etapa en 2014, al noreste se abrió la interconexión Camargo que se unió a la primera fase del gasoducto Los Ramones y su planta de compresión a fin de cubrir el abasto en el área industrial de Monterrey, Nuevo León; al noroeste se abrió la interconexión Sásabe que se enlazó con el ducto hacia Puerto Libertad, Sonora, zona en la que hasta entonces sólo se disponía de gas natural a través del gasoducto Naco-Hermosillo; y en la zona centro entraron en operación los gasoductos de Tamazunchale-El Sauz y Zacatecas-Aguascalientes.

Figura 5. Puntos de interconexión de gas natural con Estados Unidos



Fuente: SENER (2019a).

Durante lo que puede considerarse la tercera etapa, en 2015, se amplió la interconexión Argüelles para acrecentar el abastecimiento de Texas a Monterrey; así como también se construyeron los tramos de Puerto Libertad-Guaymas (noroeste), Nativitas-Huexca (centro) y se amplió Nuevo Pemex (sureste).

En la cuarta etapa, en 2016, entró en operación la segunda fase del gasoducto Los Ramones, el cual además de abastecer directamente a los estados de Nuevo León, San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro (noreste y centro), indirectamente permitió ampliar las opciones del suministro a las zonas del Golfo, centro y occidente de México. En 2017, al noroeste, entraron en operación los puntos de importación Presidio y San Elizondo (San Isidro) que se unirían al ducto de Samalayuca y Ojinaga-El Encino, y se concluyeron los gasoductos Guaymas-El Oro y El Oro-Mazatlán.

En 2018, comenzaron a operar la interconexión Colombia y su ensamblaje con el gasoducto Colombia-Escobedo; así como el punto de importación Matamoros para aumentar la capacidad de suministro hacia Altamira, Naranjos y Tuxpan en el Golfo de México. Asimismo, la entrada en funcionamiento de los gasoductos El Encino-La Laguna y El Encino-Topolobampo permitieron unir el sistema del noroeste con el del centro del

país y dar flexibilidad a ambos para abastecer ambas regiones con gas importado desde Presidio y San Isidro. En 2019, entró en operación el ducto que conecta a Matamoros con Tuxpan y el tramo La Laguna-Aguascalientes.

Todos estos proyectos de infraestructura interna y de interconexión con Estados Unidos transformaron en un periodo de seis años el sistema de gasoductos mexicano (Tablas 15 y 16). En este lapso el monto de la inversión privada se ha estimado en 15.514 millones de dólares para añadir 6.839 kilómetros distribuidos en la Red Nacional de Gasoductos y en los puntos de importación con capacidad para transportar 15.981 mmpcd de gas natural, importado y producido internamente, en territorio mexicano (SENER, 2019a).

Tabla 15. Últimas interconexiones de gas con Estados Unidos construidas

Gasoducto	Desarrollador	Fecha de operación	Longitud (Km)	Capacidad (MMpcd)	Promotor	Entidades
<b>Región fronteriza México-Estados Unidos</b>						
NET México (Agua Dulce-Camargo)	NET Midstream	Dic/2014	200	2.300	Pemex	Texas/Tamaulipas
Sierrita Gas Pipeline (Tucson-Sásabe)	Sierrita Gas	Dic/2014	97	195	CFE	Arizona/Sonora
Argüelles-TRA	Energy Transfer Partners, LP	2015	3	220	CFE	Texas/Tamaulipas
Comanche Trail Pipeline (Waha-San Elizario)	Energy Transfer/Carso Energy	Ene/2017	290	1.135	CFE	Texas/Chihuahua
Trans-Pecos Pipeline (Waha-Presidio)	Energy Transfer/Carso Energy	Mar/2017	238	1.356	CFE	Texas/Chihuahua
Nueces-Brownsville	Valley Crossing Pipeline (Spectra Energy)	Oct/2018	270	2.600	CFE	Texas/Tamaulipas
Nueva Era/Howard (Colombia)*	Howard energy Partners y Grupo Clisa	Jul/2018	300	600	CFE	Texas/Nuevo León

Elaboración propia. Fuente: Energía Hoy (17 de enero de 2018); SENER (2019a)

Tabla 16. Ampliación de gasoductos internos en México

Gasoducto	Desarrollador	Fecha de operación / estimada	Longitud (Km)	Capacidad (MMpcd)	Promotor	Entidades
Gasoducto Zacatecas (Aguascalientes-Calera)	Grupo SIMSA	Ago/2014	172	40	Modelo (Privado)	Aguascalientes / Zacatecas
Tamazunchale-El Sauz	TransCanada	Nov/2014	229	634	CFE	SLP / Querétaro
Los Ramones Fase I (Camargo-Ramones)	IE Nova	Dic/2014	116	2.100	Pemex	Tamaulipas / Nuevo León
Sásabe-Puerto Libertad	IE Nova	Dic/2014	218	195	CFE	Sonora
Ampliación Mayakán (Nuevo Pemex)	Energía Mayakán (Engie f.k.a GdF)	Abr/2015	75	300	CFE	Tabasco
Gasoducto Morelos (Nativitas-Huexca)	Enagas / Elecnor	Dic/2015	160	330	CFE	Morelos, Puebla, Tlaxcala
Puerto Libertad-Guaymas	IE Nova	Dic/2015	297	195	CFE	Sonora
Los Ramones Fase II (Norte)	IE Nova	Ene/2016	447	1.430	Pemex	Nuevo León, San Luis Potosí
Los Ramones Fase II (Sur)	Engie	Jun/2016	291	1.430	Pemex	San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro
San Isidro-Samalayuca	IE Nova	Jun/2017	23	1.135	CFE	Chihuahua
El Oro-Mazatlán	TransCanada	Jul/2017	431	202	CFE	Sinaloa
Ojinaga-El Encino	IE Nova	Jun/2017	221	1.356	CFE	Chihuahua
Guaymas-El Oro	IE Nova	May/2017	331	510	CFE	Sonora, Sinaloa
El Encino-La Laguna	Fermaca	Mar/2018	423	1.500	CFE	Chihuahua, Durango
El Encino-Topolobambo	TransCanada	Jun/2018	560	670	CFE	Chihuahua, Sinaloa
Sur de Texas-Tuxpan (Marino)	IE Nova-TransCanada	Sep/2019	772	2.600	CFE	Tamaulipas, Veracruz
La Laguna-Aguascalientes	Fermaca	Pendiente	452	1.189	CFE	Durango, Zacatecas, Aguascalientes
<b>En construcción</b>						
Tula-Villa de Reyes	TransCanada	11 meses después de rescate arqueológico	418	886	CFE	Hidalgo, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato
Villa de Reyes-Aguascalientes-Guadalajara	Fermaca	Nov/2019	374	886	CFE	San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco
Samalayuca-Sásabe	Carso Gasoducto Norte	Ago/2019	614	472	CFE	Chihuahua, Sonora
Tuxpan-Tula	TransCanada	12 meses después de consulta indígena	273	886	CFE	Hidalgo, Puebla, Veracruz, Estado de México
<b>Proyectos pendientes</b>						
Jaltipan-Salina Cruz			247			Veracruz, Oaxaca
Ramones Cempoala		2020-2024	855			Nuevo León, Veracruz

Elaboración propia. Fuente: SENER (2019a).

En términos de seguridad energética, esta transformación en el sistema de gasoductos en México contribuye a contar con mecanismos de protección en tanto contempla rutas comerciales y transporte más flexibles (Kiriyaama & Kajikawa, 2014) para garantizar la continuidad de la oferta y la demanda (Hogget, 2014) de gas natural. No obstante, aún falta desarrollar un diagnóstico sobre la capacidad de almacenamiento nacional y eliminar los obstáculos para asegurar el abastecimiento en la región del sureste de México en donde la expansión de infraestructura se rezagó debido a que la prioridad fueron las zonas norte y centro dada su vocación industrial y cercanía con Estados Unidos. De hecho, la Península de Yucatán ya constituía un foco de alerta a finales de 2019 pues, entre los meses de junio y octubre de ese año, se experimentaron apagones que se volvieron frecuentes y cada vez más prolongados debido a que la demanda de electricidad superó a la capacidad de generación por la falta de gas natural, esta situación motivó a que el CENACE declarara estado de emergencia en esa región (Nava, 18 de junio de 2019).

Aún con la zona del sureste aplazada en términos de expansión de la infraestructura para un mayor uso de gas natural, la importación de este energético ha ayudado a mantener estables los precios de las tarifas eléctricas. Por ejemplo, de 2006 a 2014 el costo del consumo eléctrico residencial básico, y en que se encuentran 99 por ciento de los hogares en México, subió 4 por ciento en promedio anual (CFE, 2020), en tanto que entre 2015 y 2019 el costo se mantuvo estable (CFE, 2015; 2020). Con los ajustes realizados por la CFE en 2020 las tarifas de electricidad en los hogares subieron 4,40 por ciento (CFE, 2020; Infobae, 3 de enero de 2020). Asimismo, el gas importado a bajo costo ha favorecido las tarifas de energía eléctrica para los consumidores industriales a pesar de que, a diferencia de los residenciales, éstos no reciben tarifas altamente subsidiadas.

En los próximos años se espera que el gas natural continúe teniendo un importante papel en la política energética de México, pero si bien este energético fósil emite casi 50 por ciento menos de CO<sub>2</sub> que el petróleo y el carbón y resulta más económico, la mayor parte proviene de Estados Unidos. Estas características del gas natural son precisamente las que en la práctica plantean una serie de desafíos a la seguridad energética mexicana, especialmente en la articulación de los objetivos relacionados con el cambio climático y el suministro seguro de energía. A decir de Rodríguez Padilla (2018) «el declive de la producción de gas natural en México no podría ser revertida porque la reforma energética ha estado orientada casi exclusivamente al aumento de la oferta de petróleo de



exportación» (p. 105), pero aún con un cambio en las políticas de producción para evitar que el volumen de extracción siga contrayéndose por ahora la disminución de las reservas probadas en México deja un margen de acción muy reducido para garantizar el abastecimiento de gas natural más allá de siete años<sup>92</sup>. En este sentido, la construcción de gasoductos de importación desde Estados Unidos y la ampliación de ductos para hacerlo llegar al interior del país es comprensible; no obstante, esto supone que el aumento del consumo tendrá que ser satisfecho con importaciones y éstas, a su vez, significan una mayor dependencia del gas estadounidense. En todo caso, México debe revisar sus políticas de importación de gas natural para afianzar el abastecimiento no sólo desde Estados Unidos sino también desde otros países, así como determinar el rol que el gas natural jugará durante la transición energética y definir alternativas efectivas en términos de costos y que garanticen la seguridad energética en el largo plazo.

### **3.3. Transición baja en carbono**

En México, el despliegue formal de la transición energética hacia fuentes renovables comenzó con la administración del presidente Felipe Calderón Hinojosa. Aunque la seguridad energética no se cubría directamente en su política energética, el enfoque fue luchar contra el cambio climático y hacer más eficiente la producción de energía.

En 2007, se elaboró la primera Estrategia Nacional de Cambio Climático y con ella se delinearon la perspectiva mexicana sobre la acción climática y las futuras prioridades legislativas que posteriormente se convirtieron en las bases para incrementar la producción de energía a partir de fuentes renovables. En 2008, se expidió la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) con el propósito de crear nuevas reglas para incrementar el uso de energías renovables en la generación de electricidad, así como el establecimiento de un fondo<sup>93</sup> para financiar proyectos relacionados con energía renovable. Además, se expidió la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) que resume los fundamentos de la eficiencia energética en el país. En 2012, se aprobó la Ley General

<sup>92</sup> Las reservas probadas de México registraron una cifra de 6.906 mmmpc en 2019, las cuales, de acuerdo con los niveles de producción de ese año, podrían alcanzar sólo para 7,2 años. Ver capítulo 2, apartado 2.3.1. Agotamiento geológico del petróleo y gas natural.

<sup>93</sup> Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) especificado en el artículo 27 de la LAERFTE. En Congreso de la Unión (28 de noviembre de 2008). El 25 de febrero de 2009, la SHCP, la SENER y BANOBRAS suscribieron el contrato del Fideicomiso del FOTEASE con una aportación inicial de 600'000,000 de pesos.

sobre Cambio Climático (LGCC), un Programa Especial y una Estrategia Nacional sobre Cambio Climático. En conjunto, todos estos lineamientos conformaron una base jurídica-institucional para hacer frente al cambio climático y guiar a la política energética en la consecución de objetivos para el uso de energía limpia en la generación eléctrica.

Con el gobierno del presidente Enrique Peña Nieto la perspectiva de política energética cambió y le orientó más al ámbito comercial, pero teniendo como antesala las preocupaciones del CSN de México sobre las vulnerabilidades energéticas del país<sup>94</sup>, el 5 de diciembre se adoptó la Ley de Transición Energética (LTE)<sup>95</sup>. Hoy en día, la LTE es el principal instrumento para la transición energética baja en carbono pues plantea no sólo los elementos de la política pública para acelerar la utilización de energías limpias en la generación eléctrica en México, también les otorga un carácter obligatorio, amplía el alcance de las acciones en materia de eficiencia energética y refiere las preocupaciones de seguridad energética del CSN relacionadas con el suministro eléctrico y retoma el mecanismo de financiamiento para programas y proyectos de la ley de 2008.

### ***3.3.1. Mecanismos de financiamiento***

Con el enfoque proambiental en la política energética del presidente Calderón, en febrero de 2009 se constituyó el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). Asimismo, a partir de 2010, el gobierno comenzó a destinar un presupuesto adicional a las principales instancias gubernamentales en los sectores ambiental, energético y social para realizar actividades tendientes a impulsar la transición. Con los años, el conjunto de estos recursos conformó un paquete económico oficial multisectorial para la estrategia de la transición energética en México (Tabla 17). Las instituciones financieras internacionales, la cooperación internacional y el sector privado también forman parte de los mecanismos para financiar programas y proyectos en materia energética en México, ya sea de manera paralela o complementaria a los recursos oficiales.

<sup>94</sup> El declive en la producción de petróleo, el aumento de las importaciones de gas natural y petrolíferos, los altibajos del precio del petróleo y de otros hidrocarburos y su impacto en las finanzas públicas. En Presidencia de la República. (30 de abril 2014).

<sup>95</sup> La Ley de Transición Energética sustituyó a la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) y a la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE).

Tabla 17. Presupuesto oficial para la transición energética (millones de pesos mexicanos)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>SEGOB</b>		12	16	4	2	2	1	0,88	0,88	0,88	0,97	0,97
SEGOB			7									
INM		12	9									
<b>SAGARPA</b>		1.100	335	175	175	417	435	450	301	322	147	
<b>Economía</b>			0,06	1								
FM			0,06	0,61								
S. Geológico				1,55								
<b>Salud</b>		0,4	7	30	30	33	33	33	33	33	33	6
<b>SEMARNAT</b>			22	1,50	3	3	3	3	3	3	2	2
SEMARNAT			1									
C. Forestal			19,56									
PROFEPA			1,53	1,50		3	3	3	3	3	2	2
<b>SENER</b>		1.502	1.506	1.464	383	1.131	544	535	545	562	3.474	581
FOTEASE	600	1.500	1.445	1.379	300	1.030	430	441	454	468	3.393	498
IMP		0,39										
Servicios S.A.		1,92										
INEEL		0,42	0,40	0,85	0,35	0,35	0,79	0,64	0,80	0,60	0,60	0,30
CONUEE			60,79	85	83	101	113	93	90	93,80	80	83
<b>Pemex</b>		6.634	2.353	2.068	2.296	1.354	1.583	678	1.432	885	149	149
<b>CFE</b>		888	8.070	16.725	12.180	14.871	16.508	23.247	24.808	26.817	28.486	28.849
<b>Turismo</b>		8										
<b>CONACyT</b>			2	2								
<b>TOTAL</b>	<b>600</b>	<b>10.146</b>	<b>12.314</b>	<b>20.472</b>	<b>15.071</b>	<b>17.813</b>	<b>19.108</b>	<b>24.949</b>	<b>27.125</b>	<b>28.625</b>	<b>32.294</b>	<b>29.590</b>

Elaboración propia.

Fuentes: CEFP, 19 de junio de 2019; SHCP, junio de 2019; Cámara de Diputados, 28 de noviembre de 2008; 7 de diciembre de 2009; 7 de diciembre de 2010; 12 de diciembre de 2011; 27 de diciembre de 2012; 3 de diciembre de 2013; 3 de diciembre de 2014; 27 de noviembre de 2015; 30 de noviembre de 2016; 29 de noviembre de 2017; 28 de diciembre de 2018; 11 de diciembre de 2019.

En definitiva, el FOTEASE constituye el mecanismo oficial de financiamiento a proyectos para el ahorro de energía, las tecnologías limpias y el aprovechamiento de las energías renovables en México. De conformidad con la LAERFTE de 2008, el Fondo debía fundarse con 3 mil millones de pesos (222 millones de dólares), cantidad que se repetiría en los dos años posteriores, no obstante, en febrero de 2009 el Fondo se creó con una aportación inicial de 600 millones de pesos (44 millones de dólares). En 2010, recibió un presupuesto de 1.500 millones de pesos (118 millones de dólares), aunque la SENER (2018b) reportó ingresos por 1.972 millones de pesos (156 millones de dólares).

Pese al escepticismo respecto al gobierno del presidente Andrés Manuel López Obrador sobre el impulso que daría a las energías renovables, al cierre del primer trimestre de 2019, el presupuesto para la SENER se incrementó. En ese momento, el programa más beneficiado fue «Fondos de Diversificación Energética»<sup>96</sup> que consiste básicamente en el FOTEASE y al que originalmente la Cámara de Diputados aprobó un presupuesto de 483.9 millones de pesos (25 millones de dólares); a finales de marzo de 2019 el programa dispuso de un monto modificado anual de 3.393 millones de pesos (176

<sup>96</sup> El presupuesto general para los Fondos de Diversificación Energética es el resultado de la fusión, en 2016, de los recursos destinados a los fondos sectoriales “Sustentabilidad Energética”, “Hidrocarburos” y “FOTEASE”. En CEFP (19 de junio de 2019)

millones de dólares). Si bien el presupuesto de 2019 destinado al FOTEASE ha sido la aportación más alta en sus once años de vida, sólo representa el 0,06 por ciento del total del presupuesto federal mexicano en ese año (Tabla 18).

Tabla 18. Presupuesto FOTEASE (millones de pesos mexicanos)

	Felipe Calderón Hinojosa			Enrique Peña Nieto						Andrés Manuel López Obrador	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>FOTEASE</b>	1.500	1.445	1.379	300	1.030	430	442	455	468	3.393	498
<b>% del PEF</b>	<b>0,05%</b>	<b>0,04%</b>	<b>0,04%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,02%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,06%</b>	<b>0,01%</b>
Elaboración propia.											
Fuentes: CEFP, 19 de junio de 2019; SHCP, junio de 2019; Cámara de Diputados, 28 de noviembre de 2008; 7 de diciembre de 2009; 7 de diciembre de 2010; 12 de diciembre de 2011; 27 de diciembre de 2012; 3 de diciembre de 2013; 3 de diciembre de 2014; 27 de noviembre de 2015; 30 de noviembre de 2016; 29 de noviembre de 2017; 28 de diciembre de 2018; 11 de diciembre de 2019.											

Desde su establecimiento, el FOTEASE ha acumulado un total de 11.941 millones de pesos de recursos oficiales con los cuales ha financiado 46 proyectos, 25 de ellos vigentes al 2019, que conjuntamente han requerido un presupuesto de 9.692 millones de pesos. Si bien el Fondo no considera directamente la reducción de la inseguridad energética como uno de sus propósitos, algunos de los proyectos han contribuido con la eficiencia energética y la promoción del uso de tecnologías de energías renovables en México. Por ejemplo, la SENER (2018b) reportó que a través de cinco proyectos se logró la sustitución de 85 millones de focos incandescentes por focos más eficientes que permiten reducir el consumo de electricidad en el sector residencial, así como el reemplazo de 2.1 millones de electrodomésticos (refrigeradores y aires acondicionados), que representa un ahorro de energía eléctrica de 144.55 GWh/año. En materia de energías renovables, se financiaron distintos estudios con los cuales se elaboraron un Atlas de Biomasa, un Atlas Nacional de Oleaje, un Atlas de Potencial Mini Hidroeléctrico y un Atlas de Potencial Geotérmico. Para la generación eléctrica distribuida<sup>97</sup> en hogares y en pequeñas y medianas empresas (PyMES) destacan dos proyectos con los cuales, a finales de 2017, se habían concretado 1.508 contratos para adquirir sistemas fotovoltaicos (403 residenciales, 609 para microempresas y 496 para pequeñas empresas), cuyo Estándar de Competencia «Instalación de sistemas fotovoltaicos en Residencia, Comercio e Industria» se actualizó

<sup>97</sup> La generación distribuida consiste en la generación de electricidad por medio de muchas pequeñas fuentes de energía en lugares próximos a su consumo y puede conectarse a la red de distribución de energía eléctrica nacional.

hasta julio de 2019, pero aún falta trabajar para hacer que los mecanismos crediticios sean más eficientes (SENER, 2016a; 2017a; 2018b).

Aunque se han logrado ciertos avances con los recursos del FOTEASE, algunos de estos proyectos, a decir de Arias (14 de agosto de 2019), caen en «verdaderas ocurrencias», tal es el caso del proyecto Balón de Luz para el cual la Fundación Televisa recibió 1 millón 750 mil pesos (132 mil dólares) en 2012 y que básicamente consistió en entregar a niños de comunidades marginadas de Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Quintana Roo, Estado de México, Querétaro, Sinaloa, Chiapas y Jalisco, 4.350 balones que producían electricidad mientras se utilizaban. Otro proyecto fue el Modelo de Electrificación de Procesos Productivos con Fuentes Renovables al que en 2015 se le destinaron 9 millones 710 mil pesos (611 mil dólares) para que el Centro de Especialistas en Gestión Ambiental, S.C. apoyara a comunidades indígenas de Oaxaca con el secado de los granos de café con energía solar (SENER, 2016a; 2017a; 2018b).

Por otro lado, si bien el objetivo del FOTEASE es financiar proyectos de diversos actores, es cuestionable que el grueso de los desarrolladores sean dependencias del gobierno federal pues a todas se les asigna su propio presupuesto y a varias de ellas se les destinan recursos adicionales en el presupuesto para la transición energética. Del total de los proyectos costeados por el Fondo hasta el momento, 26 fueron o están siendo implementados por instancias federales que han acaparado el 84 por ciento de todos los recursos. Entre estos destacan 10 proyectos del FIDE (6.385 mdp), cuatro de la SENER (667 mdp), cuatro de la CFE (569 mdp), tres de la CONUEE (171 mdp), tres del INEEL (611 mdp), uno de la CRE (10 mdp) y uno de la SAGARPA (1.192 mdp). Del resto de los proyectos, 11 corresponden a la iniciativa privada, seis a dependencias de gobiernos estatales y tres de asociaciones especializadas en energía renovable.

Entre los retos operativos del FOTEASE se encuentran adecuar a detalle los términos de referencia de los proyectos que financia, dar seguimiento a todo el ciclo del proyecto y evaluar su impacto en la población beneficiada una vez finalizados. Sin embargo, la ausencia de personal propio complica estas tareas, incluso esta situación ha llevado a que la Secretaría de la Función Pública y la Auditoría Superior de la Federación (ASF) sean las encargadas de revisar la forma en la que son utilizados los recursos, pero de una forma poco sistematizada. En 2015 la ASF (2015) llevó a cabo una revisión de siete proyectos de los cuales cinco presentaron irregularidades que van desde el manejo del dinero y comprobación de gastos, hasta la forma de aplicar los mecanismos de operación y los

convenios. Por ejemplo, en el Proyecto Bioeconomía 2010 que fue implementado por varias instancias gubernamentales, en la parte correspondiente a la ejecución del FOCIR se encontró que un monto de 56 mil pesos (4 mil dólares) fue transferido inicialmente a la cuenta personal del ex socio principal y ex representante legal de la empresa receptora y que, en ese entonces, fungía como secretario de la Comisión de Economía e Integrante de la Comisión de Energías Renovables de la Cámara de Diputados de la Legislatura LXII; igualmente, no se recuperaron recursos ejercidos por 37 mil pesos (2 mil dólares) que en principio estaban destinados a impulsar un agronegocio. Por otra parte, en el Programa Nacional de sustitución de focos incandescentes por focos eficientes, el FIDE consiguió un ahorro por más de 159 mil pesos que autorizaron para adquirir un 20 por ciento adicional de focos eficientes para atender a 1,280,000 usuarios más, sin embargo, no consideró los gastos extra en administración y distribución lo que llevó que el presupuesto general se elevara; además, como la distribución de los focos se hizo a través de las tiendas DICONSA, fue hasta la conclusión del programa que se pudo constatar que a pesar de la amplia cobertura nacional de DICONSA, ésta sólo pudo cubrir 18.096 localidades de las 33.853 en las que operó el programa.

En este sentido, la colaboración con instituciones internacionales, agencias de cooperación internacional y el sector privado puede incrementar la eficacia y transparencia durante la ejecución de proyectos energéticos en México, así como no limitarse sólo a promover la eficiencia energética y combatir al cambio climático, sino también a reducir la inseguridad energética. Ejemplo de esto es el Proyecto de Eficiencia en Iluminación y Electrodomésticos que la SENER implementó de la mano con el Banco Mundial, cuyo objetivo fue promover el uso eficiente de energía y mitigar el cambio climático; posteriormente este proyecto se retomó como marco de referencia para financiar 30 diagnósticos de eficiencia energética que se desarrollaron a través de una donación del Global Environment Facility (GEF) entre 2014 y 2015 (SENER, 2016a; 2017a; 2018b).

Hacia mediados de 2016, la SHCP y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) suscribieron un contrato de préstamo por 100 millones de dólares para costear durante cinco años el Proyecto de Eficiencia y Sustentabilidad Energética en Municipios (PRESEM) al que el FOTEASE abonó 445 millones de pesos (23 millones de dólares) adicionales, la idea fue que la SENER invirtiera en eficiencia energética en alumbrado público, bombeo de agua potable y edificaciones municipales (SENER,

2016a; 2017a; 2018b). De acuerdo con el informe del Banco Mundial (2018), uno de los instrumentos novedosos en este proyecto fue el «Convenio de Ejecución de Acciones de Ahorro de Energía (CEAAE)», instrumento que permite que los municipios participantes en el PRESEM no adquieran una deuda, ya que los recursos no son créditos con un pago de interés financiero.

Por su parte, la cooperación internacional y el sector privado han jugado un rol importante en la promoción de energía renovable en México. En la década de los noventa, la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID por sus siglas en inglés) comenzó a financiar proyectos de energía solar y eólica en el país, incluso financió un estudio de energía eólica en el estado de Oaxaca que fue la base para desarrollar el proyecto La Venta, uno de los parques eólicos más importantes en México y que ha servido de prototipo para el despliegue de más iniciativas para atraer inversiones privadas y aprovechar esta fuente renovable. Asimismo, durante la administración del presidente Calderón prácticamente el financiamiento internacional estuvo detrás de la estrategia para la transición energética, especialmente el Fondo Verde para el Clima (GCF) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que apoyaron proyectos de energía renovable, eficiencia energética y reducción de emisiones de metano; incluso, con 127 proyectos financiados en 2013 México se convirtió en el segundo mayor beneficiario del MDL en América Latina y el cuarto en el mundo (Wood, 2016). En el caso del sector privado, empresas mexicanas como CEMEX, el conglomerado minero Grupo Bal, Walmart de México, S.A. y Coca Cola FEMSA, decidieron reducir su huella de carbono y empezaron a participar en contratos de autoabastecimiento con proveedores privados de energía renovable que, aunque limitados a menos de 30 MW, permitió que la capacidad instalada de energía eólica pasara de 17 MW en el año 2000 a 1.815 MW en 2012 (Wood, 2016; IRENA, 2019d).

### ***3.3.2. Desarrollo y potencial de las energías limpias***

En México, el entramado jurídico para incentivar el uso de energías limpias consta de un total de 24 instrumentos obligatorios<sup>98</sup> de los que se deriva una serie de lineamientos y normas. Si bien todos importantes, la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) de 2014 es la

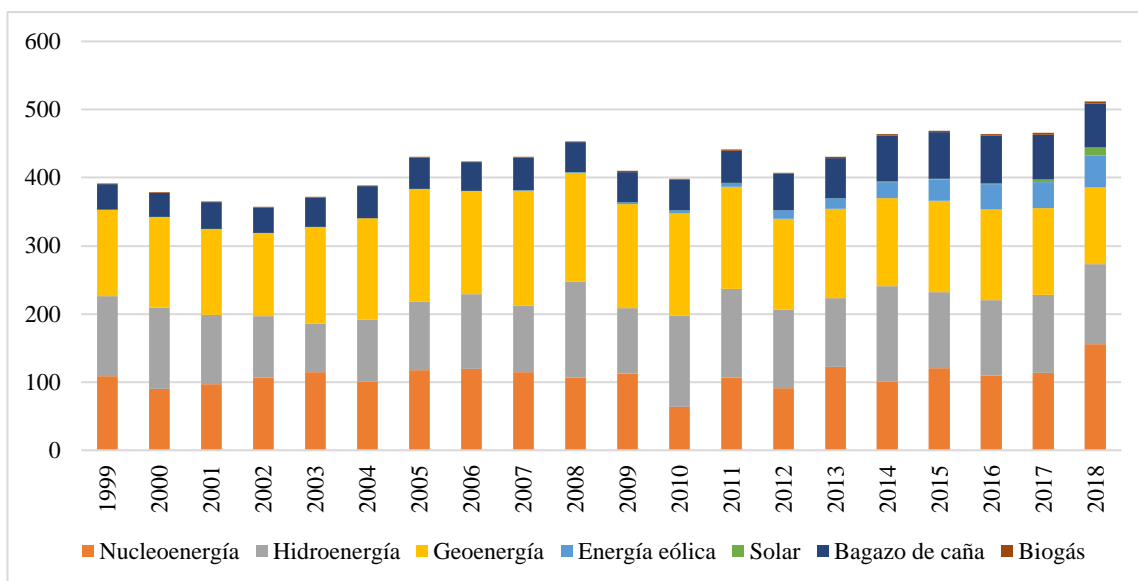
<sup>98</sup> Entre los instrumentos jurídicos más relevantes se encuentran la Ley General de Cambio Climático, la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de la CFE, la Ley de Transición Energética, el Plan Nacional de Desarrollo, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, los Programas Sectorial de Energía y el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional.

legislación clave en la producción de electricidad no sólo porque a través de este marco regulatorio el sector eléctrico se abre a la competencia privada y se crea un Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) con participación de particulares, sino también porque incorpora la definición de «energías limpias» a la base legal mexicana. Aunque el concepto se mencionaba en la LGCC, faltaba definirlo a fin de articular las políticas de producción de electricidad. Cabe destacar que México es el único país que utiliza oficialmente el concepto de energías limpias, pues generalmente se separa a las energías renovables de las grandes hidroeléctricas, la energía nuclear y la geotermia con procesos de captura de carbono. La LIE concentró en un mismo concepto a las energías renovables, la hidroeléctrica a gran escala y la energía nuclear, a decir de Villarreal y Tornel (2017) por la creación de una definición y no por mérito propio, México pasó de un consumo para la producción de electricidad del 9 por ciento de fuentes renovables en 2008 al 17 por ciento con energías limpias en 2014 (4 por ciento de hidroenergía, 4 por ciento de nuclear y 9 por ciento de renovable) (Congreso de la Unión, 11 de agosto de 2014; SENER, 2020). De esta forma, en 2014, México estaba más cerca de su meta de generar el 35 por ciento de electricidad para 2024 a través de energías limpias conforme a la LTE.

Si bien desde 2008 el gobierno mexicano ha ido definiendo una política pública para el aprovechamiento de las fuentes renovables, el consumo de energías eólica y solar fotovoltaica apenas comienza a reflejarse en el conjunto de energías limpias utilizadas para producir electricidad, mientras que la hidroelectricidad y la geotermia, las dos fuentes renovables con mayor capacidad e historia en el país, en lugar de aumentar han reducido 17,18 por ciento y 29,20 por ciento, respectivamente, en el periodo comprendido entre 2008 y 2018 (Gráficas 43 y 44).

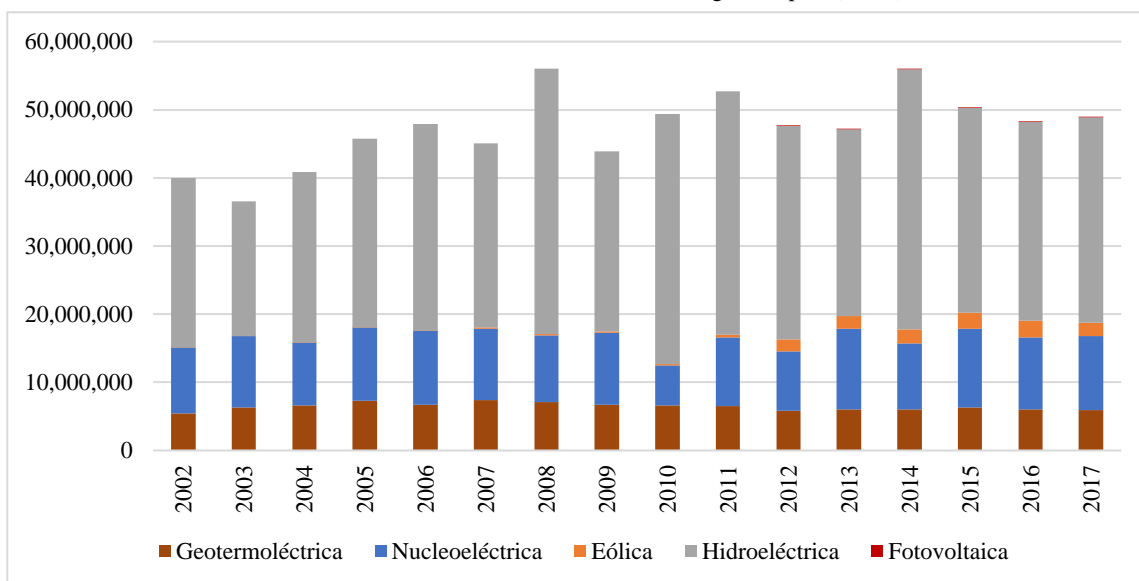


Gráfica 43. Consumo de energías limpias para la generación de electricidad (petajoules)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020).

Gráfica 44. Generación de electricidad con energías limpias (MWh)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020). Los datos de 1999-2001 no están disponibles.

La posición geográfica y las condiciones hidrológicas y meteorológicas de México le brindan un gran potencial para acrecentar las fuentes renovables. De hecho, basándose en el Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE), Villarreal & Tornel (2017) señalan que el país cuenta con el suficiente potencial teórico de energías renovables como

para generar el 100 por ciento de la energía consumida anualmente, sin embargo, no se ha estimado su viabilidad técnica y económica. En ese sentido, a continuación, se analizan las energías renovables con mayor potencial de desarrollo en México: hidroelectricidad, geotermia, eólica, solar y biomasa.

**Hidroelectricidad.** La energía hidroeléctrica a gran escala aventaja por mucho a todas las fuentes renovables de energía en México. En 2017, las 86 centrales hidroeléctricas en operación produjeron 30.077 GWh de electricidad (SENER, 2018c; 2020), que representó el 12 por ciento del total de la generación bruta de electricidad del país. Esta hidroelectricidad provino de 101 presas de generación, grandes (mayores a 30 MW) y pequeñas (menores a 30 MW), tanto de la CFE como privada, la mayoría ubicadas principalmente en el estado de Chiapas, seguido de los estados de Veracruz y Oaxaca (Pérez-Denicia et al., 2017). Para ampliar el desarrollo de la hidroelectricidad, México tiene un potencial significativo especialmente para pequeños proyectos que podrían operar fuera de la red de transmisión y llevar electricidad a comunidades aisladas. En una propuesta para el establecimiento del Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica presentado por el Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA) se identifican 70 presas de generación menores a 30 MW con una capacidad instalada conjunta de 645 MW susceptibles de modernización y repotenciación, todas situadas en zonas productivas y en distritos de riego de los estados de Puebla, Michoacán, Estado de México, Guerrero, San Luis Potosí, Oaxaca, Chiapas y Veracruz. Asimismo, existen 2.916 estructuras hidráulicas que no son aprovechadas y que, respetando las necesidades en los distintos usos del agua y sin afectar el entorno económico, social y ambiental, podrían adaptarse para la generación de hidroelectricidad, entre ellas destacan 362 que conjuntamente tienen una capacidad instalada de 483.41 MW y un potencial para producir 1.697 GWh de electricidad en esquemas de pequeña (menor a 30 MW), mini (de 1 a 5 MW) y micro (menor a 1 MW) generación hidroeléctrica (IMTA, 2017). Por otra parte, de acuerdo con el INERE en México existe el potencial para instalar 6.300 MW (citado por Pérez-Denicia, 2017), de los cuales sólo los estados de Puebla y Veracruz cuentan con un potencial conjunto para 400 MW y generar 3.500 GWh (Alemán-Nava et al, 2014; Pérez-Denicia et al., 2017).

En general, la energía hidroeléctrica es un recurso viable para México, no obstante, habría que considerar desafíos como los altos costos de inversión inicial, la falta de evaluaciones confiables sobre el potencial de generación e información meteorológica e

hidrométrica básica, así como barreras administrativas para la adquisición de nuevos permisos (Viscidi, 2018). Respecto a los retos sociales y ambientales, especialmente en la construcción de nuevas represas, en ocasiones se ha propuesto reubicar a comunidades enteras, cuyo resultado obvio ha sido la fuerte oposición local y regional; por otra parte, la deforestación, los cambios en los patrones de lluvia y el aumento de las sequías provocadas por el cambio climático están acrecentando las dudas sobre la conveniencia de invertir en proyectos hidroeléctricos, de ahí que en el futuro próximo se aprecie una mayor apuesta en la energía geotérmica.

**Geotermia.** El nivel de desarrollo geotérmico en México ha posicionado al país en el séptimo lugar a nivel mundial en la generación eléctrica a través de esta fuente energética y ésta, a su vez, es el segundo recurso renovable con mayor capacidad para producir energía eléctrica en el país. En 2017, las 41 turbinas<sup>99</sup> que operan en las ocho centrales geotérmicas aportaron el 2 por ciento del total de la electricidad bruta de México, esta producción se concentró en los estados de Baja California y Michoacán con el 65 y 26 por ciento, respectivamente. Como región volcánica, México tiene un alto potencial prácticamente por todo el territorio para expandir la energía geotérmica, especialmente en la zona centro donde se encuentra el Eje Neovolcánico Transversal<sup>100</sup> y en los estados de Baja California Sur, Sonora, Chihuahua y Veracruz. No obstante, este potencial no ha sido aprovechado en parte porque no existía un marco jurídico; fue en el marco de la reforma energética que, en 2014, se adoptó la Ley de Energía Geotérmica con el propósito de permitir que la iniciativa privada explore y desarrolle los recursos geotérmicos. Con base en esta Ley, en 2015 la SENER realizó una «ronda cero» para la geotermia con el propósito de determinar qué sitios y proyectos podría desarrollar la CFE y cuáles serían subastados a privados. Así, la CRE estimó que el país cuenta con al menos cinco campos geotérmicos con un potencial de alrededor de 24.700 MW en reservas posibles, probadas y probables (Villarreal & Tornel, 2017).

A pesar de las estimaciones sobre el potencial geotérmico para producir electricidad en México, de que ya se cuenta con un marco jurídico y de que el gobierno ha destinado recursos para el desarrollo de nuevas tecnologías a través de su Centro de Innovación

<sup>99</sup> CFE opera 38 turbinas y la iniciativa privada las tres restantes con un permiso emitido en la modalidad de autoabastecimiento.

<sup>100</sup> El Eje Neovolcánico Transversal es una cadena de volcanes ubicada en territorio mexicano que se extiende desde las islas Revillagigedo en el océano Pacífico hasta el Golfo de México, pasando por los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

Geotérmica, aún no está claro la rapidez con la que crecerá la energía geotérmica en el país pues el principal desafío está asociado con los altos costos de exploración, especialmente los de perforación, para evaluar el potencial técnico y económico de las reservas calculadas. Aun así, a la fecha la SENER ha otorgado 21 permisos de exploración en siete estados, con los cuales se estima que para el año 2030 el sector privado cubra el 40,7 por ciento de la demanda de electricidad de los recursos geotérmicos, la CFE el 21,2 por ciento, pequeños productores 3,4 por ciento y en la modalidad de autogeneración 8,4 por ciento (SENER, 2016b). En tanto, el gobierno espera complementar su matriz eléctrica con la expansión de energía eólica y solar.

**Energía eólica.** Si bien en México desde los años noventa se viene produciendo electricidad a partir de la fuerza cinética del viento, fue hasta el 2007 que ésta comenzó a reflejarse en la combinación eléctrica nacional. En 2017, los 45 parques eólicos en México generaron 1.976 GWh de electricidad lo que equivalió al uno por ciento del total de energía eléctrica bruta producida a nivel nacional. De la totalidad de esa electricidad, el 56 por ciento de la capacidad instalada y el 61 por ciento de la generación anual de energía eólica se ubican en el estado de Oaxaca.

Un punto importante por destacar es que, del total de la electricidad bruta producida en 2017, sólo el 5 por ciento fue generado por la CFE y el 95 por ciento por los PIE a través de esquemas de autoabastecimiento y de pequeños productores con capacidad superior a 30 MW. El alto porcentaje de participación privada se debe a que los costos económicos han resultado favorables para algunas empresas intensivas de energía, tal es el caso la empresa mexicana de cemento CEMEX cuyo parque eólico Eurús, operado por la española ACCIONA, cuenta con 17 turbinas eólicas con una capacidad de 250.5 MW que pueden cubrir una cuarta parte de la demanda total de energía de las plantas de CEMEX en el estado de Oaxaca (Viscidi, 2018).

En lo que se refiere al potencial para el desarrollo eólico, de acuerdo con el PRODESEN 2018-2032 y otros documentos oficiales (SENER, 2018c; 2018d; 2018g) México tiene un potencial de al menos 15.000 MW de capacidad efectiva (a 2017 fue de 1.036 MW); aunque Viscidi (2018) menciona que el país cuenta con un potencial de 30.000 MW, mientras que Villarreal & Tornel (2017) afirman que es de 50.000 MW y la IRENA (2015) estima un potencial económicamente explotable de 12.000 MW para 2020 y 18.000 MW adicionales en 2030. Aún con la falta de consenso sobre el potencial eólico en México, existe acuerdo en que las zonas del istmo de Tehuantepec, Oaxaca, y La

Rumorosa, Baja California, podrían aportar un tercio de la capacidad total del país, y que en la bahía de Campeche, la península de Yucatán y los estados de Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Sonora, Tamaulipas y Veracruz también existe un gran recurso eólico.

Para el aprovechamiento óptimo del potencial eólico en México es necesario superar obstáculos de carácter técnico y social. Dentro de las dificultades técnicas se encuentran la insuficiente capacidad de transmisión en áreas con alto potencial y en donde las inversiones son económicamente viables, por ejemplo, los tres sistemas eléctricos de la Península de Baja California continúan separados de la red nacional aún cuando el país cuenta con un plan a largo plazo para completar la interconexión; en tanto que en el istmo de Tehuantepec se ha logrado expandir la red de transmisión, de ahí que 11 de los 35 proyectos enlistados en el PRODESEN 2018-2032<sup>101</sup> que podrían concluirse hacia 2022 y adicionar 4.554 MW de capacidad se ubican en esta zona de Oaxaca. Por otra parte, si bien la IRENA (2015) señala que existen cerca de 200 empresas en México capaces de suministrar algunos de los componentes de las turbinas eólicas, la industria en México no ha consolidado una cadena nacional de abastecimiento, pero se estima que en el mediano plazo se acumule más conocimiento sobre el desarrollo de proyectos y de tecnología a través de la iniciativa gubernamental del Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica, mientras tanto la energía del viento continuará siendo un nicho del sector privado aún cuando éste continúe dependiendo del suministro externo de equipos.

Respecto a los problemas sociales, éstos son más evidentes en la provincia mexicana líder en la industria eólica, Oaxaca, pero también están presentes en otras entidades del país. En la zona de Tehuantepec, las empresas eólicas y gobiernos locales han presentado los proyectos como una oportunidad para elevar las condiciones de vida de las comunidades, principalmente indígenas, lo que en principio ha generado grandes expectativas, no obstante, la información y la consulta previas han sido limitadas a aspectos técnicos y económicos que sólo llegan a los propietarios de las tierras en donde se han implementado los proyectos, mientras que los habitantes de zonas aledañas no reciben información. Esta situación ha contribuido a acentuar desigualdades y divisiones en las comunidades, generando conflictos en detrimento de la estabilidad social. A esto se añade que, de acuerdo con el censo de 2010, el 5,1 por ciento de la población de Oaxaca

<sup>101</sup> En el PRODESEN 2018-2032 se menciona un total de 107 proyectos eólicos con una capacidad conjunta de 14.818 MW, 35 de estos proyectos podrían concluirse en 2022 y el resto se planean a partir de ese mismo año. En SENER, 2018c.

habitaba en viviendas sin electricidad, porcentaje muy por encima del 1,9 por ciento de la media nacional (CONEVAL, 2011).

Por otra parte, mientras en otros países la oposición social se origina de los efectos negativos sobre el paisaje, en Oaxaca es por el acceso a las tierras cuyo régimen de propiedad es de ejidos y comunidades agrarias por lo que el arrendamiento se resuelve en las Asambleas locales conforme a lo establecido en la Ley Agraria mexicana. Además, normalmente las empresas optan por firmar contratos de arrendamiento de entre 20 y 30 años de vigencia en los que es recurrente encontrar pagos inferiores a los ofrecidos en otros países; en este sentido Juárez-Hernández & León (2014) citan que en el istmo de Tehuantepec por la reserva de tierras se paga entre 150-200 pesos ha/año (11-15 dólares), por arrendamiento entre 1.500-12.000 pesos ha/año (113-902 dólares) y de 7.500-36.000 pesos ha/año (564-2.706 dólares) para las afectadas con caminos y aerogeneradores, mientras que las regalías van de 0.025-1.53% de los ingresos brutos; en Estados Unidos los pagos anuales por reserva de tierras son 2-10 dólares por acre, 4.000-8.000 dólares por MW instalado y regalías de 3-6%; en Galicia, el pago por arrendamiento alcanza hasta 3.500 euros ha/año y las regalías promedian 3.5%. Asimismo, se ha reportado que la infraestructura y la operación de las centrales eólicas han trastocado la práctica de la agricultura y la ganadería debido a la construcción de plataformas y caminos de acceso, así como inundaciones provocadas por la nivelación de terrenos, además de un número relevante de muertes de aves y murciélagos por colisión con los aerogeneradores pues el istmo de Tehuantepec es uno de los corredores de aves migratorias más transitados del mundo (Juárez-Hernández & León, 2014).

**Energía solar.** Desde 2012, el interés por la energía solar en México ha aumentado exponencialmente, al grado de pasar de 2 GWh de generación bruta de electricidad en 2012 a 10 GWh en 2017, un incremento de 424 por ciento que se logró a través de las nueve centras fotovoltaicas en operación con las que contaba el país al cierre de 2017. No obstante, esos 10 GWh apenas figuran en la producción bruta de energía eléctrica nacional (0,006 por ciento en 2017).

Por su ubicación geográfica, México cuenta con una radiación solar diaria calculada entre cinco y seis KWh por cada metro cuadrado (Alemán-Nava et al., 2014; Villarreal & Tornel, 2017; Viscidi, 2018), lo que le brinda uno de los potenciales más altos del

mundo<sup>102</sup> para el aprovechamiento de esta energía. Este gran potencial ha hecho a México cada vez más atractivo a la inversión extranjera, especialmente después de la reforma energética, no en vano la tecnología fotovoltaica lideró las ofertas durante las tres subastas de energía limpia realizadas hasta ahora (Tabla 19).

Tabla 19. Resultados de las tres subastas de energía limpia en México

	Adjudicaciones	Tecnología	Capacidad nueva	CEL	Inversión
<b>Primera subasta</b> (mar/2016)	11 empresas (México, China, Estados Unidos, España, Italia y Canadá)	Solar fotovoltaica Eólica	2.085 MW	5.380.911	2.6 mil millones de dólares a 3 años para realizar proyectos de 18 a 500 MW
<b>Segunda subasta</b> (sep/2016)	23 empresas	Solar fotovoltaica Eólica Geotermia Ciclo combinado	2.871 MW	9,275,534	4 mil millones de dólares a 3 años para realizar proyectos de 27 a 388 MW
<b>Tercera subasta</b> (nov/2017)	16 empresas	Solar fotovoltaica Eólica	2.652 MW	5,952,575	2.3 mil millones de dólares a 15-20 años

Elaboración propia: Fuentes: CENACE, 2018; SENER, 31 de marzo de 2016; 22 de septiembre de 2016; 16 de noviembre de 2017

A parte de los grandes proyectos de energía solar, en el país se han expandido significativamente los sistemas de autoabastecimiento conocidos como generación distribuida, que incluyen sistemas domésticos en las azoteas que permiten que hogares en áreas rurales cuenten con electricidad y cuyo número de contratos expedidos por la CRE ascendió a 83.104 en 2019 (Zarco, 29 de abril de 2019; ASOLMEX et al., marzo de 2020). Es posible que el esquema de generación distribuida tenga el potencial de convertirse en la alternativa más viable para aprovechar las energías renovables en México pues, aunque limitado a 500 KW por usuario, puede producir un considerable volumen de electricidad al tiempo que incluye la participación de la población. En este sentido, Chacón Anaya (2017) indica que la capacidad requerida para cubrir el 100 por ciento de las más de 35 millones de viviendas que reciben el subsidio eléctrico sería de 41 GW aproximadamente; y si se toma en cuenta la caída de los precios de la tecnología con un horizonte de 15 años, la inversión necesaria para instalar techos solares en el sector residencial en México sería del orden de 850 mil millones de pesos de 2017.

<sup>102</sup> Leipzig, Alemania, hogar de las plantas solares más grandes del mundo, tiene una radiación solar anual promedio de sólo 2.7 KWh por metro cuadrado al día. En Viscidi, 2018.

Sin embargo, para un proyecto de tal magnitud, o simplemente para aprovechar el interés que la población mexicana ha puesto en los esquemas de generación distribuida, el gobierno tendría que desplegar una serie de programas para facilitar el financiamiento de la inversión inicial en los hogares y la incorporación, en esta etapa de la transición energética, de estándares tecnológicos, certificación e instalación en la edificación de viviendas, aunque para ello deben considerarse las oportunidades y superarse dos obstáculos básicos.

Las primeras oportunidades para integrar directamente la energía solar en el sector residencial surgen en la reconstrucción rezagada de las viviendas afectadas por los sismos ocurridos en México en septiembre de 2017 y febrero de 2018, así como en la construcción de nuevas viviendas particulares en todo el territorio<sup>103</sup>. Asimismo, existe la posibilidad de permitir el acceso a las comunidades alejadas a los centros urbanos, especialmente aquellas que aún carecen de servicio eléctrico y que en su mayoría tienen recursos económicos limitados y pertenecen a grupos indígenas.

Por otra parte, una de las principales barreras está vinculada con la industria ya que México aún no desarrolla una industria propia que satisfaga la demanda nacional de celdas fotovoltaicas. Según la IRENA (2015), en 2010 había únicamente tres productores internacionales y dos compañías nacionales que ensamblaban módulos fotovoltaicos en el país, asimismo es necesario acrecentar la aceptación social en la que puede contribuir mucho una estrecha colaboración con actores no gubernamentales.

**Biomasa.** Si bien en México la apuesta actual en la electrificación del país a través de energías renovables está en la hidroenergía, la geotermia, y en la energía eólica y solar, fuentes de biomasa como el bagazo de caña de azúcar, la madera y el biogás están acrecentado su participación en el conjunto de la combinación energética del país. En 2017 se produjeron 368 petajuoles de energía a partir de biomasa, lo que representó el cuatro por ciento de la oferta bruta de energía durante ese año.

En el caso de la electricidad, toda la energía a partir de biomasa es generada por la iniciativa privada que, de acuerdo con Pérez-Denicia (2017), había desplegado 68 proyectos con una capacidad instalada de 647 MW y una generación de 1.414 GWh al 2017. La mayor parte de la biomasa para electricidad proviene del bagazo de caña

<sup>103</sup> Desde el 2010, el INFONAVIT implementa el programa «hipoteca verde» cuyo objetivo es promover el uso de tecnologías limpias y eficientes en los servicios de agua y energía de hogares, principalmente en los de bajos ingresos.



utilizado para el autoabastecimiento en la industria azucarera, seguida por el biogás producido a partir de la agricultura, la industria y los residuos urbanos.

Aunque México promulgó la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos en 2008, cuyos postulados son ratificados en la LTE de 2015, el país aún carece de regulaciones y de una política pública específicas que permitan aprovechar la biomasa y vincular la oferta y la demanda que, si bien incipientes principalmente en el caso de los combustibles líquidos y en particular el biodiesel, tendría un potencial técnico aproximado de 3.569 petajuoles al año (REMBIO, 2011). No obstante, hasta ahora las estimaciones sobre el potencial de la biomasa son indicativas pues se encuentra disperso por todo el territorio. Por ejemplo, en materia de residuos urbanos el potencial se ubica en las grandes ciudades con rellenos sanitarios; mientras que los residuos agrícolas se encuentran en estados como Sonora, Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas y Guanajuato; y el potencial ganadero en los estados de Chihuahua, Hidalgo y Durango. Esta dispersión plantea la necesidad de una cadena de suministro bioenergética que considere formas y costos de transporte, así como plantas de transformación, entre otros elementos, que parecen no ser prioridad gubernamental ni privada.

Hasta el momento, el sector eléctrico es el que más refleja un incremento en el uso de fuentes renovables de energía, sin embargo, su contribución en la producción bruta de electricidad fue de 15 por ciento en 2017, mientras que la de la energía nuclear fue de 4 por ciento y la de los energéticos fósiles del 81 por ciento.

Si bien la reforma energética en México propició la participación del sector privado y ésta a su vez el ascenso de las energías renovables en la generación eléctrica aún es necesario que el gobierno aumente los incentivos para estimular su utilización y hacerlas más competitivas frente a los combustibles fósiles, especialmente el carbón y el gas natural. Hasta ahora, con base en la Ley de Impuesto sobre la Renta<sup>104</sup>, el gobierno mexicano sólo otorga incentivos fiscales a las empresas que invierten en equipos de generación de energía renovable ya que pueden deducir hasta el 100% de su inversión total durante el primer año. Asimismo, la LIE introdujo un sistema de subastas de energía y de comercio de Certificados de Energía Limpia (CEL) que ofrecen contratos a largo plazo y establecen un mínimo de consumo de electricidad de fuentes de energía limpia

<sup>104</sup> Artículo 34, Fracción XIII, de la Ley del Impuesto sobre la Renta. En Congreso de la Unión, 30 de noviembre de 2016. Texto vigente al 9 de diciembre de 2019. Recuperado de <http://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfArticuladoFast.aspx?IdOrd=96834&IdRef=4&IdPrev=0>

para los grandes consumidores, tanto extranjeros como nacionales, incluyendo a la CFE, pero, aunque las subastas y los CEL son un incentivo para promover la energía renovable, la aplicación del término de «energía limpia» incluye a la cogeneración eficiente y la energía nuclear.

Con las tres primeras subastas de energía se logró la adjudicación a proyectos que permitirán agregar 7.608 MW más a la capacidad instalada de México para la generación de electricidad con fuentes renovables, especialmente de energía solar, eólica y geotermia, y que de acuerdo con la SENER equivale a una inversión total de 8.9 mil millones de dólares. Sin embargo, el reto es traducir estos números en seguridad energética que redunde en beneficios económicos y sociales sostenibles con el tiempo. Para ello, se requieren forzosamente, además de los instrumentos jurídicos con los que ya se cuentan, invertir en una serie de capacidades técnicas para el desarrollo de una industria nacional que permita el suministro de componentes, equipos y servicios de tecnología de energía renovable, así como de recursos humanos que atiendan dicho desarrollo para evitar futuros cuellos de botella. En este sentido, el desarrollo tecnológico y la profesionalización son clave para la transición energética en México.

### ***3.3.3. Tecnología y profesionalización***

Los esfuerzos de expansión de la infraestructura para el uso del gas natural y de la capacidad en la generación eléctrica con fuentes renovables han sido significativos para reducir las vulnerabilidades en el suministro energética en México, pero aún falta trabajar en la articulación de estos esfuerzos con mecanismos adicionales para superar las barreras tecnológicas y de recursos humanos que limitan el aprovechamiento de las energías renovables y la comprensión de los cambios que experimenta el sistema energético en múltiples niveles espacio-temporales.

Desde 2008, la atención a estas cuestiones corre a cargo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), en coordinación con la SENER. Ambas instituciones establecieron el Fondo de Sustentabilidad Energética<sup>105</sup> con una aportación inicial de 200 mil pesos (18 mil dólares) con el propósito de financiar proyectos de investigación científica y tecnológica aplicada para incrementar la utilización de energéticos renovables, tecnologías limpias, eficiencia energética y diversificación de fuentes

<sup>105</sup> BANOBRAS se constituyó en el fiduciario del Fondo con la firma del Contrato de Fideicomiso el 4 de agosto de 2008.

primarias de energía. Hacia 2015, como parte de la reforma energética, los objetivos del Fondo se ampliaron para incluir las áreas de desarrollo tecnológico e innovación, registro nacional o internacional de propiedad intelectual, formación de recursos humanos, becas de posgrado y estancias posdoctorales, creación y fortalecimiento de grupos de académicos y profesionistas, así como de divulgación científica en temas energéticos. De acuerdo con la información publicada por el CONACYT & SENER (2018), desde su creación, el Fondo ha financiado 160 proyectos por un monto total de 5.142 millones de pesos (347 millones de dólares).

No obstante, la transición energética implica más que un gran número de proyectos aislados. La sostenibilidad de la transición requiere programas articulados con una buena gestión del conocimiento y análisis para el desarrollo de tecnologías, la integración de energías renovables en el sistema energético y la creación de un entorno empresarial propicio acorde con la realidad del país. Estas acciones no debieran pasar por alto toda la cadena de valor de las energías renovables, desde insumos hasta las evaluaciones de impacto ambiental, social y económico, ni la difusión a todos los interesados e involucrados.

Es posible que un cambio de paradigma en la implementación de proyectos para el desarrollo tecnológico e innovación nacional sean los cinco Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIE) eólica, geotermia, solar, bioenergía y oceánica a los cuales conjuntamente se les han destinado 2.677 millones de pesos (206 millones de dólares) (Tabla 20). Adicionalmente, se tienen reservados 450 millones de pesos (23 millones de dólares) para la creación de un CEMIE para redes inteligentes de electricidad y se evalúa una propuesta para hidroenergía. La idea fundamental de los CEMIE es agrupar expertos de instituciones gubernamentales, centros de investigación, universidades y empresas mexicanas de distintas entidades del país en espacios virtuales de colaboración, interacción internacional y difusión de sus investigaciones; éstas últimas giran en torno a la búsqueda de soluciones científicas y tecnológicas a problemas administrativos, logísticos y económicos que afecten la expansión de energías renovables.

Si bien los CEMIE pueden contribuir a superar las barreras tecnológicas de México, no queda claro a partir de la información disponible, la mayoría oficial, cuáles serán sus alcances concretos en el desarrollo de energías renovables y cómo éstos se integrarán a la política energética nacional.

Tabla 20. Centros Mexicanos de Innovación en Energía

<b>CEMIE</b>	<b>Clúster</b>	<b>Líder de proyecto</b>	<b>Recursos (mdp)</b>
CEMIE-Geo		CICESE	958.573.486
CEMIE-Sol		IER-UNAM	452.893.844
CEMIE-Eólica		INEEL	216.309.777
CEMIE-Bio	Clúster Biodiesel avanzado	CIATEJ	92.655.727
CEMIE-Bio	Clúster Biocombustible	CINVESTAV-IPN-Guadalajara	43.256.314
CEMIE-Bio	Clúster biocombustibles sólidos para generación térmica y eléctrica	IIES-UNAM	81.437.864
CEMIE-Bio	Clúster Biocombustibles Gaseosos	IPICYT	104.492.978
CEMIE-Bio	Clúster Bio-Turbosina	IPICYT	380.795.787
CEMIE-Océano		IINGEN-UNAM	347.445.908

Elaboración propia: Fuente Academia de Ingeniería México, 2017; CONACYT-SENER, 2018.

En materia de recursos humanos, de diciembre de 2012 a mediados 2018, a través del Fondo de Sustentabilidad Energética se habían brindado 156.025 apoyos: 76.243 para certificar a trabajadores del sector; 6.931 para estudiantes de licenciatura y postgrados y 72.851 para orientación vocacional en educación básica y media (CONACYT & SENER, 2018, p. 135).

Sin embargo, los desafíos que trae la velocidad con la que se están desarrollando las energías renovables requieren de capital humano especializados que debe empezar a capacitarse ahora. La incursión y expansión de nuevas culturas organizacionales y productivas en el sector eléctrico mexicano, por ejemplo, demanda de personal en todos los niveles. Hasta ahora en la CFE estas necesidades se han cubierto en gran parte contratando algunos mexicanos y más extranjeros. Si bien la contratación internacional aporta talento y abona a la polinización de experiencia se requiere de recursos humanos nacionales. Se estima que para 2022 México requerirá un mínimo de 135 mil expertos de alto nivel en energías renovables para cubrir la demanda directa del sector para la transición energética, pero los recursos del Fondo sólo podrían cubrir cerca del 44 por ciento de la capacitación requerida (CONACYT & SENER, 2018; Senado de la República, 12 de mayo de 2019). Hasta el momento, a través del Fondo de Sustentabilidad Energética sólo se han brindado 2009 apoyos en becas para estudios de posgrado en

México y estancias en el extranjero en temas energéticos por un monto aproximado de 1.840 millones de pesos (97 millones de dólares).

Actualmente, el conocimiento en temas energéticos en México parece tender más hacia la experiencia empírica pues existen organizaciones, profesionistas y estudiantes que trabajan en la implementación de proyectos de energía que adquieren conocimientos y promueven actividades con miras a profesionalizarse, sin que esto represente una intención preconcebida. De manera informal, se han creado comunidades de aprendizaje que, retomando las ideas de Geels (2012), ejercen presión para impulsar cambios en actitudes, prácticas y normas de todo el sistema energético, al tiempo que aseguran espacios de participación y aprenden cómo; al vincularse con más redes sociales integradas por diversos actores, pueden agregar legitimidad a sus actividades y abrir espacios de interlocución con autoridades gubernamentales. Así, la población de México poco a poco se está convirtiendo en agentes y beneficiarios de las transformaciones del sistema energético.

Un ejemplo de lo anterior son todos los casos de interrupción del suministro de combustibles en México descritos en el capítulo dos que expusieron los riesgos de todo el sistema energético. En cada uno de esos momentos, todos los actores involucrados respondieron a las crisis conforme se vieron afectados. En todas las ocasiones, para abastecer al mercado nacional el gobierno importó más gas natural o gasolina, incluso petróleo, que distribuía vía terrestre, ya que los gasoductos estaban saturados (en 2012-2013 y 2016) o resguardados por el ejército (en 2019). Los empresarios más perjudicados durante la irrupción de abastecimiento de gas natural en 2012 y 2013 comenzaron a actuar frente a la inseguridad del suministro energético a través del autoabastecimiento que, de acuerdo con Mejía-Rodríguez (2016), fue desde una perspectiva microeconómica, tomándola como un elemento de competitividad e, incluso, del desarrollo regional y urbano, que contrasta con la noción de las mega construcciones, en cuanto que asegura la autonomía energética. Con la irrupción de suministro de gasolina en 2019, la sociedad civil, que fue la más afectada, utilizó las redes sociales como medio para alertar cuando la gasolina se agotaba en ciertas gasolineras o cuando no había grandes filas para comprarla; aquellos que tenían los recursos económicos sustituyeron sus automóviles de combustión interna por eléctricos o híbridos, dando con ello el inicio de una «pequeña» transición hacia la movilidad eléctrica.

Durante dichos acontecimientos en México, las respuestas de emergencia de cada actor fueron espontáneas, no obstante, es mejor, o al menos deseable, desarrollar mecanismos de respuesta que se anticipen a las crisis a través de políticas que permitan a la sociedad prepararse mejor y recuperarse. Citando al PNUD (2014), los países y comunidades que no están bien preparados, que desconocen los riesgos y que tienen una mínima capacidad de prevención sufren mucho más el impacto en acontecimientos adversos.

En ese sentido, la apuesta son los recursos humanos para la continuidad de las actividades energéticas durante la transición. Se requieren marcos epistemológicos transversales cuyo objetivo sea la generación de opciones humanas y sustentables para contender crisis (Pineda-López et al., 2019) de seguridad energética en México. Ello significa crear carreras técnicas, licenciaturas y posgrados, así como otorgar becas a estudiantes en el extranjero para generar el capital humano con la formación necesaria para ingresar con éxito en la nueva era de energías limpias (Oswald, 2017).

A ese respecto, actualmente en materia energética se identificó una oferta educativa de 99 programas<sup>106</sup> en diferentes instituciones de educación superior de México. Asimismo, en un análisis de Balvanera et al. (2017) se indica que existen 84 programas de estudios<sup>107</sup> en universidades mexicanas y 77 cursos intensivos<sup>108</sup> para la formación de profesionistas en sistemas socioecológicos, resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad, en cuyos planes de estudio se imparten cursos relacionados con temas de sustentabilidad, ecosistemas, cambio climático, conservación, energía, política y legislación ambiental, entre otros.

Sin embargo, en los programas de profesionalización en México, muchos de ellos recientes y otros por consolidarse, aún está ausente un vínculo estrecho con la investigación científica. En palabras de Pineda-López et al. (2019), en México, la estructura y el enfoque hasta hoy dado por los sistemas gubernamentales vinculados directamente al fortalecimiento de la ciencia, como el CONACYT y el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), disminuye las oportunidades de interacción y creación de líneas de trabajo con las universidades para establecer una visión integral que responda a los problemas que aquejan al país. Por ejemplo, la estructura del SNI gira en torno a la

<sup>106</sup> 11 son especialidades, 59 son grados de licenciatura e ingeniería, 24 maestrías y 5 doctorados, todos extendidos en 24 estados de México.

<sup>107</sup> De los programas identificados en 27 estados de México, tres son especialidades, 68 maestrías y 13 doctorados.

<sup>108</sup> 61 diplomados, 15 cursos y un taller, que son impartidos en 17 estados de México.

producción de artículos como fin, y no como medio para abordar los problemas sociales, energéticos y ambientales en México, cuestión que habría que evitar con los CEMIE.

En otras palabras, los espacios de investigación y desarrollo que podrían proporcionar las semillas para el cambio en el sistema energético (Geels, 2011, 2012), hoy en día podrían estar constriñendo no sólo la alineación de procesos de aprendizaje de la naciente profesionalización en materia energética sino también el aprovechamiento de sus hallazgos para la formulación de políticas públicas.

Consientes de estos problemas algunas instituciones académicas del país están colaborando con sus pares extranjeros y con agencias de desarrollo internacional para abonar en el desarrollo de habilidades especializadas para aumentar las probabilidades de éxito. Nance (2018) destaca el caso del acuerdo suscrito entre la Universidad de Texas en Austin y el Tecnológico de Monterrey cuyo objetivo es facilitar la polinización de conocimiento a través de intercambio de profesores y estudiantes, realización de conferencias, seminarios e investigaciones sobre energía eléctrica, seguridad energética, confiabilidad, sostenibilidad, eficiencia, asequibilidad y buen gobierno para los mercados energéticos. Otro acuerdo interesante es el de la Universidad Estatal de Arizona, la Universidad de California en Berkeley y el Tecnológico de Monterrey para implementar redes altamente confiables mediante dispositivos electrónicos, y en el que participan el CONACYT y la SENER. Este proyecto contempla un plan de investigación sobre la red eléctrica mexicana en el que participan más de 30 estudiantes de posgrado mexicanos sobresalientes y el desarrollo eventual de un laboratorio binacional.

### **3.4. El peso de Estados Unidos en la seguridad energética de México**

Desde la última década del siglo pasado, la estrategia de México para garantizar la seguridad energética se caracteriza por un alineamiento con Estados Unidos al amparo del esquema de integración geopolítico de América del Norte. Derivado de documentos no vinculantes jurídicamente y de encuentros trilaterales, el país comenzó a realizar cambios constitucionales e implementar leyes y reglamentos para adecuar al sistema energético mexicano al estadounidense en aras de una mayor integración. La reforma energética de 2013 formalizó los cambios en el marco regulatorio en la integración con Estados Unidos y consolidó la integración comercial, financiera y productiva cimentada por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) de 1992 y amplió las

dimensiones físicas y estratégicas derivadas de la Alianza para la Seguridad y la Prosperidad de América del Norte (ASPAN) de 2005.

A medida que la regionalización de los recursos energéticos avanzaba, específicamente con Estados Unidos, México renunciaba poco a poco a su autosuficiencia y acrecentaba su dependencia sin considerar alternativas que contrarrestaran un potencial riesgo a la seguridad energética. El boom del petróleo y gas de esquisto en Estados Unidos dio inicio a una abundancia de energía que México aprovechó. La infraestructura transfronteriza se amplió para permitir un flujo masivo y constante de importaciones de productos derivados de petróleo y de gas natural, cuya lógica giró en torno a la cercanía, ventajas técnicas y precios bajos. En contraste, las ventas de crudo mexicano a Estados Unidos han disminuido gradualmente a consecuencia del pico de agotamiento del petróleo, por lo que ya no representan ganancias lucrativas para el erario federal. El intercambio y la cooperación energética se colocaron gradualmente a la cima de la agenda política México-estadounidense.

Nada parecía detener el proceso de integración hasta que Donald Trump ganó las elecciones presidenciales en Estados Unidos. El nuevo presidente estadounidense sobrepuso los intereses de su país sobre los regionales llevando a la relación con México en general a niveles de incertidumbre no vistos hasta entonces y con ello, expuso los riesgos de la seguridad energética de México.

### ***3.4.1. Geopolítica***

Gracias a los descubrimientos petroleros en México en la década de los setenta, el país logró posicionarse en el mercado mundial justo cuando su petróleo resultó rentable para los países importadores que buscaban suministro en regiones fuera de los países de la OPEP. Esta incursión de México en el mercado internacional representó «abandonar políticas derivadas de la expropiación petrolera que llevaron al país al aislamiento, la producción con fines de autoabastecimiento y al uso del petróleo para industrializar al país y mejorar las condiciones de vida de la población» (Rodríguez Padilla, 2018, p. 91).

El panorama energético que dejó la crisis de petróleo de 1973 trajo consigo un renovado interés por parte de Estados Unidos en la relación con México. De acuerdo con Saxe-Fernández (2002), tras una evaluación sobre la importancia del petróleo, personal de seguridad nacional y miembros de sector energético estadounidense alertaron que la gran dependencia del crudo árabe se intensificaría durante los siguientes decenios y que



según los escenarios oficiales las reservas de petróleo y gas natural de México alcanzarían niveles de producción cercanos a los de Arabia Saudita. Por otra parte, el hecho de que México decidiera mantenerse al margen de las tensiones geopolíticas que privaban a nivel internacional, con la Guerra Fría en apogeo, el apoyo estadounidense y de sus aliados a Israel y el uso del petróleo como un arma económica e instrumento de presión hicieron del país un socio perfecto para Estados Unidos. Así, el petróleo mexicano apareció en el radar de seguridad energética de Estados Unidos.

Aunque México tampoco se pronunció sobre las posturas de Washington en materia energética, principalmente sobre un posible alineamiento a la recién creada Agencia Internacional de la Energía para contrarrestar el peso de la OPEP en el mercado energético<sup>109</sup>, sí decidió aprovechar la oportunidad comercial de vender petróleo. México comenzó a abastecer a Estados Unidos y al mercado mundial, pero también asumió como medida de seguridad energética propia que no destinaría a un solo país más del 50 por ciento de sus exportaciones de crudo. No obstante, la caída de los precios del petróleo de principios de los ochenta, la crisis financiera y la «década perdida» llevaron a México a ver a su vecino del norte como el comprador ideal por su cercanía y, en poco tiempo, la mayor parte de las exportaciones mexicanas de petróleo fueron colocadas en el mercado estadounidense. Esto dio inicio a una especie de mercado común que facilitaría la regionalización de los recursos energéticos de México y Estados Unidos, pero desde una perspectiva de la seguridad energética estadounidense.

En los años noventa, eventos internacionales como el colapso de la Unión Soviética, el fin de la Guerra Fría, el derrumbe de las economías planificadas y el ascenso de las políticas de libre mercado lideradas por Estados Unidos y el Reino Unido, así como cambios en la estructura económica en México que sentaron las bases de un modelo económico basado en la apertura del país, facilitaron que México y Estados Unidos llegaran a un acuerdo de libre comercio al que se sumaría Canadá. El 12 de agosto de 1992 se firmó el TLCAN cuya entrada en vigor fue el 1 de enero de 1994.

A partir del TLCAN las exportaciones de petróleo y productos derivados de los tres países estarían libres de aranceles. Sin embargo, debido a restricciones constitucionales, México se reservó la exploración y explotación del petróleo y gas natural, pero aceptó la

<sup>109</sup> En 1974, Estados Unidos y los países importadores de petróleo decidieron establecer la Agencia Internacional de la Energía que fungiría como la coalición internacional de contrapeso a la OPEP. Asimismo, con base en la *Energy Policy and Conservation Act* de 1975, Estados Unidos creó una reserva estratégica de petróleo ante potenciales embargos.

inversión en infraestructura de gasoductos y plantas eléctricas, así como en la generación, importación y exportación de electricidad.

Empujado por la crisis financiera de 1994-1995, el gobierno mexicano liberalizó la industria del gas natural y permitió la propiedad y la operación de gasoductos por parte de empresas extranjeras. Esta medida contribuyó a aumentar la construcción de gasoductos y las importaciones de gas natural, incluso para estas últimas se aceleró la eliminación de aranceles. Podría decirse que, en ese momento, México renunció a la autosuficiencia en materia de gas natural dado que la demanda nacional quedó supeditada al suministro desde Estados Unidos.

Al amparo del Tratado y de las decisiones posteriores que México tomaría en materia de política y seguridad energética, la autosuficiencia quedó sujeta formalmente a un esquema de integración con Estados Unidos y de acuerdo con Dorantes, et. al. (2015) a privilegiar la dependencia de combustibles de alto valor agregado del exterior en lugar de favorecer su producción nacional. Dicha integración que inicialmente sería comercial, financiera y productiva, posteriormente se extendería a los ámbitos de infraestructura física, estratégico y regulatorio.

### ***3.4.2. Integración energética de América del Norte***

Con la llegada del presidente Vicente Fox en el año 2000, México buscó un acercamiento con Estados Unidos que se concretó con el arribo de George W. Bush a la Casa Blanca. Los proyectos en materia de energía de cada mandatario parecían coincidir, pues ambos concebían al vecino como aliado estratégico en la consecución de intereses nacionales. Mientras Fox tenía claro que debía profundizar la integración energética de América del Norte para que el comercio de electricidad e hidrocarburos contribuyeran con el desarrollo económico de México (Presidencia de la República, 30 de mayo de 2001), Bush vinculó a la integración regional directamente con la seguridad energética y la seguridad nacional de Estados Unidos (NEPDG, 2001; The White House, septiembre de 2002).

Durante los primeros días del mandato de Bush se elaboró un informe sobre la situación energética de Estados Unidos, en el que se indicaba que el país estaba en una crisis energética similar a la registrada durante el embargo petrolero de los setenta que ya empezaba a «socavar la economía, el modo de vida de los ciudadanos y la seguridad nacional» (NEPDG, 2001). En dicho informe se recomendaba mejorar la seguridad

energética estadounidense mediante una integración más estrecha con Canadá y México, idea que se incluiría en la Estrategia de Seguridad Nacional adoptada después de los ataques terroristas de 2001 (The White House, septiembre de 2002). Uno de los primeros intentos para aplicar la nueva estrategia con México fue en marzo de 2002, fecha en la que Bush sugirió a Fox suscribir contratos de servicios operativos con Pemex, con el propósito de invertir en exploración y extracción de gas natural en México; si bien dichos contratos fueron aceptados, el primero de ellos se concretó en 2014.

En ese mismo tenor, fue hasta marzo de 2005 cuando los gobiernos de Canadá, Estados Unidos y México firmaron la ASPAN, cuya esencia en materia de energía consistió en fortalecer los mercados energéticos de los tres países a través de inversiones en infraestructura, mejoras tecnológicas, producción y distribución confiable, actualización regulatoria, eficiencia y ahorro energéticos, así como promoción del hidrógeno como fuente energética, energías renovables y tecnologías para la captura y secuestro de carbono (The White House, 2005). Estos elementos trajeron consigo cambios constitucionales y jurídicos en el sector energético mexicano que trascendieron al TLCAN y, dado que a partir de la ASPAN las relaciones bilaterales girarían en torno a la seguridad, en términos operativos se tradujo en un esfuerzo desde Washington por desplegar esquemas de seguridad para «proteger» de ataques terroristas a las instalaciones petroleras, plantas nucleares, eléctricas, petroquímicas, gasificadoras, refinerías y puertos, los cuales, como afirman Vargas y Rodríguez (2006), México tuvo que aceptar y adaptarse. En sí, la ASPAN sentó las bases para cambios regulatorios en México y amplió la relación comercial de energéticos a las esferas física y estratégica<sup>110</sup>.

A partir de la aceptación de que la seguridad energética consistía en un esquema regional y no nacional, la política energética de México se caracterizó por el esfuerzo gubernamental para adaptar al sector energético mexicano al estadounidense en el que se desestimó el riesgo de que la dependencia y la vulnerabilidad externa tenderían a incrementarse. Desde la perspectiva regional, en las decisiones de política energética cobró relevancia la importación de combustibles desde un socio estratégico sin considerar

<sup>110</sup> El modelo de cooperación de la ASPAN se basa en la idea de asegurar los recursos energéticos y se fundamenta en la doctrina de la defensa preventiva aplicada por Estados Unidos en su lucha contra el terrorismo y en el poder suave para persuadir a México sobre intereses comunes. El gobierno estadounidense planteó la idea de crear un «perímetro de seguridad» dirigido por el Comando Norte del Departamento de Defensa y establecer «fronteras inteligentes» en América del Norte. En Fuentes, A. (2003). What Are North America's Smart Borders? *Revista Voices of Mexico*, (62), 14-15. Recuperado de <http://www.revistascisan.unam.mx/Voices/pdfs/6204.pdf>

las asimetrías ni una garantía de que de el vecino no interrumpiría el suministro energético, asimismo cobró cada vez más importancia la necesidad de la organización y regulación del sector de la energía. De hecho, la reforma energética de 2013 formalizó la necesidad de cambiar el marco regulatorio en la integración con Estados Unidos, al tiempo que se consolidaron las dimensiones comercial, financiera y productiva del TLCAN y se ampliaron las esferas física y estratégica de la ASPAN.

El escenario integrador que se venía delineando fue reforzado políticamente en abril de 2014 cuando el CSN de México reconoció las repercusiones geopolíticas de la transición energética que se desarrollaba a nivel mundial y la importancia de la integración de América del Norte para garantizar la seguridad energética de México, toda vez que Estados Unidos y Canadá se perfilaban como líderes en la producción de hidrocarburos -convencionales y no convencionales- (Presidencia de la República, 30 de abril de 2014). De acuerdo con Oswald (2017), para acelerar el proceso se inició un análisis de las regulaciones, normas y leyes existentes en los tres países, que abarcaron los mercados de hidrocarburos, costos de producción, subsidios, estrategias de exportación y temas ambientales para una acción coordinada trilateral.

En este contexto, en noviembre de 2014 se realizó la primera reunión de Ministros de Energía de América del Norte<sup>111</sup> con el propósito de concretar una agenda para impulsar una visión estratégica en el sector energético regional, intercambiar datos y estadísticas públicas y crear infraestructura segura y moderna para la región. Para la consecución de estos tres grandes objetivos en diciembre de ese mismo año se firmó del Memorandum de Entendimiento de Cooperación de América del Norte en Información Energética que, aunque se limitó a la información pública disponible, dio pie al establecimiento de un sitio web trilateral que constató el esfuerzo por armonizar términos, conceptos y definiciones del sector energético de los tres países. Asimismo, se acordó la creación de un Grupo de Trabajo de Ministros de Energía sobre Cambio Climático y Energía; el impulso a la formación de capital humano a través del intercambio de personal y eventos

<sup>111</sup> En 2013 la ASPAN pasó a llamarse Diálogo Económico de Alto Nivel (DEAN) y como a los grupos sectoriales de trabajo se les denominó Reuniones de Ministros. En julio de 2016 el DEAN celebró su tercera y última reunión en Washington; no obstante, a la fecha las Reuniones de Ministros continúan celebrándose. Entre los temas de mayor relevancia del DEAN se encontraban la energía, las fronteras, el desarrollo de la fuerza laboral, el empresarial y la innovación; así como la cooperación regulatoria y el liderazgo regional y global. Dichos asuntos se abordaban de una forma más ejecutiva durante las Cumbres de Líderes de América del Norte que también surgieron de la ASPAN en 2005. De la Cumbre de Líderes de 2014, surgió la Ministerial de Energía de América del Norte con en propósito analizar oportunidades de colaboración.

técnicos; así como el mapeo de la infraestructura de oleoductos, líneas de transmisión centrales eléctricas, refinerías y pozos de petróleo y gas natural.

Cuando la reforma energética comenzó a implementarse en México, la integración energética con Estados Unidos ya había adquirido dimensiones significativas. La interconexión transfronteriza es relevante pues buena parte de la infraestructura en la frontera obedeció al programa para la construcción de gasoductos lanzado por el gobierno mexicano a raíz de las alertas críticas de gas natural padecidas en 2012 y 2013. La reforma energética legitimó dicho programa y su ampliación. Hacia 2018 ambos países lograron conformar una red de 79 interconexiones transfronterizas para el comercio de petróleo, productos refinados, gas natural y electricidad (Tabla 21).

Tabla 21. Interconexiones transfronterizas para comercio de energía en América del Norte

<b>Rubro/Flujo</b>	<b>Mx a EUA</b>	<b>EUA a Mx</b>	<b>Ca a EUA</b>	<b>EUA a Ca</b>	<b>Total</b>
Electricidad	13	12	28	29	82
Gas Natural	20	24	42	17	99
Petróleo y productos refinados	0	10	19	23	52
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>46</b>	<b>89</b>	<b>69</b>	<b>233</b>

Elaboración propia. Fuente: CANIE (2017); SENER (2019a)

A través de la infraestructura transfronteriza, aunada a la terrestre y marítima, en 2018 México y Estados Unidos llegaron a intercambiar un volumen cercano a los 1.900 mil barriles diarios de petróleo y derivados, así como 2.090 mil millones de pies cúbicos de gas natural que, conjuntamente, equivalieron a 47 mil millones de dólares (U.S. EIA, 22 de abril de 2019; 2020a; 2020c; 2020e).

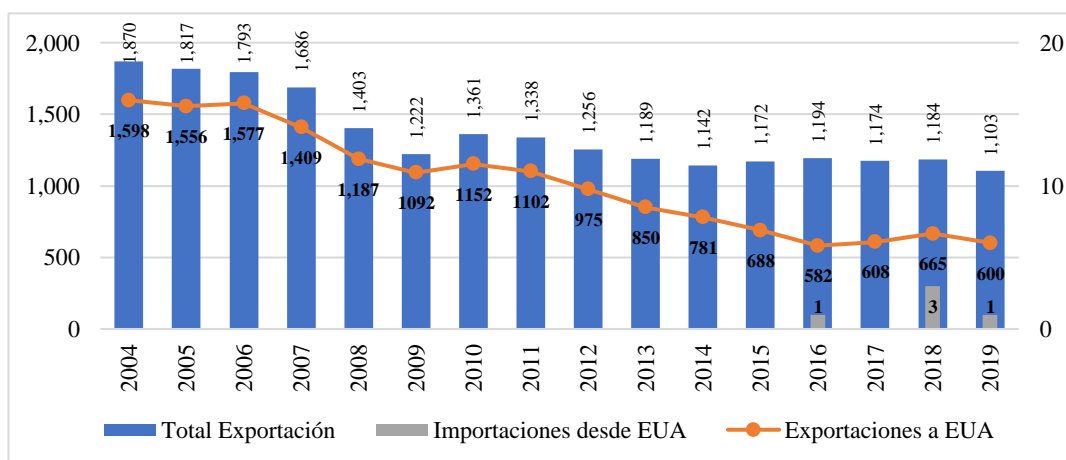
En la cotidianidad, México suministra petróleo y Estados Unidos provee productos refinados y gas natural, pero el comercio de electricidad aún es reducido. Sin embargo, en el caso de México el intercambio comercial tiende a una disminución gradual de las exportaciones de crudo y a un aumento de las importaciones de gas natural y derivados de petróleo. Por otra parte, la extracción masiva de petróleo de esquisto en Estados Unidos ha llevado al país a colocarse como uno de los principales productores y exportadores de petróleo del mundo y, en consecuencia, a reducir su dependencia del crudo mexicano.

## Petróleo

La historia muestra que una vez alcanzado el pico de agotamiento de petróleo las reservas y la producción tienden a caer irremediamente, lo cual no es diferente para México. Es indudable que la producción mexicana de crudo tocó su punto máximo en 2004. De acuerdo con Pemex (2019a), en 2019 las reservas probadas en México ascendieron a 5,333 mil millones de barriles y la extracción de crudo del país alcanzó sólo 1.678 mil barriles diarios, que representan poco menos de la mitad de lo registrado en 2004. La consecuencia directa del declive de las reservas y la producción petrolera del país fue la caída gradual de los niveles de exportación. En 2019 México exportó 1.103 mil barriles diarios de crudo, de los cuales 59 por ciento fue destinado a Estados Unidos.

De la firma de la ASPAN en 2005 a 2019 las exportaciones de petróleo de México a Estados Unidos descendieron un total de 61 por ciento. Incluso desde la reforma energética de 2013 los montos colocados en el mercado estadounidense sólo han alcanzado cifras de tres dígitos; mientras que en 2005 México exportó a Estados Unidos 1.556 mil barriles diarios de petróleo, en 2019 la exportación redujo a 600 mil barriles diarios. Por otra parte, en los últimos años México ha recurrido a la importación de crudo desde Estados Unidos, si bien las cantidades son reducidas y puntuales, su importancia radica en el objetivo por el que se realizaron; solventar los desabastos de gasolina provocados por las compras de pánico de 2016 y la lucha contra el robo de combustible en 2019, y para compensar la caída del 50 por ciento de la producción del campo Xanab, Tabasco, entre julio y octubre de 2018 (Gráfica 45).

Gráfica 45. Intercambio de petróleo México-Estados Unidos (mbd)



Elaboración propia. Fuente: Pemex (2020a); SENER (2020); U.S. EIA (2020a; 2020c; marzo 2020).

Respecto a Estados Unidos, consciente del pico de agotamiento del petróleo a nivel mundial, el presidente Barak Obama comenzó a promover incentivos y créditos para la extracción de petróleo de esquisto en áreas que eran inaccesibles técnicamente, con lo que se dio origen a una «revolución de esquisto» en el país. El fuerte impuso a esta industria llevó a su rápido crecimiento, a fomentar su adaptabilidad a las fluctuaciones de precios a corto plazo y la flexibilidad de las pequeñas empresas, características que han contribuido a que se haya constituido como un actor importante en el mercado petrolero, a la par de los miembros de la OPEP y de los mayores productores independientes del petróleo. En 2015, Obama dio un paso más al abolir las restricciones a la exportación de crudo que habían privado desde el embargo petrolero de los años setenta y marcó el comienzo de una abundancia en el mercado internacional del petróleo.

En 2017, con la llegada de Donald Trump a la Casa Blanca la política energética estadounidense dio un giro cuando el presidente acuñó el término «dominio de la energía», que implicaba no sólo el dominio sino también la independencia energética de Estados Unidos. Los estímulos a la industria de esquisto se potencializaron y en muy poco tiempo el país logró colocarse como uno de los mayores productores y exportadores de petróleo del mundo. Incluso, en 2018, la AIE (5 de marzo de 2018) señaló que Estados Unidos podría tener la capacidad para cubrir el 80 por ciento de la demanda mundial de petróleo en los próximos tres años y que la producción de crudo estadounidense podría alcanzar un record de 17 millones de barriles por día hacia 2023.

Si bien muchos análisis señalan que Estados Unidos está en condiciones de alcanzar su autosuficiencia energética, el hecho de ser productor y exportador de petróleo, como bien ejemplifica México, no significa ser independiente. En el caso de Estados Unidos significa que el país cambió la forma en la que interactúa en el mercado global de energía. Por ejemplo, los estadounidenses exportan petróleo ligero, pero importan petróleo pesado para procesarlo, pues el país cuenta con alrededor del 20 por ciento de los complejos de refinación del mundo para la transformación del crudo pesado. En cambio, los saudíes y rusos exportan petróleo pesado en grandes cantidades, pero su capacidad de refinación es baja comparada con la estadounidense (Fuentes, 5 de marzo de 2019).

Justo estas características explican en parte el porqué México envía la mayoría de su petróleo a Estados Unidos. La cercanía de las refinerías en la Costa del Golfo de

México<sup>112</sup> capaces de procesar el crudo pesado que predomina en la producción mexicana ha sido una situación cómoda para el gobierno mexicano, circunstancia que además es alentada por la profunda integración con el mercado estadounidense.

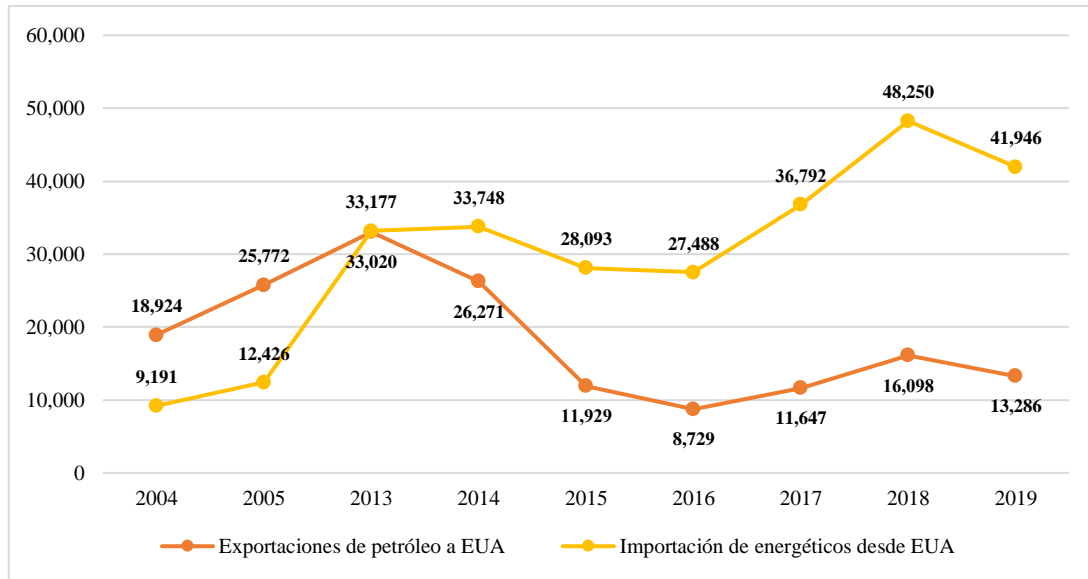
A pesar de que Estados Unidos se ha convertido en productor y exportador de petróleo de esquisto continúa importando grandes cantidades de crudo. Prácticamente Canadá se consolidó como el principal abastecedor de petróleo del mercado estadounidense, tan sólo en 2019 el petróleo canadiense constituyó el 48 por ciento del total de las importaciones de Estados Unidos, dejando muy atrás el 7 por ciento de la contribución mexicana.

Ahora Estados Unidos depende menos del crudo mexicano, pero México continúa dependiendo de los ingresos provenientes de la exportación de petróleo a Estados Unidos. Hasta el 2014 el valor de las ventas petroleras de México había sido el factor de más peso en el comercio con Estados Unidos, incluso superaban el valor de las importaciones de petrolíferos desde Estados Unidos. No obstante, las circunstancias cambiaron en parte por la caída del precio del petróleo en 2015. A partir de entonces, las exportaciones mexicanas de crudo hacia Estados Unidos comenzaron a ser desplazadas por las importaciones. En 2019 el valor de las importaciones desde Estados Unidos triplicó al de las exportaciones de crudo de México, estas últimas alcanzaron un valor de 13.286 millones de dólares, mientras que las importaciones de energéticos, incluidos los derivados de petróleo y el gas natural, llegaron a los 41.946 millones de dólares (Gráfica 46). El tema de las rentas petroleras es significativo ya que buena parte de éstas son destinadas para financiar las importaciones de energía.

<sup>112</sup> Los estados de la Unión Americana que comprenden la región de la Costa del Golfo de México son Alabama, Florida, Louisiana, Mississippi y Texas.



Gráfica 46. Valor del comercio con Estados Unidos (mmd)

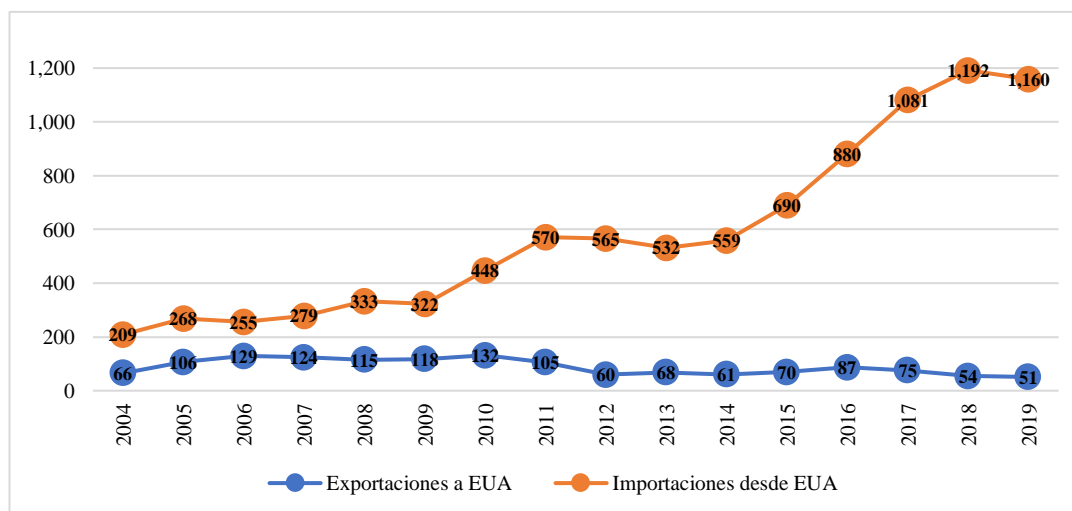


Elaboración propia. Fuente: Banco de México (2020); INEGI (2015; 2020a; 2020b); Pemex (2020a); SENER (2020)

## Derivados de petróleo

Desde la firma de la ASPAN en 2005 las exportaciones de México de bienes refinados redujeron un total de 52 por ciento y sólo alcanzaron un promedio de 51 mil barriles diarios en 2019, en su mayoría combustóleo y naftas. Por otra parte, el continuo crecimiento de las importaciones, especialmente desde 2010, llevó a que las compras de productos petroleros se cuadruplicaran; mientras en 2005 México le compró a Estados Unidos 268 mil barriles diarios de derivados de petróleo, la cifra ascendió a 1.160 mil barriles diarios en 2019 (Gráfica 47). Pero la dependencia de México es especialmente grande en el abastecimiento de gasolina, diésel, gas LP y turbosina (Tabla 22).

Gráfica 47. Intercambio de derivados de petróleo (mbd)



Elaboración propia. Fuente: U.S. EIA (2020a; 2020c)

Respecto a la gasolina, de los 800 mil barriles diarios que se consumieron en México durante 2019, el 75 por ciento fue importado (607 mil barriles diarios) y del total de dichas importaciones el 78 por ciento (464 mil barriles diarios) provino de Estados Unidos. Aunque las importaciones mexicanas de gasolina se han incrementado, un porcentaje cada vez más mayor llega desde Estados Unidos y México es el principal destino de las exportaciones estadounidenses de gasolina, con los años el mercado mexicano ha representado una contribución menor en el total de las exportaciones estadounidenses. Mientras en 2005 México fue el destino del 81 por ciento del total de las exportaciones de gasolina de Estados Unidos, en 2019 la proporción fue del 56 por ciento.

En el caso del diésel, la demanda mexicana ascendió a 360 mil barriles diarios en 2019, de los cuales el 80 por ciento (287 mil barriles diarios) fue suministrado desde Estados Unidos, esta cantidad representó la cuarta parte de las ventas estadounidenses de diésel al exterior. Por otro lado, el 98 por ciento de los 151 mil barriles diarios de gas LP que en promedio se consumieron en México durante 2019 fue abastecido por Estados Unidos. Finalmente, 57 mil de los 87 mil barriles diarios de turbosina que se utilizaron en México en 2019 fueron comprados al vecino del norte.

Si bien la integración ha facilitado el comercio de productos derivados de petróleo entre México y Estados Unidos, el intercambio asimétrico inicial se ha acentuado

progresivamente. En el caso de México, la subutilización del sistema de refino y su incapacidad técnica para procesar los crudos pesados de la producción nacional<sup>113</sup> ha llevado al país a acrecentar sus importaciones de productos petroleros aprovechando las ventajas arancelarias de la integración, pero a costa de desarrollar la capacidad para abastecer el mercado interno con un fuerte contenido nacional. En el caso de Estados Unidos, algunas refinerías estadounidenses ubicadas en la Costa del Golfo de México han capitalizado la situación mexicana para acceder al crudo pesado de México, procesarlo y enviarlo de regreso transformado en productos petroleros. Esta situación gradualmente convirtió a Estados Unidos en el abastecedor de derivados de petróleo de México.

Tabla 22. Demanda mexicana de petrolíferos cubierta por Estados Unidos (mbd)

	Gasolina		Diésel		Combustóleo		Gas LP		Turbosina	
	Demanda en Mx	Compra a EUA	Demanda en Mx	Compra a EUA	Demanda en Mx	Compra a EUA	Demanda en Mx	Compra a EUA	Demanda en Mx	Compra a EUA
2004	637	112	303	3	332	18	328	85	58	0
2005	673	169	320	21	341	26	313	73	59	0
2006	719	204	345	41	264	14	305	76	61	0
2007	762	308	358	53	257	17	300	83	68	3
2008	793	340	382	68	220	33	291	89	65	5
2009	793	329	359	48	209	39	281	80	55	1
2010	803	379	371	108	185	11	288	79	56	4
2011	799	405	384	136	201	25	285	82	56	1
2012	803	395	400	134	214	45	285	86	59	3
2013	787	358	392	107	190	31	283	79	62	3
2014	776	370	389	133	122	13	281	85	67	12
2015	794	427	385	145	111	17	277	105	71	23
2016	823	505	387	188	118	27	201	121	76	33
2017	799	573	385	257	140	39	170	148	82	43
2018	787	621	387	296	126	37	164	164	86	56
2019	800	607	360	262	108	43	151	185	87	58

Elaboración propia. Fuente: SENER (2019c; 2020); U.S. EIA (2020c).

## Gas natural

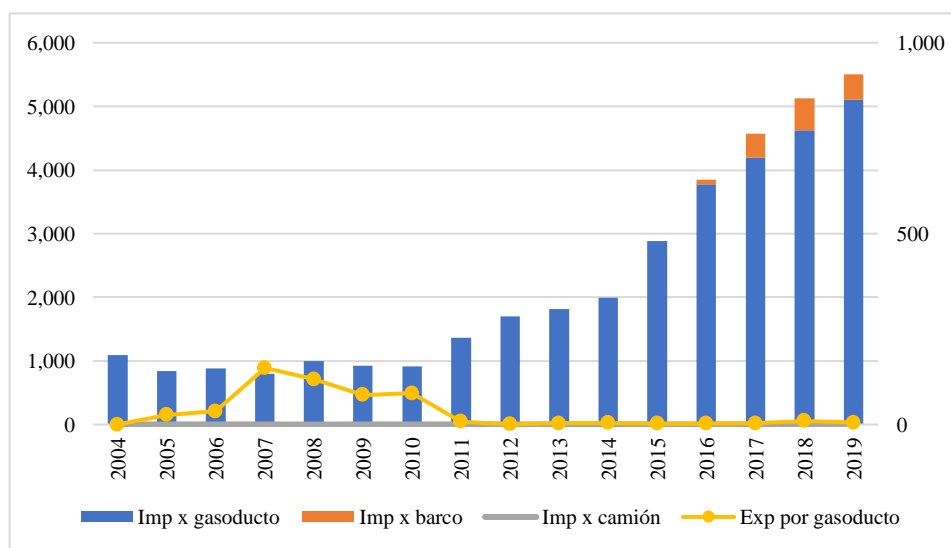
La cercanía, los bajos precios y la abundancia de gas natural que ofrece la vecindad con Estados Unidos representó una ventaja que México capitalizó con la construcción de gasoductos para la importación. Del lado de Estados Unidos, el auge del gas de esquisto que empezó durante la administración de Barack Obama fue aprovechado por los

<sup>113</sup> La caída en la producción de petróleo ligero en México, utilizado para alimentar las refinerías mexicanas, denotó la idea de plantear el intercambio de crudo pesado por ligero con Estados Unidos en 2015.

productores estadounidenses que vieron al mercado mexicano ideal por la facilidad que brindaba la expansión de infraestructura transfronteriza. Prácticamente en el lapso de siete años Estados Unidos se convirtió en un exportador neto de gas natural y México en su principal comprador.

La combinación de la caída de la producción, el aumento del consumo y las alertas críticas de gas natural llevó a México a implementar un programa para la ampliación y redirección de los puntos de interconexión transfronteriza con Estados Unidos. Entre 2012 y 2019 la infraestructura para la internación de gas natural pasó de 16 a 24 gasoductos y la capacidad de importación de 2.758 mmpcd a 11.823 mmpcd (SENER, 2019a). A través de estas interconexiones se realiza prácticamente todo el intercambio bilateral de gas natural, de hecho, del total de 5.505 mmpcd de gas importado por México desde Estados Unidos en 2019, 5.110 mmpcd ingresaron vía gasoducto y el resto por barco y camión (Gráfica 48).

Gráfica 48. Intercambio de gas natural México-Estados Unidos (mmpcd)



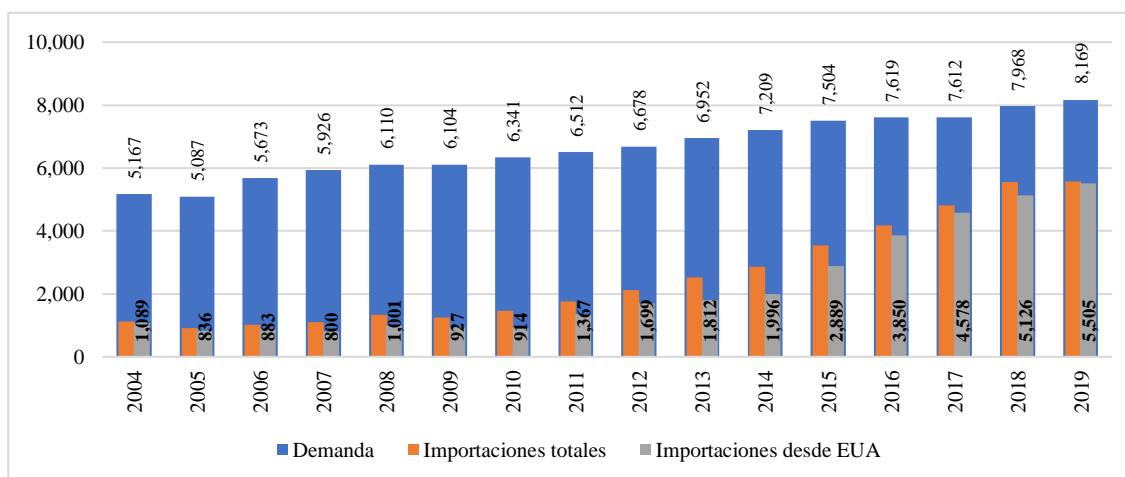
Elaboración propia. Fuente: U.S. EIA (2020e; 2020f).

A simple vista podría decirse que el comercio de gas natural entre ambos países fomentó una interdependencia, no obstante, para Estados Unidos la dependencia podría durar mientras supera las limitaciones para exportar su gas natural a otras latitudes. Pese a las restricciones actuales en el transporte y a que pasarán algunos años antes de que Estados Unidos pueda exportar el volumen que comercializa con México a través de las

interconexiones transfronterizas (Rodríguez Padilla, 2018), los estadounidenses comenzaron a enviar gas LP a países como Corea del Sur, Japón, España, Francia y Reino Unidos. Esto gradualmente ha llevado a que el mercado mexicano pierda su peso relativo en las exportaciones de Estados Unidos; mientras que en 2016 las ventas de gas natural a México representaron el 60 por ciento del total de las exportaciones estadounidenses, en 2019 representaron el 43 por ciento.

Para México, el gas natural importado representa una profunda dependencia que difícilmente puede revertirse, pues además de que resultaría costoso, la caída de la producción y los márgenes de reservas probadas de ese hidrocarburo resultan insuficientes para abastecer el creciente consumo nacional. En este sentido, el esfuerzo gubernamental en la construcción de gasoductos para importar gas natural desde Estados Unidos tiene lógica, pero esto lleva a considerar que la tendencia en el aumento del consumo representará una mayor dependencia de Estados Unidos. En 2019, el 99 por ciento del total de las importaciones mexicanas de gas natural provinieron de Estados Unidos, mismas que cubrieron el 67 por cierto de la demanda mexicana (Gráfica 49).

Gráfica 49. Importaciones desde Estados Unidos para cubrir el consumo de gas natural en México (mmpcd)



Elaboración propia. Fuente: SENER (2020); U.S. EIA (2020e).

La dependencia del gas natural estadounidense muestra claramente los riesgos a la seguridad energética mexicana, así como su posible impacto en los ámbitos económico y político. Decisiones políticas en Estados Unidos que privilegien el abastecimiento interno en lugar de la exportación a México, el incremento de precios en el mercado

estadounidense o bien, presiones políticas, hacen pensar en una potencial interrupción del suministro cuya mayoría ingresa por puntos fijos en la frontera.

Con la llegada de Donald Trump a la presidencia, el Consejo Mexicano de Asuntos Internacionales (2017) descartó un escenario en el que Estados Unidos interrumpiera el suministro de gas natural a México aludiendo que Washington no controla a los productores de gas y que el presidente requeriría apoyo del Congreso para aplicar sanciones y bloquear exportaciones. No obstante, puede citarse como antecedente la orden de la Casa Blanca de suspender el abastecimiento de gas natural al estado de Baja California, México, argumentando cuestiones de seguridad nacional a causa de la crisis eléctrica en California durante el 2000.

En relación con los precios de gas natural, si bien éstos ahora dependen en parte de la demanda mexicana, Bordoff y Boersma (6 de febrero de 2017) imaginan un escenario en el que «la combinación de factores climáticos, técnicos o de aprovisionamiento provocan un pico en los precios de gas natural en Estados Unidos». En tal situación, señalan los autores, no sería inimaginable escuchar cuestionamientos de porqué enviar recursos escasos a otros países si «América es primero».

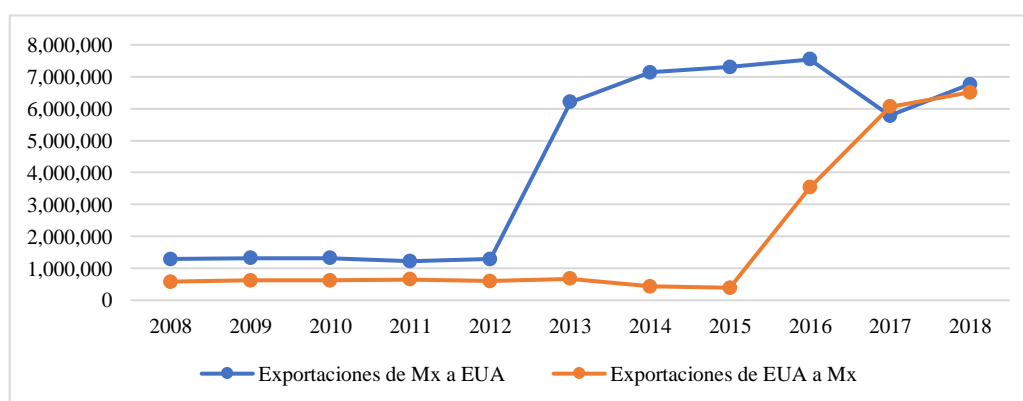
Los riesgos sobre la seguridad energética respecto al abastecimiento de gas natural desde Estados Unidos no se vislumbraban con los presidentes estadounidenses previos a Donald Trump, la llegada de este último trastocó la relación bilateral. La amenaza de terminar con el TLCAN o renegociarlo es una consecuencia directa de la vulnerabilidad de México en materia de gas natural (Bordoff & Boersma, 6 de febrero de 2017; Rodríguez Padilla, 2018), así como en todo el sector energético.

Aunque para México es difícil sustituir el volumen de gas natural proveniente de Estados Unidos, una alternativa a largo plazo es acelerar el uso de energéticos renovables para inducir la reducción del consumo de ese hidrocarburo; en el medio plazo es diversificar las fuentes de suministro y optar por gas LP que, si bien es más caro, su estado físico permite manejar volúmenes más grandes de almacenamiento. Ambas, son opciones para reducir riesgos en los sectores más demandantes de gas natural en México; el sector industrial y la generación de electricidad.

## Electricidad

Actualmente el intercambio de energía eléctrica entre México y Estados Unidos aún es reducido y se concentra en la frontera entre ambos países. Hasta 2016 las exportaciones mexicanas superaban por mucho al volumen importado de electricidad, pero ese mismo año las exportaciones estadounidenses se multiplicaron por nueve y de 2017 a la fecha el comercio bilateral se amplió y es más equitativo (Gráfica 50).

Gráfica 50. Intercambio de electricidad México-Estados Unidos (MWh)



Elaboración propia. Fuente: U.S. EIA (2020d).

La dinámica en el comercio de electricidad que se observa en los últimos años obedece principalmente a la agenda del sector energético regional que se empezó a diseñarse al amparo de la primera reunión de Ministros de Energía de América del Norte en 2014. Lo que comenzó como un mero intercambio de información estadística y de infraestructura en 2014, se extendió a la supervisión para la compra-venta al por mayor del mercado energético a raíz de la firma del Memorandum de Entendimiento entre la CRE de México y la Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC por sus siglas en inglés) de Estados Unidos en junio de 2015. Durante el tercer encuentro del Diálogo Económico de Alto Nivel entre Estados Unidos y México en 2016, se añadieron temas a la cooperación para impulsar proyectos de transmisión eléctrica transfronteriza, uso de energía renovable, planificación de sistemas, redes inteligentes y grupos empresariales, actividades que se desplegarían al amparo del recién creado Consejo de Negocios de Energía México-Estados Unidos y del Consejo de Alto Nivel para la Cooperación Regulatoria (SRE, 25 de febrero de 2016). Así, con el propósito de asegurar la integración, México y Estados Unidos acordaron el control de las fronteras para impulsar proyectos públicos y privados

de infraestructura con una extensión de hasta 300 kilómetros desde la línea fronteriza hacia el territorio mexicano y de hasta 100 kilómetros del lado estadounidense, proyectos que serían apoyados desde el Banco de Desarrollo de América del Norte (NADBank por sus siglas en inglés)<sup>114</sup>.

Hoy en día México y Estados Unidos comparten 25 interconexiones transfronterizas para comercializar energía eléctrica, no obstante, el grueso del intercambio se da a través de los puntos ubicados entre los estados de Baja California y California. La mayor parte de electricidad que México provee a Estados Unidos se genera en un parque eólico propiedad de la empresa estadounidense Sempra Energy en Baja California y en el caso de Estados Unidos, una porción de la red de Baja California está conectada a la red eléctrica Oeste de Estados Unidos (Western Electricity Coordinating Council -WECC); ambos sistemas eléctricos son asincrónicos por lo que el intercambio ocurre cuando las unidades generadoras funcionan de forma independiente de la red local. Asimismo, las interconexiones de Tijuana-Miguel y La Rosita-Valle Imperial son dos puntos importantes de transmisión eléctrica de 230 KW que conectan al Operador Independiente de Sistemas de California (CAISO por sus siglas en inglés) con Baja California, son sincrónicos y permanentes y permiten una capacidad de transmisión de 800 MW.

De lado de Texas, el intercambio eléctrico se realiza en su mayoría a través del Consejo de Confiabilidad Eléctrica de Texas (ERCOT por sus siglas en inglés). Si bien el estado de Texas comparte la mayor frontera con México al colindar con los estados mexicanos de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y Chihuahua, únicamente cuenta con siete interconexiones transfronterizas que lo unen a la red eléctrica mexicana, pero éstas al ser asincrónicas, han fomentado que prácticamente todos los intercambios de electricidad respondan a casos de emergencia, al menos hasta el momento.

Como se mencionó, con la reforma energética de 2013 se formalizó la necesidad de cambiar el marco regulatorio en la integración con Estados Unidos, pero son precisamente las diferencias entre los enfoques regionales de «integración» en materia eléctrica los que han llevado a un reducido intercambio comercial, sin embargo, el comercio de electricidad es el que más beneficios podría tener en México en términos de seguridad energética a largo plazo. Desde el punto de vista empresarial, Vargas (2019) afirma que es necesario profundizar la armonización regulatoria para obtener mayores ventajas y que

<sup>114</sup> El NADBank fue establecido por México y Estados Unidos al amparo del TLCAN para financiar proyectos ecológicos en la frontera entre ambos países.



«para algunos, la definición de integración no es distinta a la de armonización regulatoria y abarca desde el intercambio de información hasta cambios en las políticas de cada país con el objetivo de alinearlas» (p. 94). En este sentido, vale la pena mencionar las instituciones reguladoras de energía de Estados Unidos y México.

Estados Unidos cuenta con la FERC y la Corporación de Confiabilidad Eléctrica de América del Norte (NERC por sus siglas en inglés). Uno de los principales objetivos de la FERC es que las empresas extranjeras que buscan posicionarse en el mercado estadounidense cumplan con las normas del país y tengan acceso justo al mercado de transmisión. Por su parte, la NERC, bajo la supervisión de la FERC y del gobierno canadiense, debe garantizar la confiabilidad y seguridad del sistema de energía en la región por lo que su rol se centra en la regulación y el establecimiento de estándares de confiabilidad para los mercados de electricidad transfronterizos.

En México están el CENACE y la CRE. El CENACE funge como un Operador Independiente del Sistema (ISO por sus siglas en inglés) similar al de Estados Unidos y es responsable del control operativo del sistema eléctrico y de la operación del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), y garantiza que haya un acceso no discriminatorio y abierto al sistema de transmisión y distribución. La CRE es el principal regulador, establece los estándares de confiabilidad, implementa la Ley de la Industria Eléctrica y supervisa la operatividad de la generación de emisiones y acuerdos de interconexión.

Con la reforma energética en México, las actividades de transmisión y distribución de electricidad se hicieron atractivas para los inversionistas estadounidenses ya que se creó el MEM, que permite la participación privada y el acceso abierto al mercado mexicano con normas similares a las establecidas por la FERC, como los ISO. Sin embargo, México aún no cumple con los estándares de confiabilidad y de seguridad de la NERC. Aún así, dado que la ley permite al CENACE celebrar contratos y coordinar operaciones con terceros, es posible comercializar electricidad, ejemplo de ello es el intercambio que realizan Baja California y California, pero dicho comercio lo realizan el CAISO y la empresa estadounidense Sempra Energy, que ya cumplen las normas del FERC y los estándares de confiabilidad y seguridad del NERC.

Si bien es cierto que cualquier cambio de regulaciones y estándares en Estados Unidos impactará en México, y a pesar de las críticas de corte nacionalista, el país ya comenzó a adecuar su marco regulatorio para cumplir los estándares de la NERC. Lo anterior cobra relevancia pues la política de energía renovable de California constituye una ventana de

oportunidad no sólo para ampliar el intercambio de electricidad con Baja California, también para incrementar el uso de renovables en la matriz eléctrica mexicana en esa región a la luz a de un mercado integrado.

### **Energías renovables**

Aunque Estados Unidos y México han cooperado en proyectos de energía geotérmica desde los años setenta, la posibilidad de ampliar la colaboración oficial para producir fuentes de energía renovables se dio con los entonces presidentes Barack Obama y Felipe Calderón Hinojosa en 2009. Ambos mandatarios anunciaron el «Marco Bilateral sobre Energía Limpia y Cambio Climático» con el propósito de desarrollar proyectos para producir energía renovable, combatir el cambio climático y fortalecer la confiabilidad de las redes eléctricas transfronterizas. De acuerdo con el Servicio de Investigación del Congreso (CRS por sus siglas en inglés) a partir de este esquema bilateral comenzaron a financiarse proyectos de energía eólica y solar través del NADBank y la USAID, cuya inversión conjunta alcanzó los 747 millones de dólares al 2011 (CRS, 28 de septiembre de 2015).

Derivado de la certeza jurídica que podría brindar la implementación de la reforma energética de 2013 en México, el Departamento de Comercio de Estados Unidos recomendó a sus empresarios del subsector de las energías renovables invertir en México ya que, de acuerdo con las estimaciones, los equipos y servicios exportables de esta joven industria se dispararía a 27.164 millones de dólares en 2020, una cantidad 12 veces mayor al tamaño del mercado en 2012; y las de importaciones mexicanas aumentaría 23 veces en los siguientes siete años, disparándose hasta 17.371 millones de dólares (Morales, 21 de enero de 2014; Mejía-Rodríguez, 2016).

La colaboración bilateral y el interés estadounidense en materia de energía renovables sería retomados posteriormente en dos documentos trilaterales: 1) el Memorándum de Entendimiento de Cooperación sobre Cambio Climático y Energía firmado en febrero de 2016 y 2) la Declaración de Líderes de América del Norte sobre la Alianza del Clima, Energía Limpia y Medio Ambiente emitida en junio de 2016<sup>115</sup>. Ambos instrumentos, si

<sup>115</sup> El Memorándum se firmó durante la segunda Reunión de Ministros de Energía de América del Norte celebrada el 12 de febrero de 2016 y su plan de acción se concretó el 24 de febrero de 2016. La Declaración se emitió durante la décima y última Cumbre de América del Norte el 29 de junio de 2016. En SENER (12 de febrero de 2016; 24 de febrero de 2016; 29 de junio de 2016).

bien más políticos que jurídicos, sitúan a la integración energética regional sobre la base de la transición baja en carbono; giran en torno a la eficiencia de las redes eléctricas, la promoción de tecnologías limpias e innovación en el sector energético, y la voluntad de crear normas comunes para controlar las emisiones de carbono que conduzcan a políticas efectivas en la lucha contra el cambio climático.

Dichos documentos plantean liderar la implementación del Acuerdo de París y alcanzar el 50 por ciento de la generación de electricidad limpia hacia el año 2025. De la mano de la industria automotriz, se considera acelerar el despliegue de vehículos limpios y aumentar la infraestructura de reabastecimiento; así como reducir las emisiones de GEI de vehículos ligeros y pesados mediante la alineación de normas para la eficiencia del combustible en 2025 y 2027, respectivamente. Asimismo, se contempla analizar las oportunidades e impactos de aumentar la energía renovable en la red eléctrica; colaborar en proyectos de transmisión transfronteriza y para aumentar la confiabilidad eléctrica para fortalecer la seguridad y resiliencia de una red regional.

Si bien ambiciosos, los objetivos de energía en el marco de los compromisos trilaterales representan seguridad energética y de inversión para México, especialmente para las fuentes renovables. Hasta 2016 la transición energética a la que se comprometieron México, Canadá y Estados Unidos guarda poca relación con las políticas ambiental y de «dominio de la energía» promovidas por el presidente Donald Trump, pero como señala Rodríguez Padilla (2018); «la integración como mecanismo para garantizar la seguridad energética regional y la de los participantes no ha sido descartada, pero caminaría sobre bases diferentes» (p. 97).

En el caso de México, aunque la transición energética está en una etapa temprana, los cambios jurídicos e institucionales derivados de la reforma energética, así como los instrumentos y políticas para la transición baja en carbono<sup>116</sup> que el gobierno mexicano está utilizando para fomentar la expansión de energías renovables brindan oportunidades para que las empresas estadounidenses exporten tecnología, experiencia y capital para el desarrollo de proyectos en México.

En este contexto, un importante proyecto de interconexión es el de Baja California con el Sistema Interconectado Nacional (SIN) de México en el que se considera unir el punto

<sup>116</sup> Los principales son la Estrategia Nacional de Cambio Climático y la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnología y Combustibles más Limpios.

Seri, Hermosillo, en el estado de Sonora, con el punto Cucapah, Mexicali en Baja California, con una capacidad de diseño de 1.500 MW (SENER, 2018d). Este proyecto es atractivo para los estadounidenses en California, ya que en 2017 este estado rebasó su meta de incorporar el 33 por ciento de energías renovables en la generación de electricidad y se autoimpuso que para 2024 su oferta eléctrica se integraría por el 44 por ciento de energías renovables (Weaver, 25 de febrero de 2019). Debido a los logros de California y para evitar sobrecargas en sus líneas de transmisión, el estado envía electricidad a Arizona y analiza invertir en el proyecto mexicano de conectar a Baja California con el SIN para incrementar los intercambios de electricidad con México, a través de sus excedentes en la producción eléctrica con fuentes renovables, al tiempo que espera aumentar la confiabilidad y seguridad de su sistema de transmisión. Del lado mexicano, cabe destacar que la falta de interconexión entre el sistema eléctrico de Baja California con el resto del territorio constituye una de las actuales vulnerabilidades del sistema de electricidad del país, por lo que el proyecto de interconexión y las necesidades de California parecen alinearse al objetivo integracionista regional, que se refuerza con la facultad del CENACE para operar y coordinar actividades con entes extrajeras que cumplan con las normas ISO de la FERC, pero más importante podría solventar parcialmente una de las debilidades de la seguridad energética de México.

Si se toma en cuenta que el 61 por ciento de la electricidad producida en México es con gas natural y que el 99 por ciento de las importaciones de este combustible proviene de Estados Unidos, el gobierno mexicano tendrá que considerar la forma de dar un giro a la creciente dependencia del suministro de gas natural teniendo presente la necesidad de combatir las transformaciones ambientales. Aunque es preferible que la generación de electricidad en México tenga un componente nacional mayor, para reducir los riesgos a la seguridad energética es necesario diversificar las fuentes energéticas, rutas de acceso y suministradores. La importación de energía eléctrica limpia desde Estados Unidos y la inversión en infraestructura para su transmisión en México, aunque cambiaría el patrón de dependencia, permitirá romper gradualmente la inercia que hasta hoy tienen las compras al exterior de gas natural y la de invertir en gasoductos de importación, pero también propiciará un mayor aprovechamiento del potencial renovable del país.

### ***3.4.3. Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC)***

El ascenso de Donald Trump a la presidencia de Estados Unidos cambió radicalmente el contexto político prevaleciente durante los mandatos de George W. Bush y Barack Obama. Tanto en la campaña hacia la Casa Blanca como en la víspera de la toma de posesión de Trump, entre los asuntos que figuraban en la nueva agenda con México estaba la renegociación del TLCAN para reducir el déficit comercial de Estados Unidos frente a México y Canadá, readecuar las reglas de origen, las condiciones laborales y el mecanismo de solución de controversias, temas sobre los cuales de no llegar a acuerdos en favor del lado estadounidense el nuevo presidente amenazaba con cancelar el Tratado.

Consciente de que la integración energética en América del Norte avanzó con sus antecesores y del alineamiento de México con Estados Unidos para salvaguardar la seguridad energética regional, la retórica del presidente Trump contra México no incluía al tema energético de forma explícita. No obstante, la renegociación o la cancelación del TLCAN implicaba trastocar la dinámica energética en la que lejos de existir discrepancias coinciden intereses, incluso, si bien asimétrica, existe una interdependencia tácita, especialmente en la frontera.

Por un lado, con su nuevo carácter de exportador de gas natural, Estados Unidos tiene la necesidad de contar con un mercado seguro sin que esto represente mayores costos en la transformación del gas natural a LP para su transporte. Asimismo, dada la capacidad en la refinación de petróleo y en lo lucrativo que resulta este negocio para los productores estadounidenses, el acceso a un mercado cercano y seguro resulta preferible para colocar sus excedentes. En estas circunstancias, México continúa siendo el comprador idóneo por su cercanía, los gasoductos en puntos fijos de la frontera y el rápido crecimiento que experimenta el mercado mexicano.

Por otro lado, México tiene dificultades para satisfacer su demanda interna de gas natural y de derivados de petróleo, así como para invertir en ello por lo que el gobierno mexicano ha dado facilidades a empresas extranjeras para participar en el sistema de suministro e importar sin limitaciones. Para México, Estados Unidos es el proveedor ideal por las mismas razones que México es el comprador perfecto para Estados Unidos.

A pesar de dicha interdependencia, México pareció obviar que las profundas asimetrías entre ambos países reflejaban grandes diferencias y que la cooperación llegaría hasta dónde los intereses nacionales de cada país lo permitieran. Aún así, tanto gobiernos

como empresarios de ambos países coincidían en mantener el proceso de integración energética originado por el TLCAN. No obstante, Washington impuso sus condiciones para renegociar el Tratado y en las que destacaba la eliminación de las reservas y disposiciones especiales establecidas por México en el capítulo sobre energía y petroquímica básica. Esto fue fundamental para México cuando se firmó el TLCAN en 1992 ya que en ese momento la Constitución establecía la propiedad nacional de todos los hidrocarburos. Bajo el TLCAN, México se reservó las actividades estratégicas, incluidas la inversión en exploración, explotación y refinación de petróleo y gas natural y la producción de petroquímicos básicos, así como su comercio exterior, transporte, almacenamiento y distribución; además, México se reservó el derecho de proporcionar electricidad como servicio público en su territorio. Estas actividades sólo podían realizarse por agentes privados a través de contratos concedidos por el gobierno de México, pero quedaron limitados para el comercio transfronterizo de servicios<sup>117</sup>.

El gobierno de México no rechazó la propuesta de Estados Unidos y aceptó incluir al sector energético en la renegociación del Tratado desde una postura que Rodríguez Padilla (2018) describe como «cautelosa pero cooperativa por necesidad y conveniencia» (p. 197). Con la inclusión del sector energético en el nuevo esquema comercial que se negociaría, Estados Unidos apalancaba la reforma energética de 2013 para hacerla irreversible. A través de dicha reforma, México modificó los artículos de la Constitución que impedían la participación privada en actividades estratégicas que antes eran exclusivas del gobierno federal; el sector energético se abrió a contratos de producción compartida con inversores privados y extranjeros, pero el gobierno mantuvo la propiedad de los hidrocarburos del subsuelo bajo su control; Pemex y la CFE pasaron a ser «empresas productivas del Estado» lo que significa que aunque son propiedad estatal compiten en el mercado como cualquier empresa privada, tienen autonomía operativa y bienes propios. Posterior a la reforma energética, México publicó leyes reglamentarias para los procesos de asignación a Pemex y a la CFE y de contratos tanto con dichas empresas como con privadas<sup>118</sup>.

De esta forma, los intereses mexicanos y estadounidenses durante las negociaciones del Tratado en materia energético coincidían en la integración para garantizar su

<sup>117</sup> Texto oficial del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. (enero de 1994). Capítulo VI, Anexo 602.3 del p.p. VI-6/224-VI-6/226. México: Porrúa.

<sup>118</sup> Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

seguridad energética y en la liberalización del mercado energético. Pero las principales exigencias de Washington giraban en torno a preservar y fortalecer las inversiones; el acceso a los mercados y la disciplina de las empresas estatales (Pemex y CFE); y en materia de compras gubernamentales, aumentar las oportunidades de las empresas estadounidenses para colocar sus productos y brindar servicios en México, así como establecer reglas justas, predecibles y no discriminatorias. Por su parte, México llegó a la mesa con prioridades poco específicas, tales como actualizar el alcance de las disposiciones sobre energía para aprovechar el potencial de la industria energética de Estados Unidos; consolidar el nuevo régimen legal de Pemex y la CFE; y modernizar todos los mecanismos de solución de controversias.

Tras ocho rondas de negociaciones realizadas de agosto de 2017 a septiembre de 2018 finalmente se alcanzó un acuerdo sobre el texto del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). Sin embargo, el periodo de negociaciones estuvo lleno de desavenencias e incertidumbres tanto en el ámbito comercial como político. Por ejemplo, en marzo de 2018, la administración de Donald Trump aplicó un arancel de 25 por ciento a sus importaciones de acero y de 10 por ciento al aluminio, del que eximió a México y Canadá con la condición de lograr un acuerdo a finales de mayo, pero ante las fallidas rondas el 31 de mayo Estados Unidos extendió las cuotas arancelarias a sus socios regionales. En respuesta, en junio México denunció a su vecino ante la Organización Mundial de Comercio (OMC) y suspendió el tratamiento arancelario preferencial a productos estadounidenses. En julio, Estados Unidos denunció ante la OMC a la Unión Europea, China, Turquía, México y Canadá por la imposición de aranceles. El 1 de julio, México celebró elecciones federales en las que se eligió a Andrés Manuel López Obrador como presidente y su partido político, MORENA, acaparó la mayoría de los escaños en el Congreso; antes de las elecciones mexicanas, el peso ya había perdido más de 2,7 por ciento de su valor frente al dólar debido a la incertidumbre en los mercados por la falta de un acuerdo comercial y los constantes golpes de Trump en el discurso y en los hechos. Hacia el 27 de agosto se logró un preacuerdo entre México y Estados Unidos debido a que el mandato del entonces presidente mexicano, Enrique Peña Nieto, concluía el 30 de noviembre y al día siguiente entregaba la presidencia a López Obrador, pero también porque debía considerarse el periodo de revisión de 60 días por lo que la fecha límite para entregar el texto final del nuevo Tratado era el 30 de septiembre de 2018. La intensidad de las amenazas y la incertidumbre se atenuó cuando los equipos negociadores llegaron

a un acuerdo sobre el texto final del tratado antes de dicha fecha. No obstante, el 6 de noviembre se celebraron elecciones intermedias en Estados Unidos en las que, tras ocho años de mayoría republicana, el partido Demócrata recuperó la Cámara de Representantes y Nancy Pelosi fue elegida presidente, esto quitó fuerza al presidente Trump y nuevamente comenzó a especularse que no habría un nuevo Tratado (Ahmed & Villegas, 1 de julio de 2018; Cruz Vargas, 1 de octubre de 2018; La Silla Rota, 16 de enero de 2020; SICE, 2020).

Pero a pesar del complicado panorama, el tema energético parecía adquirir una dinámica independiente mientras se negociaba el futuro Tratado en términos generales. En el ámbito gubernamental, los representantes de energía de los tres países se reunían para abordar los esfuerzos para garantizar la seguridad energética y promover la plena integración del mercado energético regional. Por ejemplo, se realizó una reunión de Ministros de Energía de América del Norte el 14 de noviembre de 2017 y al día siguiente se celebró el Foro de Energía de América del Norte en el que nuevamente coincidieron los Ministros de Energía quienes destacaron la importancia del comercio de hidrocarburos pues éste había alcanzado 94 mil millones de dólares en 2016 y se estimaba que llegaría a más de 100 mil millones de dólares en 2017 (SENER, 14 de noviembre de 2017; 15 de noviembre de 2017; Fuentes, 21 de noviembre de 2017).

Por su parte, los grandes organismos empresariales del sector energético de los tres países apoyaban abiertamente la idea de incluir la energía en el Tratado sin reservas pues muchos de ellos aprovecharon la implementación de la reforma energética y ya habían comenzado a invertir en México y a emprender negocios bilaterales. Este fue el caso de la Asociación Mexicana de Empresas de Hidrocarburos (AMEXHI), el Instituto Americano del Petróleo (API por sus siglas en inglés) y la Asociación Canadiense de Productores de Petróleo (CAPP por sus siglas en inglés) que, en agosto de 2017, se manifestaron en favor de conformar un espacio regional para el comercio y la inversión, con regulaciones comunes, libertad operativa y sin fronteras ni cargas fiscales excesivas, en resumen, sin Estado (Rodríguez Padilla, 2018). No obstante, el CRS sostiene que durante las negociaciones del T-MEC, la comunidad empresarial del Estados Unidos se opuso firmemente a las propuestas gubernamentales de su propio país sobre reducir o eliminar las disposiciones sobre la solución de controversias entre inversores y el Estado del TLCAN; el API, por ejemplo, declaró que debilitar o eliminar las disposiciones sobre



solución de controversias en inversión socavaría la seguridad energética de Estados Unidos (CRS, 2 de marzo de 2020).

La incertidumbre se desvaneció cuándo el 30 de noviembre de 2018, el presidente Donald Trump, el Primer Ministro de Canadá Justin Trudeau, y el todavía presidente de México Enrique Peña Nieto, firmaron el T-MEC en el marco de la cumbre del G20 realizada en Argentina. Parte del proceso del Tratado concluyó cuando los poderes legislativos de los tres países ratificaron el texto. El primero fue México pues el Senado mexicano aprobó el T-MEC el 19 de junio de 2019; le siguió Estados Unidos con la aprobación por parte de la Cámara de Representantes el 19 de diciembre de 2019, el Senado el 16 de enero de 2020 y la firma del presidente estadounidense el 29 de enero de 2020; finalmente el Parlamento de Canadá aprobó el Tratado el 13 de marzo de 2020. A principios de abril concluyeron todos los requisitos para la entrada en vigor del T-MEC, cuya fecha quedó el 1 de julio de 2020 (SICE, 2020).

El T-MEC no tiene un capítulo sobre energía, pero algunas de las disposiciones en materia energética del TLCAN se trasladaron a otras secciones del nuevo Tratado. Por ejemplo, se agregó el capítulo denominado «Reconocimiento de la propiedad directa, inalienable e imprescriptible del Estado Mexicano sobre Hidrocarburos» en el que se reconocen las prohibiciones constitucionales de México.

Aunque Estados Unidos confiaba en la certeza jurídica que sus inversores podrían tener con la reforma energética implementada en México en 2013, aún persistía la preocupación de cómo proteger los proyectos privados de energía estadounidenses en México. Por esta razón el T-MEC afianza las disposiciones de solución de controversias entre inversionistas y el Estado con respecto al sector energético<sup>119</sup>. A pesar de ello, el CRS (2 de marzo de 2020) asegura que aún queda cierto nerviosismo en Estados Unidos de que dichas medidas sólo sean aplicadas a ciertos contratos en el sector energético en México y se excluyan a sectores como el de servicios ya que al amparo del T-MEC los inversionistas se limitan a presentar reclamos de inversión relacionados con los contratos con el gobierno por violaciones al trato nacional, trato de nación más favorecida o

<sup>119</sup> Texto oficial del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). (mayo de 2020). Capítulo 14 Inversión. Anexo 14-D Solución de Controversias de Inversión México-Estados Unidos y 14-E Solución de Controversias de Inversión México-Estados Unidos relacionados con Contratos de Gobierno Cubiertos. En SICE (2020).

expropiación, pero no por expropiación indirecta<sup>120</sup>. Esto cobra relevancia en el contexto del cambio de administración en México, pues si bien el presidente López Obrador avaló el T-MEC y éste puede contribuir a reducir la incertidumbre respecto a las exportaciones estadounidenses de productos energéticos, no así para las inversiones en petróleo y fuentes renovables que están más ligadas a la reforma energética la cual, desde su campaña, López Obrador se pronunció en contra y amenazó con revertirla.

Ejemplo de esto, como se detalla en el apartado 2.1. Sistema mexicano de energía, es la suspensión temporal por parte del CENACE en mayo de 2020 de todas las pruebas preoperatorias para cerca de 28 plantas de energía eólica y solar, aparentemente para preservar la seguridad y confiabilidad de la red de transmisión mexicana durante la baja demanda de electricidad ocasionada por la pandemia de COVID-19. En respuesta, la Embajada de Estados Unidos en México se quejó del constante cambio de regulaciones en el país y las empresas privadas afectadas prepararon alegatos jurídicos para interponerlos ante la CRE y tribunales de solución de controversias.

La incertidumbre que genera la política interna mexicana es de tal magnitud que, a diferencia del TLCAN, el T-MEC contiene una cláusula de «revisión y extensión de la vigencia» que obliga a revisar el Tratado a los seis años de su entrada en vigor en la que cada país puede hacer recomendaciones sobre su funcionamiento.

A manera de conclusión sobre la seguridad energética de México y su relación con Estados Unidos es claro que la vinculación entre seguridad energética y asociación estratégica se inició a partir de la agenda de seguridad nacional de Estados Unidos, que dio origen a un esquema geopolítico de América del Norte en el que han prevalecido las relaciones bilaterales de ese país con sus vecinos.

México adoptó la integración energética con Estados Unidos como uno de los ejes centrales de su política energética desde principios del siglo XXI; desestimando los riesgos a la seguridad energética aceptó importar la energía que fuese necesaria para el crecimiento económico, sin considerar que una de las consecuencias sería acrecentar la dependencia. El pragmatismo coyuntural de aprovechar al mercado estadounidense para

<sup>120</sup> La expropiación indirecta reúne las siguientes características mínimas: Es un acto atribuible al Estado e implica una interferencia sobre los derechos de propiedad de tal magnitud que deja dichos derechos inútiles, evitando su uso, goce o disposición, a pesar de que el dueño permanezca con la propiedad legal o posesión del bien. En Faya Rodríguez, A. (2013). ¿Cómo se determina una expropiación indirecta bajo tratados internacionales en materia de inversión? Un análisis contemporáneo. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, p.221. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3386/8.pdf> (Consultado el 9 de mayo de 2020).

vender petróleo y abastecer al mercado interno de productos derivados con los años se convirtió en una condición permanente que refrendaron las administraciones mexicanas a lo largo de casi veinte años. La estrecha interrelación energética que empezó abiertamente por la gran dependencia de petróleo mexicano por parte de Estados Unidos se tornó eventualmente en una profunda dependencia de petrolíferos y gas natural por parte de México.

Aún con las tensiones derivadas de las asimetrías, hasta 2017 el contexto político de la relación bilateral favorecía la integración energética que destacó por su dinamismo, especialmente en la frontera. La llegada de Donald Trump a la Casa Blanca desveló con claridad los riesgos omitidos durante años en la política energética mexicana sobre una mayor dependencia, el abandono de las políticas de autosuficiencia y de suministro energético con un fuerte componente nacional, así como la ausencia de alternativas de abastecimiento para garantizar la seguridad energética del país. La profunda dependencia de México se transformó en un momento en vulnerabilidad.

La amenaza de terminar con el TLCAN o renegociarlo fue una consecuencia de la vulnerabilidad energética mexicana. El T-MEC, a diferencia de su antecesor, no contiene un capítulo sobre energía, pero sí uno exclusivo sobre el reconocimiento de las prohibiciones constitucionales de México en materia de hidrocarburos, afianza el mecanismo de solución de controversias entre inversionistas y el Estado y agrega el elemento de revisión del Tratado para evaluar su funcionamiento.

Asimismo, el presidente Trump capitalizó la «revolución de esquisto» y en muy poco tiempo, Estados Unidos se convirtió en productor y exportador de petróleo y gas natural. Esto reveló abiertamente que México había perdido relevancia como suministrador de petróleo de Estados Unidos, pero no sólo por el nuevo rol de ese país en el mercado mundial de energía, sino por el evidente deterioro de las reservas y producción mexicana de crudo. Ahora, Estados Unidos depende menos del petróleo mexicano y México depende más de las importaciones de combustibles de Estados Unidos.

En las circunstancias actuales de la relación entre México y Estados Unidos, la administración de Andrés Manuel de López Obrador plantea transformar la integración energética con Estados Unidos desde una perspectiva de desarrollo nacional y no de dependencia, cuya base principal son las empresas productivas estatales (Pemex y CFE) (Gobierno de México, 30 de abril de 2019). Esta base tiende a una colisión con las prioridades integracionistas. Actualmente, el eje principal del alineamiento de México

con Estados Unidos continua en el flujo de hidrocarburos y sus derivados, así como en los recursos económicos que de éste se derivan. No obstante, es necesario transformar dicho eje en favor de los combustibles renovables, pues el petróleo ya no es una opción para fomentar el desarrollo económico del país ni para la seguridad energética. La integración del comercio transfronterizo de energías renovables y de nuevas tecnologías abre la posibilidad de extenderla al resto del territorio mexicano. Si bien en principio esto representa cambiar el patrón de dependencia también significa que la fuente de energía será nacional, una condición que ahora no puede omitirse independientemente de quién habite en la Casa Blanca y de la vulnerabilidad de la seguridad energética de México frente a su vecino.

### **3.5. Sectores vulnerables**

El contexto de la transición energética plantea innumerables retos en todas las actividades económicas y sociales en México, sin embargo, como afirman Padilla & Wood (2018), «el campo de juego sigue siendo desigual en gran parte por el acceso a la infraestructura» (p. 6) y a productos derivados de petróleo o sustitutos más amigables con el ambiente. Las vulnerabilidades en áreas como el consumo energético residencial, la movilidad y los sectores eléctrico y agrícola requieren atención inmediata, pues su dinámica actual constituye un riesgo para la estabilidad social, ya que en el futuro no se garantizarían parte de los satisfactores sociales que contribuyen con la reducción de la pobreza multidimensional en el país.

#### ***3.5.1. Consumo energético residencial***

Si bien la tasa de electrificación en México alcanzó casi el 99 por ciento en 2018, el consumo energético residencial presenta patrones de pobreza energética como los padecidos tanto en los países menos desarrollados como en los más avanzados.

Por un lado, en el país más de 286 mil hogares no disponían de energía eléctrica en 2018 (INEGI, 2018), es decir que más de un millón de personas viven en la obscuridad, especialmente en áreas rurales. Asimismo, más de tres millones y medio de hogares aún utilizan leña, carbón y biomasa para cocinar y calentar agua, y más de medio millón de hogares no cuentan con algún combustible para cocinar (INEGI, 2018). La pobreza, lejanía a la red eléctrica y el pequeño tamaño y la dispersión de las comunidades son los principales factores que impiden la conexión a la red, situación que podría cambiar

gradualmente ya que de acuerdo con la IRENA (2015) hacia 2025 el gobierno mexicano contempla proveer de electricidad al 40-50 por ciento de las comunidades rurales que no cuentan con este servicio. No obstante, habría que considerar un crecimiento poblacional y el porcentaje de población que no está cubierto en los planes gubernamentales. Es posible que la forma más eficiente y rentable de llevar energía a este segmento de la población sea bajo el esquema de generación distribuida, aunque ello representa disponer de recursos gubernamentales para ayudar en la inversión inicial de los hogares, pues la mayoría, como se mencionó, son los de menores recursos económicos y se ubican en comunidades indígenas principalmente en el sur y sureste de México. En este sentido, es necesario planificar y promover la generación distribuida, pero también otorgar más importancia a los proyectos de electrificación rural, pues ambos pueden contribuir a disminuir los retos que representan la integración a la red y la expansión de la capacidad de transmisión eléctrica.

Por otra parte, aún cuando la mayoría de los hogares mexicanos cuenta con servicio de electricidad, una cantidad importante experimenta carencias en alguno de los servicios básicos de energía. Destaca que casi 4 millones de casas no cuentan con un refrigerador para conservar sus alimentos; mientras que los que disponen de él, su obsolescencia, así como la de otros electrodomésticos de uso común, impacta en el cargo a la factura eléctrica familiar y en el ahorro energético nacional debido a la poca eficiencia energética.

Si bien el ingreso y la estructura familiar juegan un papel importante en el consumo residencial en México, las encuestas oficiales y los pocos estudios encontrados sobre pobreza energética muestran que los grupos de hogares con altos ingresos concentran la demanda de energía y su consumo contribuye a determinar el crecimiento de la oferta; mientras que el consumo en los hogares de bajos ingresos tiende a ser más reducido y su crecimiento más lento, pero más amplio y rápido en los grupos de medianos ingresos.

Respecto a la estructura familiar, las tendencias poblacionales del país sugieren que se espera un aumento en el número de hogares unipersonales debido al envejecimiento de la población. El efecto que esto podría traer en el consumo energético dependerá del ingreso en los hogares con personas de edad avanzada y de la composición familiar que tomen, pero es posible que los hogares unipersonales demanden una mayor carga energética per cápita (Sánchez Peña, 2012).

En este sentido, de mantenerse las tendencias de concentración y crecimiento del consumo energético y de estructura familiar surge la necesidad de ampliar hoy en día

todas las opciones de producción y suministro de energía más eficiente y el desarrollo de alternativas tecnológicas y de vivienda que disminuyan el consumo energético total del país a medio y largo plazo.

### **3.5.2. Movilidad**

En el transporte, que es el sector que más energía consume y el tercer productor de GEI, el gobierno está buscando expandir el uso de vehículos eléctricos, incluidos automóviles, motocicletas y autobuses, pero aún no se sientan las bases de una política gubernamental sólida que promueva una movilidad pública, privada y de carga orientada a transitar al uso de energía limpia y mejorar la calidad del aire, especialmente en las zonas urbanas.

Si bien la utilización de vehículos eléctricos e híbridos se duplicó entre 2016 y 2018, los patrones de compra-venta muestran que sólo el 0,1 por ciento de todo el parque vehicular es de este tipo; corresponden a uso privado en las ciudades con mayor ingreso per cápita<sup>121</sup>; y su aumento en ventas obedece más al desabasto de gasolinas en México que a programas gubernamentales. De hecho, cuando se padeció el llamado gasolinazo en 2017, las compras de autos eléctricos e híbridos en el primer trimestre equivalieron al 30 por ciento del total de 2016; mientras que después de la cruzada contra el «huachicol» a principios de 2019, las compras durante los tres primeros meses del año representaron el 32 por ciento del total de 2018 (INEGI, 2020c).

En un trabajo elaborado para el Banco Interamericano de Desarrollo, Isla, Rodríguez y Granada (2019) estimaron que en México se comercializarían poco más de 61 mil vehículos eléctricos e híbridos hacia 2025, pero al analizar los datos del parque vehicular se encontró que esa expectativa fue superada en 2019 al registrarse 61.289 vehículos de ese tipo. A pesar de estas cifras, las automotrices en México aún enfrentan los obstáculos propios de una industria en maduración, en la que el costo por unidad aún es elevado y la infraestructura insuficiente, a lo que se añade el desinterés del propio sector automotriz para ampliar el uso de autos eléctricos e híbridos más allá de un producto aspiracional, así como la ausencia de estímulos fiscales del Estado. Por estas razones, el monto de las compras de vehículos eléctricos e híbridos resulta mínima si se considera que representó únicamente el 0,2 por ciento del total del parque vehicular mexicano de 2019.

<sup>121</sup> Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey.

Respecto al transporte público, únicamente las tres ciudades más desarrolladas del país cuentan con sistemas eléctricos de transporte; Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, los cuales dan servicio poco más de 30 millones de personas (SEDATU, 2018) y que de acuerdo con la SENER (2019b) utiliza para su funcionamiento 0,4 por ciento del consumo final del SEN. En principio, su extensión a nivel nacional estaba planeada para realizarse con base en la Estrategia Nacional de Movilidad presentada en 2018, en la que se contemplaba implementar tres proyectos piloto con recursos de la cooperación internacional, pero al 2019 su despliegue aún estaba estancado pese a que la idea se retoma en el PRODESEN 2019-2033.

La importancia de retomar no sólo programas piloto sino también de desplegar una política de movilidad eléctrica radica en que actualmente existen 74 zonas metropolitanas en México que aglomeran al 63 por ciento de la población en el país (SEDATU, 2019), sin mencionar que hay 132 zonas conurbadas y 195 centros urbanos<sup>122</sup> que, contando a las metrópolis, concentran al 74,2 por ciento del total de la población nacional (SEDATU, 2018). La tendencia de crecimiento de estas urbes es irreversible y otorgan a México un perfil predominantemente urbano, por lo que la movilidad y el transporte público a base de combustibles limpios, al menos en las grandes ciudades, debería priorizarse sobre el transporte privado.

### ***3.5.3. Sector eléctrico***

Si bien una política de movilidad eléctrica es importante, su coherencia con la descarbonización de todo el sistema eléctrico mexicano es indispensable. Aunque el uso de energías bajas en carbono para producir electricidad creció a un ritmo promedio del 3,6 por ciento entre 2014 y 2018, su participación en la generación de energía eléctrica sólo alcanzó el 17 por ciento en 2018 (SENER, 2020), la misma que en 2014, cuando se modificó la LIE y comienza a contemplarse a las grandes hidroeléctricas y a la energía nuclear y renovable como energías limpias. La proporción porcentual de las energías limpias en la matriz eléctrica de México obedece al crecimiento total de la generación de electricidad, pero también a que la contribución de los combustibles fósiles pasó del 81 por ciento en 2014 al 83 por ciento en 2018, especialmente la del gas natural, cuya participación en la producción de electricidad fue de 61 por ciento en 2018. De

<sup>122</sup> En España, la organización territorial se lee 74 núcleos urbanos, 132 áreas metropolitanas y 195 regiones metropolitanas.

mantenerse este ritmo, la meta de alcanzar el 35 por ciento al 2024 para generar electricidad a través de energías limpias es un objetivo difícilmente alcanzable en términos de reducción de emisiones GEI.

Adicionalmente, quizá uno de los mayores desafíos del sector eléctrico en México es optimizar, administrar y expandir el sistema de transmisión y distribución para aprovechar no sólo la energía fósil, sino también para explotar el potencial de energía renovable del país. Por ejemplo, se deben atender las pérdidas técnicas y no técnicas<sup>123</sup> en la red de transmisión que, aunque han disminuido paulatinamente<sup>124</sup>, se ubicaron en torno al 10,97 por ciento en 2019, lo que representó 34.467 GWh y pérdidas económicas a la CFE por un monto de 54.845 millones de pesos (2.847 millones de dólares) (CFE, 19 de febrero de 2020). Si bien la reducción de pérdidas es una mejora importante no es suficiente si se considera que representa el doble de los niveles de países de la OCDE y que en términos de seguridad energética constituye una falta de eficiencia importante y un riesgo de carácter técnico.

Asimismo, la división del SEN en cuatro subsistemas provoca que los tres ubicados en la península de Baja California estén completamente aislados del territorio continental. En el SIN es posible el intercambio de energía desde Nogales, Sonora, hasta Cancún, Quintana Roo, y el Sistema Baja California (BC) se encuentra aislado del SIN, pero está interconectado a la red eléctrica oeste de Estados Unidos y al CAISO. Por otro lado, el Sistema Baja California Sur (BCS) está aislado del SIN y BC, y el Sistema Eléctrico Mulegé está completamente aislado del SIN, BC y BCS. Entre las consecuencias de esto se encuentran que las congestiones y pérdidas técnicas en el SEN originan que la electricidad que puede producirse a precios más bajos en el norte del país no pueda ser transmitida hacia el centro. Asimismo, la falta de interconexión entre los cuatro subsistemas resalta la necesidad de expandir la infraestructura de transmisión e integrar las fuentes renovables al SEN; por ejemplo, habría que considerar que los mayores desarrollos de energía eólica y solar se encuentran alejados de la mayoría de las zonas pobladas y de la actividad industrial.

<sup>123</sup> Las pérdidas técnicas están asociadas con el transporte o fallas en la red de distribución de electricidad; mientras que las pérdidas no técnicas son las que resultan del acceso ilegal, la medición deficiente y la facturación incorrecta.

<sup>124</sup> Las pérdidas técnicas y no técnicas en la red de transmisión eléctrica en México fueron del 14 por ciento en 2017 y 11,21 por ciento en 2018.



La integración de todo el SEN y la expansión de la capacidad de transmisión serán esenciales para garantizar la integración de las energías renovables y avanzar hacia la meta del 35 por ciento de energía limpia en la generación de electricidad para 2024. Para ello es indispensable conectar Baja California y Baja California Sur, que tienen importantes recursos de energía solar y eólica, al Sistema Interconectado Nacional y quizá considerar un intercambio mayor de energía renovable con California.

Si bien en 2017, durante el gobierno de Enrique Peña Nieto, la SENER lanzó licitaciones para construir una línea de transmisión de 1.400 kilómetros que conectarían BC al SIN y otra de 1.221 kilómetros que se extendería desde Oaxaca hasta el centro de México, en enero de 2019 se cancelaron por la administración de Andrés Manuel López Obrador (Proyectos de México, 21 de enero de 2019; 28 de enero de 2019). Este hecho anuló no sólo los primeros proyectos público-privado de gran envergadura en materia de transmisión eléctrica y de energía eólica, también canceló la posibilidad de modernizar la infraestructura de transmisión cuya mitad promedia los 20 años de vida y para la cual la CFE ha contemplado invertir cerca de 15 mil millones de dólares, además de otros 18 mil millones de dólares para líneas de distribución hacia 2029 (World Economic Forum, 2016).

Cabe añadir que la intermitencia de las renovables ya plantea el reto diario de contar con suficiente capacidad de generación para cubrir la demanda máxima<sup>125</sup> y garantizar la confiabilidad de la red, sin que esto represente mayores costos y pérdidas técnicas.

Todo lo anterior lleva a la preocupación constante por la discontinuidad de políticas públicas en materia energética que caracteriza a cada administración, pero también de continuar desarrollando reglas claras de operación del mercado para la conexión a la red eléctrica y el acceso para fomentar el desarrollo de capacidad de energía renovable.

<sup>125</sup> La intermitencia de la generación de energía eólica y solar regularmente no se alinea a los picos de demanda de electricidad. Existen cuatro combinaciones entre la generación de las renovables y la demanda de electricidad: 1) cuando se alinean máxima demanda con máxima producción de renovables que representa una situación ideal; 2) cuando se alinean baja demanda con baja producción de renovables; 3) cuando la demanda de electricidad es baja y la producción renovable está al máximo, creando un exceso de generación que debe desahogarse de urgencia a otras regiones o países vecinos a precio negativo; y 4) cuando la demanda está al máximo y la generación de renovables es baja, lo que puede provocar un apagón total de la red. En Ocampo Téllez, (3 de noviembre de 2017).

### **3.5.4. Sector agrícola**

Actualmente, el sector agrícola en México muestra signos de vulnerabilidad, entre otras, por dos razones asociadas con el sector energético y el cambio climático. Por un lado, debido al bajo rendimiento del SNR la producción de amoníaco, base para fertilizantes agrícolas, se ubicó en su nivel más bajo en 2019 (SENER, 2020). En consecuencia, el sector agrícola mexicano se ha convertido rápidamente en dependiente de la importación de fertilizantes, la cual alcanzó el 79 por ciento del total del consumo nacional en 2017 (CEDRSSA, 2019).

Asimismo, los cambios en las precipitaciones pluviales y las sequías han impactado negativamente en las cosechas de los principales productos de la dieta mexicana, especialmente de maíz, frijol y trigo, por lo que paulatinamente se han implementado técnicas de agricultura protegida, pero que no han logrado su pleno desarrollo debido a la falta de eficiencia energética en los sistemas de temperatura controlada y de bombeo, así como en el tratamiento y desalación de agua, dolencias que prácticamente se extienden a todo el agro en México y cada vez más constituyen un riesgo para la seguridad alimentaria.

## **Conclusiones del capítulo 3**

Desde hace trece años, México comenzó a dar forma a un sistema jurídico-institucional para impulsar la transición energética baja en carbono, que atienda la amenaza del cambio climático y contribuya a diversificar las fuentes de energía a fin de garantizar el suministro.

En el interim, el declive del petróleo en México llevó a las autoridades a recurrir al gas natural como alternativa. No obstante, lo que empezó siendo una medida para paliar las necesidades de abastecimiento en un momento específico, con los años se volvió permanente, pues los niveles de extracción de gas natural comenzaron a reducirse de forma irreversible. El sistema de gas natural que estaba orientado a la exportación se transformó en uno para la importación masiva desde Estados Unidos, que se articuló con el sistema de suministro interno hacia prácticamente todos los rincones de México. La consecuencia de esta transformación fue el acrecentamiento de la dependencia del gas estadounidense que hoy en día cubre el 67 por ciento de la demanda mexicana.

Derivado de medidas adoptadas a lo largo de poco más de una década, la energía eléctrica es el único subsector que da muestras de diversificación de insumos de energía. En 2018, el 17 por ciento de la generación de electricidad fue con energéticos bajos en carbono (5 por ciento de nucleenergía y 12 por ciento de renovables, principalmente hidroelectricidad, geoenergía, eólica y solar). El grueso de la producción proviene de combustibles fósiles, principalmente el gas natural el cual ocupó el 61 por ciento del total de la matriz eléctrica mexicana en 2018.

A pesar del crecimiento de las fuentes renovables en la generación de electricidad, los desarrolladores de proyectos en México, tanto públicos como privados, enfrentan desafíos en el corto, mediano y largo plazo. Destaca el apoyo de las comunidades locales que no se ha conseguido debido al actual proceso de consulta, las disputas sobre la tierra y la ausencia de beneficios en favor de la población local, algunas incluso sin servicios de electricidad. Por otra parte, para evitar los posibles cuellos de botella que deriven del rápido aumento en el uso de energía renovable, el país requiere de inversiones masivas para desarrollar una industria propia que permita un suministro doméstico de tecnología y equipos que hasta ahora son importados, aunque para ser justos esto podría dificultarse si la producción nacional resulta más cara. Este punto se vincula estrechamente a la necesidad de respetar el marco normativo en México para brindar certeza jurídica que los inversionistas. Asimismo, para aumentar las posibilidades de éxito es necesaria una gestión eficiente del conocimiento generado en los centros de investigación e innovación en energía para los cuales ya se destina un presupuesto oficial; así como la articulación del conocimiento adquirido sobre las necesidades del país con programas de educación técnica y superior para contar con recursos humanos especializados.

En los últimos años los costos de la energía renovable han disminuido y permitido incrementar su uso, no obstante, su participación en la generación de electricidad no ha podido expandirse dada la competencia con las importaciones baratas de gas natural desde Estados Unidos que siguen aumentando y, en términos de dependencia externa, se han constituido en el eslabón más vulnerable del sistema energético mexicano por el desafío que representa diversificar su suministro. Una situación similar se observa en los combustibles para el autotransporte y el consumo residencial. México no es autosuficiente en el suministro de gasolina, diésel y gas LP, así como de petroquímicos. El 69 por ciento de la demanda nacional conjunta de gasolinas, diésel y gas LP se cubre por importaciones desde Estados Unidos.

Desde hace veinte años, México decidió aumentar el intercambio comercial de energía y buscar la seguridad energética al amparo de la integración de América del Norte que, en términos prácticos, significaba integrarse con Estados Unidos. México alentó la importación de combustibles para satisfacer la demanda sin considerar la futura dependencia que resultaría, realizó cambios jurídicos internos para que el sector energético mexicano fuera semejante al estadounidense. Tras décadas de un intenso proceso de integración con Estados Unidos, las autoridades mexicanas no imaginaron que la llegada de Donald Trump a la Casa Blanca trastocaría la relación bilateral y con ello la dependencia se tornaría en una vulnerabilidad en la seguridad energética de México. A pesar de ello, por la conveniencia de seguir importando energía barata, hacer irreversible la reforma energética de 2013 y no perder la oportunidad de contar con inversiones, México accedió a continuar la integración con Estados Unidos al aceptar sustituir al TLCAN por un nuevo Tratado comercial, el T-MEC con vigencia a partir del 1 de julio de 2020, pero cuya negociación demostró que el tema energético ha adquirido una dinámica propia.

Hoy en día el gobierno mexicano no ha trazado alternativas reales para reducir la vulnerabilidad, la dependencia externa y los riesgos de la creciente importación de combustibles desde Estados Unidos. La transición energética baja en carbono requiere de criterios actuales de planificación especialmente en favor del consumo energético residencial, la movilidad y los sectores eléctrico y agrícola, áreas que ya muestran señales de vulnerabilidad y requieren atención inmediata.

## **CONCLUSIONES FINALES**

Esta tesis tiene como objetivo analizar el estado actual de la seguridad energética de México ya que esta etapa se caracteriza por la necesidad de transformar los sistemas energéticos a nivel mundial y cuya premisa es la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía.

Las dos hipótesis de trabajo fundamentalmente establecen que, de no resolverse los problemas más apremiantes de la seguridad energética de México, la transición, que por sí misma plantea retos significativos, podría recrudecer los problemas económicos y sociales en el país.

Para la corroboración de las hipótesis se consideraron referencias históricas, estadísticas oficiales, información documental académica y oficial, políticas públicas, cambios organizacionales, institucionales y regulatorios, el contexto geopolítico y relación con Estados Unidos, en un periodo que comprende principalmente de 1999 a 2019.

Tras el amplio análisis documental se puede afirmar que el sistema energético de México enfrenta varios riesgos que afectan su seguridad y su viabilidad en el largo plazo. Hasta ahora, las autoridades nacionales han adoptado medidas para paliar problemas de suministro en momentos específicos. Sin embargo, la complejidad de la seguridad energética del país obliga a analizarla desde un punto de vista integral y abordar sus problemas simultáneamente en varios campos para llevar las vulnerabilidades a niveles de riesgo manejables, preferiblemente orientándose a la transformación del sistema energético mexicano para adecuarlo al uso intensivo de energías renovables.

Los resultados encontrados se agrupan en tres secciones: A. Problemas de la seguridad energética en México; B. Medidas para reducir la inseguridad energética durante la transición baja en carbono; y C. Conclusiones generales.

### **A. Problemas de seguridad energética en México**

La identificación y evaluación de los riesgos técnicos, naturales y humanos del sistema mexicano de energía, así como la utilización de tres indicadores para medir la seguridad energética han permitido corroborar que México ha ido acumulando un conjunto de problemas estructurales y sistémicos que, aunque difíciles de separar debido a su estrecha interrelación, se pueden delimitar en siete como los más apremiantes: 1) oferta

insuficiente; 2) agotamiento de los energéticos fósiles; 3) dependencia externa; 4) falta de inversión; 5) falta de capacidad tecnológica; 6) falta de profesionalización; y 7) crimen organizado, corrupción e impunidad.

### **1) Oferta insuficiente**

En el periodo comprendido entre 1999 y 2019, el consumo energético en México aumentó un total del 40 por ciento, mientras que la producción de energía creció el 30 por ciento. Para llenar la brecha entre el consumo y la oferta nacional, el país ha recurrido a incrementar las importaciones de los combustibles de mayor consumo nacional: la gasolina, el diésel, el gas LP y el gas natural. La caída de la producción, el aumento del consumo y de las importaciones ha derivado en una progresiva pérdida de autonomía energética de México.

La escasa capacidad para abastecer la demanda de petrolíferos con producción nacional, en parte se debe a una serie de decisiones inadecuadas que las autoridades mexicanas han tomado a lo largo de los años. Las peores de ellas fue permitir el deterioro de las seis refinerías que integran al Sistema Nacional de Refinación (SNR) y a la utilización de una mezcla de petróleo para la cual no fueron diseñadas. Esto ha llevado a una gradual merma en la utilidad de capacidad de refinación que, en 2019, cayó al 38 por ciento; es decir que de los 1.640 mil barriles diarios de derivados de petróleo que se pueden elaborar sólo se produjeron 626 mil barriles, cuando el consumo del país asciende a 1.506 mil barriles diarios.

Todos los petrolíferos son distribuidos a través de una red de logística comprendida por oleoductos, poliductos y otras infraestructuras en todo el territorio mexicano. No obstante, existen zonas que concentran la mayor parte de la capacidad operativa del país y otras en que las terminales marítimas o vehículos tanque son la única alternativa para el suministro de petrolíferos. Hoy en día las regiones menos desarrolladas del país coinciden con aquellas más alejadas de la red de distribución. Por lo tanto, se hace necesaria la ampliación y diversificación de las rutas de distribución de petrolíferos o desarrollar y promover el uso de otras fuentes de energía para cubrir aquellas zonas históricamente relegadas.

A la problemática de la concentración de la distribución hay que añadir la concentración y el nivel de los inventarios. En 2018 el país contaba con una capacidad

promedio de 7,5 días para el abastecimiento de gasolina y 6,9 días de diésel, pero el almacenamiento se concentra en el centro y en las zonas industriales del país en tanto las regiones más marginadas carecen de capacidad de almacenaje.

## **2) Agotamiento de los energéticos fósiles**

Si bien México se había caracterizado por ser uno de los principales productores y exportadores de petróleo del mundo, ahora los niveles de producción están a su nivel más bajo de la historia reciente y el país dejó de ser exportador neto de energía. Esta circunstancia se explica por el agotamiento natural de los yacimientos, por las técnicas utilizadas en la extracción y por la falta de inversión y tecnología para la exploración de nuevos campos petroleros.

Desde 2005 la producción de crudo comenzó a caer, de manera que en 2019 se alcanzaron a producir 1.677 mil barriles diarios, monto por mucho inferior a los 3.383 mil de 2004, año en que se registró la mayor producción del país. Asimismo, la extracción de gas natural comenzó a disminuir drásticamente, llevando a una caída del 48 por ciento entre 2010 y 2019, en este último año la producción diaria fue de un promedio de 2.618 millones de pies cúbicos diarios. De mantenerse los niveles de producción actual, las reservas probadas de petróleo alcanzarían para 8,7 años y las de gas natural de 7,2 años.

El drástico declive observado en la elaboración de productos refinados está estrechamente vinculado a la caída en la producción de petróleo. El SNR mexicano está diseñado para procesar crudos ligeros, cuya producción cayó un total del 33 por ciento entre 2004 y 2019. En los últimos años en México se ha venido utilizando en el SNR una mezcla de crudos pesado y ligeros, cuya proporción en 2019 fue de un 49 por ciento de pesado y un 51 por ciento de ligero.

## **3) Dependencia externa**

Para satisfacer la creciente demanda del mercado nacional de energéticos fósiles, el país ha recurrido a incrementar las importaciones las cuales aumentaron un total del 568 por ciento de 1999 a 2019.

Como consecuencia, México ahora tiene una fuerte dependencia del exterior para el suministro de gas natural y de petrolíferos, especialmente gasolina, diésel y gas LP, que por sí solos representan el 43 por ciento de la totalidad de las compras externas de energía.

La inexistente dependencia externa de energía en 2004 se elevó al 22 por ciento en 2018. Ese año, la dependencia externa del gas natural alcanzó 68 por ciento y la de derivados de petróleo 69 por ciento; mientras que en 2019 la dependencia de gas natural y petrolíferos de Estados Unidos llegó al 99 por ciento en ambos casos.

La disminución de la producción de petróleo provocó que el excedente exportable cayera de manera sostenida, lo cual, unido al incremento de las importaciones, trajo como consecuencia un creciente déficit en la balanza comercial. La participación de los hidrocarburos y sus derivados en el valor total de las exportaciones cayó al 6 por ciento en 2019, mientras que en 2004 ocupaba el 12 por ciento. Esta dinámica ha llevado a la pérdida de la capacidad exportadora de petróleo que tenía México.

La importancia de sostener el nivel de exportaciones de crudo en México, aún con la producción a la baja, radica en la «petrolización» del erario federal. De ahí que las autoridades mexicanas se han esforzado por mantener los niveles de exportación de petróleo en un promedio anual de 1.166 mil barriles diarios entre 2013 y 2019. Cabe señalar que Estados Unidos concentra el 54 por ciento de las exportaciones mexicanas de petróleo.

El caso de las crecientes importaciones de gas natural se torna preocupante ya que en 2019 la producción de electricidad en el país concentró el 91,3 por ciento del volumen importado y el 62,2 por ciento del consumo total en el país. Considerando que de acuerdo con distintas estimaciones la demanda de electricidad se cuadruplicará en 2032 se hace impostergable duplicar esfuerzos políticos y financieros para independizar la generación eléctrica del gas natural a través de la reducción acelerada en el uso de las tecnologías convencionales y aumentar aquellas de tecnologías limpias.

#### **4) Falta de inversión**

A pesar de que la apuesta de todos los gobiernos de México han sido los hidrocarburos, especialmente el petróleo, no se han destinado recursos suficientes para las actividades de exploración de nuevos yacimientos y, en los que están activos, la falta de inversión para modernizar la infraestructura ha llevado a la insuficiencia para la extracción.

En el caso del conjunto del SNR, aunque la demanda de productos refinados ha ido en aumento, no se ha invertido lo suficiente en su reconfiguración. Salvo el aumento de 100 mil barriles diarios en la capacidad instalada de la refinería de Minatitlán en 2013, el SNR



no ha crecido desde hace tres décadas. Entre 2006 a 2014 se reconfiguraron tres refinerías para contar con gasolinas y diésel menos contaminantes, pero aún están pendientes las otras tres para aprovechar el tipo de petróleo que se produce en el país. Ahora, el nuevo gobierno, inició la construcción de lo que será la séptima refinería del país que añadirá 240 millones de barriles de capacidad instalada al SNR en 2023. Hace falta, asimismo, invertir en transporte y almacenamiento de petrolíferos.

En el sistema eléctrico, la falta de inversión para optimizar, administrar y expandir el sistema de transmisión y distribución ha contribuido al desaprovechamiento no sólo la energía fósil, sino también para explotar el potencial de energía renovable del país y la absorción de los excedentes producidos por los actores privados. Tan sólo en 2019, las pérdidas técnicas y no técnicas en la red de transmisión equivalieron a 34.467 GWh y pérdidas económicas a la CFE por un monto de 2.847 millones de dólares.

#### **5) Falta de capacidad tecnológica**

Los problemas técnicos y la falta de modernización tecnológica de equipos y procesos utilizados para la producción de petrolíferos han llevado a elevados índices de consumo de energía de los procesos de transformación y restringido la capacidad para procesar crudo con alto contenido de azufre y metales. La carencia de tecnología también ha reducido las oportunidades para incrementar la penetración de energía baja en carbono y la falta de inversión las de contar con capital humano.

El uso de sistemas automatizados en la generación, transmisión y distribución tanto petrolíferos como de energía eléctrica, si bien favorece la operatividad del sistema energético mexicano también lo hace susceptible a amenazas cibernéticas para las cuales México tiene una capacidad de respuesta limitada.

#### **6) Falta de profesionalización**

Muchas instituciones de educación superior en México ya cuentan con programas de estudio de licenciatura y postgrado, y se han creado otros para formación técnica y especialidades en el campo energético. Aunque en muchos de los planes de estudio se imparten cursos sobre temas de sustentabilidad, ecosistemas, cambio climático, conservación, resiliencia, política y legislación ambiental, entre otros, una buena parte de los programas educativos están enfocados en el sector petrolero. La transición energética

requiere de programas de profesionalización para el desarrollo de nuevas tecnologías, integración de energías renovables en el sistema energético y creación de modelos empresariales que atiendan los problemas de México en materia de energía. Un aspecto importante es que, en los programas de profesionalización en el país, muchos de ellos recientes y otros por consolidarse, aún está ausente un vínculo estrecho con la investigación científica.

## **7) Crimen organizado, corrupción e impunidad**

La industria de combustibles de uso final es severamente afectada por la corrupción y el crimen organizado desde varias perspectivas. Especialmente el robo de combustible, conocido coloquialmente como «huachicol», es uno de los riesgos humanos más nocivos para México ya que ha creado una cuádruple crisis: de seguridad, económica, social y política (Rock, 6 de enero de 2019), que no ha podido ser resuelta ni con soluciones tecnológicas utilizadas desde Pemex, ni con el despliegue del ejército y fuerzas policiales federales. En este ilícito están involucrados grupos del crimen organizado que se disputan regiones, grupos especializados, bandas criminales, comunidades, empleados y ex empleados de Pemex, empresarios y propietarios de gasolineras que, conjuntamente, conforman una cadena de robo-compra-venta de hidrocarburos nutrida de la complicidad de elementos de seguridad pública y autoridades de los tres órdenes de gobierno, y que en términos económicos equivale a pérdidas anuales de entre 3.126 y 4.168 millones de dólares. Además de pérdidas monetarias, el «huachicol» desincentiva la inversión, representa una fuente importante de ingresos para el crimen organizado, reduce la oferta formal a los consumidores finales y provoca daños a la infraestructura de transporte y almacenamiento, y con ello se han producido explosiones, daños ambientales y pérdida de vidas humanas.

## **B. Medidas para reducir la inseguridad energética durante la transición baja en carbono**

Durante décadas, los principales actores del sector energético mexicano adoptaron medidas para paliar principalmente la inseguridad energética derivada del agotamiento de los recursos petrolíferos y del desabasto, pero las estrategias fueron enfocadas a garantizar la oferta mediante la importación de petrolíferos, ocupándose parcialmente del resto de las causas de la inseguridad energética en el país sin hacer un planteamiento de

fondo que abordara la inseguridad energética en todas sus dimensiones y que tuviera como eje central la transición a una producción de energía baja en carbono. Para un mejor análisis de las medidas adoptadas en años recientes se abordarán de la siguiente forma: 1) iniciativas del sector público; 2) papel de las empresas estatales; 3) acciones del sector privado; y 4) efectividad de las medidas tomadas.

### **1) Iniciativas del sector público**

Desde hace 20 años, el gobierno de México decidió buscar la seguridad energética al amparo de la integración de América del Norte que, en términos prácticos, significa alinearse con Estados Unidos. México alentó la importación de combustibles para satisfacer la demanda a precios bajos sin considerar la dependencia futura de derivados del petróleo y gas natural, que en ambos casos el índice de dependencia con Estados Unidos es del 99 por ciento. Esta integración con el vecino del norte implicó cambios jurídicos y regulatorios paulatinos para que el sector energético mexicano fuera semejante al estadounidense y que se formalizaron con la reforma energética de 2013; ahora esos cambios se articulan con el Acuerdo México-Canadá-Estados Unidos (T-MEC) y en el que los estadounidenses aceptaron prescindir de un capítulo energético dado que confían en el actual marco regulatorio mexicano.

Con el declive del petróleo en la producción de energía, el gas natural entró como sustituto, pero cuando los márgenes de extracción de gas natural se redujeron, el sistema de gasoductos destinado a la exportación se transformó en uno para la importación masiva desde Estados Unidos e interconectado al sistema de distribución hacia todo el territorio mexicano, materializando el alineamiento y la dependencia.

Simultáneamente, desde hace trece años, México comenzó a dar forma a un sistema jurídico-institucional para impulsar la transición energética baja en carbono para alinearse con la lucha contra el cambio climático a nivel mundial y diversificar las fuentes de energía más allá de las fósiles para garantizar el suministro energético. Hasta ahora, el subsector eléctrico es el único que da muestras en la diversificación de insumos para la generación de electricidad; la matriz eléctrica actualmente se integra por 17 por ciento de energéticos bajos en carbono y el 83 por ciento de combustibles fósiles, principalmente el gas natural.

Como parte de los compromisos internacionales en la lucha contra el cambio climático, el país se autoimpuso las metas de generar el 35 por ciento de electricidad a través de energías limpias en 2024 y el 50 por ciento para 2050. Pero aunque fijar objetivos constituye una guía que brindaría seguridad energética y de inversión, particularmente para las energías renovables, hoy en día en la generación eléctrica predominan las tecnologías de ciclo combinado, la termoeléctrica convencional, la combustión interna y la mixta cuyo insumo principal es el gas natural que, conforme a la norma mexicana, son consideradas «energía limpia». La consecución de las metas mencionadas se torna complicada sin la adecuación del marco legal para hacer más exigentes los parámetros de «energía limpia» y sin una proyección para independizar gradualmente la producción de electricidad del gas natural.

La reforma energética de 2013 impulsó la expedición de una serie de normativas que retomaron premisas anteriores encaminadas hacia la transición energética y la necesidad de diversificar las fuentes energéticas para reducir las emisiones contaminantes en la industria eléctrica, al tiempo que estableció mecanismos financieros, económicos y fiscales para fomentar el despliegue de fuentes renovables. Sin embargo, aún hace falta una difusión abierta de los instrumentos de apoyo a combustibles limpios y, en contraste, da prioridad a la recuperación de la extracción de petróleo.

En los ámbitos tecnológico y de innovación se han puesto en marcha cinco Centros Mexicanos de Innovación en Energía eólica, geotermia, solar, bioenergía y oceánica, cuya idea fundamental es agrupar expertos de instituciones gubernamentales, centros de investigación, universidades y empresas mexicanas en espacios virtuales de colaboración, interacción internacional y difusión de investigaciones sobre soluciones a problemas administrativos, logísticos y económicos que afecten la expansión de energías renovables en México. Si bien los CEMIE pueden contribuir a superar barreras tecnológicas aún no queda claro cuáles serán sus alcances concretos en el desarrollo de energías renovables y cómo éstos se integrarán a la política energética nacional.

Como medida complementaria para favorecer la seguridad energética, el gobierno mexicano solicitó su ingreso a la Agencia Internacional de la Energía de la cual es miembro oficial desde 2018. Con esta membresía México adquiere el derecho de contar con el apoyo de una reserva de emergencia de combustible, al tiempo que tiene la obligación de contar 90 días de almacenamiento de energéticos que podrá ser utilizada por cualquier miembro en circunstancias extraordinarias. Esto, sin embargo, plantea más

retos a corto plazo para el país dadas su cada vez más baja producción de hidrocarburos y reducida capacidad de almacenaje. A pesar de ello, ya está en marcha la «Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos» en la que se establece que a partir de enero de 2020 las empresas públicas y privadas tienen la obligación de contar con mínimos de reservas de derivados de petróleo, las cuales aumentarán gradualmente hasta alcanzar volúmenes equivalentes a 11 y 13 días de ventas internas de gasolinas y diésel al 2025, nivel muy por debajo de los 90 días establecidos por la Agencia.

## **2) Papel de las empresas estatales**

Con la reforma energética de 2013, las dos empresas estatales, Pemex y CFE, pasaron de ser organismos públicos descentralizados a empresas productivas del Estado y sus responsabilidades cambiaron para centrarse en actividades empresariales, económicas, industriales y comerciales para generar valor y rentabilidad para el Estado mexicano como su propietario. Aunque las leyes expedidas para cada empresa no les atribuyen la obligación de garantizar la seguridad energética de México, sus mandatos están encaminados a alcanzar este propósito.

Lamentablemente, ni Pemex ni CFE tienen la capacidad financiera suficiente para cumplir sus actuales mandatos, aún así, el gobierno actual considera que ambas empresas son los pilares de la soberanía y la seguridad energética del país, y está dispuesto a apoyarlos financieramente y a fortalecer su papel en el mercado nacional.

Sin embargo, México no se puede dar el lujo de considerar a una empresa como garante de su seguridad energética. Menos aún cuando actualmente Pemex enfrenta muchos desafíos que se han acumulado a través de años de administración inadecuada, expolio y corrupción. Hoy en día Pemex no tiene la responsabilidad de abastecer de combustible al mercado mexicano ya que compite con actores privados, pero aún así el país depende de la empresa pues, además de ser el mayor contribuyente al fisco, cubre el 90 por ciento de la demanda nacional de petrolíferos. La empresa lleva a cabo la importación de energía y el suministro a regiones que no son atractivas para el sector privado.

## **3) Acciones del sector privado**

Ante dramático escenario del suministro energético en México, algunas organizaciones empresariales mexicanas han comenzado a hacer frente al problema hasta

donde lo permite el marco legal. Los esquemas de autoabastecimiento, pequeña producción, cogeneración y producción independiente de energía han emergido como una solución para mejorar su propia competitividad, sin estar a expensas del suministro público y de la construcción de grandes complejos de infraestructura con recursos del erario federal. En 2019 el autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, usos propios y exportación sumaron una capacidad instalada de 26.196 MW que representa el 30 por ciento del total de la capacidad instalada de México; sólo en 2017, dichos esquemas produjeron el 19 por ciento de la generación bruta de energía eléctrica del país que les permitieron los 18.658 MW de capacidad instalada con la que contaban ese año.

Los actores privados han mostrado mucho interés en la generación de energía a través de fuentes renovables, especialmente la solar y la eólica. Existen grandes empresas operando en México que han aprovechado la nueva estructura del mercado eléctrico y los Certificados de Energía Limpia (CEL) creados con la reforma energética de 2013 y han optado por producir su propia energía a partir de fuentes renovables. Otras han aprovechado los mecanismos de financiamiento gubernamentales para implementar proyectos por cuenta propia o de la mano con actores gubernamentales que valen la pena en tanto han sido desarrollados en poblaciones específicas y en zonas rurales.

Ahora, la ley también permite la participación de las empresas privadas en la construcción y operación de centrales de almacenamiento y distribución de petrolíferos. Aunque por el momento la contribución de los agentes privados es marginal, actualmente se desarrollan varias terminales privadas de almacenamiento y distribución de combustibles y ya existen planes para ampliar y modernizar el sistema de refinación bajo esquemas público-privado. A medida que estos proyectos entren en operación o se concreten planes detallados, pueden convertirse en importantes activos para disminuir riesgos en el abastecimiento ante potenciales eventos negativos y compartir riesgos de inversión, al tiempo que permitirá visualizar cómo la incursión privada impactará en distintas regiones del país y en las actividades consideradas estratégicas.

#### **4) Efectividad de las medidas tomadas**

En este trabajo se desglosaron las medidas, prioridades y estrategias que las autoridades en México han implementado y planteado para mejorar la seguridad energética, no obstante, muchas de ellas son cuestionables dada su inconsistencia con la

política energética y la realidad del sector energético del país. A continuación, se mencionan las más relevantes interrelacionadas entre sí.

Vincular la política energética a nueve de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible va en la dirección correcta para garantizar la accesibilidad, calidad y seguridad energética en favor del desarrollo económico integral del país, pero el vínculo pierde fuerza cuando los pilares de la política energética son las empresas productivas del Estado.

Uno de los principales objetivos del gobierno de México es la restitución de las reservas de hidrocarburos al 100 por ciento, pero esta meta pierde consistencia cuando se considera como línea de base las reservas y producción de 2004, cuando el yacimiento Cantarell, hoy en decadencia, rindió sus mejores resultados.

Las autoridades mexicanas mantienen una visión optimista respecto a los recursos prospectivos de hidrocarburos que, hasta 2018 fueron estimados en 112.800 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, de los cuales 53 por ciento son no convencionales y 47 por ciento convencionales, pero desestiman que por su propia naturaleza tienen asociado un alto nivel de incertidumbre que no permite asegurar su existencia y volumen.

Con la inversión privada en actividades de exploración y extracción de hidrocarburos se estima que se podrán añadir sólo 664 mil de barriles a la producción diaria de petróleo y 537 millones de pies cúbicos de gas natural hacia 2025.

La meta de alcanzar los niveles de producción de 2004 parece alejarse aún más ya que el gobierno mexicano actual ha insistido en que no continuará utilizando técnicas como el la fracturación hidráulica para explorar y extraer recursos fósiles no convencionales, no obstante, este proceso de la industria extractiva está permitido por la legislación vigente y Pemex lo contempla en su plan de negocios 2019-2023. La posibilidad de revisar o cancelar las autorizaciones ya otorgadas es latente, incumpliendo la ley y arruinando inversiones públicas y privadas.

El uso del *fracking* podrá ayudar a comprobar la existencia de hidrocarburos y eventualmente a extraerlos, garantizando la seguridad del suministro energético, sin embargo, esta circunstancia que parece afortunada podría aplazar la transición energética y reducir los fondos destinados a ésta debido a los altos costos de explotación. Esto sin contar que se podría afectar la calidad de los acuíferos, competir por ellos con los agricultores y con ello generar un problema de seguridad mayor.

La apuesta por una mayor producción de hidrocarburos no aumenta por sí sola la seguridad y autosuficiencia energéticas en el largo plazo. No se justifica acelerar el agotamiento de los finitos recursos fósiles convencionales y no convencionales, con el riesgo de la degradación ambiental y derrames en aguas profundas, sin tener una alternativa ambientalmente viable y sostenible para el futuro.

El proyecto de la refinería de Dos Bocas, para aumentar la capacidad de refinación de petróleo y la producción de derivados hacia 2023, omite el declive petrolero y resalta la ausencia de estrategias para impulsar la movilidad eléctrica y el desarrollo de bioenergía.

El esfuerzo por incrementar la oferta de derivados de petróleo discrepa de un esfuerzo prácticamente nulo para hacer eficientes y sostenibles los procesos de producción de bienes y energía útil para cubrir las necesidades de la población mexicana. Securitizar la eficiencia energética es una de las vías a corto plazo para satisfacer la demanda y garantizar seguridad energética a largo plazo.

Ante la incapacidad del gobierno de «despetrolizar» una parte sustantiva de ingresos y pese al declive en la producción de crudo, las autoridades mexicanas han hecho el esfuerzo por mantener los niveles de exportación de petróleo en un promedio anual de 1.166 mil barriles diarios entre 2013 y 2020. Eventos extraordinarios como la pandemia de COVID-19 que provocó una drástica reducción de la demanda y de los precios del crudo a nivel internacional fue un amargo despertar a una realidad que las autoridades mexicanas actuales aún no terminan por asimilar. En este sentido, las finanzas públicas tienen prelación a la seguridad y transición energética.

El reconocimiento de la necesidad de contar con la participación de actores distintos a las empresas estatales para restituir las reservas de hidrocarburos, aumentar la producción e incrementar la infraestructura de generación, transmisión y distribución de electricidad es totalmente válido en tanto se brinda al país la posibilidad de tener acceso a tecnología más moderna y se evita la utilización de recursos públicos en la construcción de grandes infraestructuras, pero pierde toda lógica con la cancelación de rondas de licitación, proyectos y contratos a la iniciativa privada en la generación de energías renovables bajo la justificación de la soberanía y seguridad energéticas.

La integración del mercado de América del Norte ha permitido comercializar a precios más competitivos los energéticos y expandir la infraestructura transfronteriza para



facilitar la operatividad. En términos de seguridad energética la vulnerabilidad surge cuando el origen proviene de una sola fuente de suministro: Estados Unidos.

La ampliación y construcción de ductos para la importación de gas natural sin duda respondió a una situación de emergencia que amenazaba con ser permanente dado que la producción de gas natural comenzó un declive imparable, pero en ese momento las autoridades subestimaron la dependencia que esto representaría en el futuro. Ahora, de mantenerse la tendencia en el consumo de gas natural, que de acuerdo con las autoridades mexicanas aumentará un 21 por ciento en 2032, se esperaría un aumento del grado de dependencia externa con respecto a Estados Unidos y sin un plan alternativo esta condición podría ser permanente y en detrimento de la transición energética.

Es un hecho que las exigencias del presidente Donald Trump para renegociar el TLCAN hicieron anteponer una buena relación con Estados Unidos a costa de la seguridad energética de México. Si bien el nuevo tratado mantiene libre de gravámenes el comercio de energía, éste podría representar un riesgo que el gobierno de México debe sopesar para evitar que la elaboración nacional de productos derivados de petróleo caiga aún más y la dependencia externa aumente, habida cuenta de las condiciones actuales para continuar comprando combustibles a bajo costo en Estados Unidos.

Las circunstancias geopolíticas y los cambios legislativos, que mantienen el papel preponderante de las empresas productivas del Estado y simultáneamente permiten la participación de empresas privadas en la producción de energía eléctrica, exploración y extracción de hidrocarburos, su transporte y almacenamiento, se han centrado en garantizar el abasto de petrolíferos para mantener la operación de plantas generadoras de electricidad, otras industrias y el parque vehicular.

En la práctica, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los programas gubernamentales destinados a promover una transición ordenada a una economía baja en carbono han desaparecido de la agenda nacional. México está concentrado en un esfuerzo por recuperar su vocación de país exportador de petróleo con el fin de llenar las arcas públicas con los recursos generados por las ventas de petróleo al exterior. Sin embargo, en el mejor de los casos, este escenario será pasajero por la propia naturaleza finita de los hidrocarburos. De no tomarse medidas inmediatas que favorezcan la transición energética, el país estará en una situación de vulnerabilidad inédita.

## **C. Conclusiones generales**

La radiografía de los problemas de la seguridad energética en México y de las medidas que se han venido implementando para contrarrestar sus impactos negativos en las actividades económicas y sociales del país plantean tareas pendientes que deben abordarse cabalmente. Dependiendo de la calidad de la atención que se brinde a los temas pendientes se desprenderán dos escenarios, uno positivo y otro negativo, durante la transición energética.

### **Temas pendientes**

A pesar del cúmulo de problemas México no ha elaborado un documento oficial que delimite una estrategia de seguridad energética. No obstante, el concepto de seguridad energética poco a poco ha ido cobrando importancia y ya es referido en diversos documentos de los tres últimos gobiernos mexicanos, pero los objetivos que se le atribuyen aparecen de manera ambigua y dispersa, y ninguno plantea la flexibilización del término para concebir a la seguridad energética como la «baja vulnerabilidad de los sistemas de energía».

Hasta ahora a la seguridad energética sólo se le relaciona sin distinción alguna con la lucha contra el cambio climático y sostenibilidad ambiental, abasto seguro de combustibles y electricidad, palanca para el desarrollo económico, precios competitivos, almacenamiento de gas y productos derivados, transporte, modernización de infraestructura, eficiencia y productividad, ingresos económicos para el erario federal, y asociaciones estratégicas. La mayoría de estos temas constituyen actualmente parte de los retos para la seguridad energética del país reconocidos por el Consejo de Seguridad Nacional de México.

El hecho de que todos y cada uno de estos temas reclamen soluciones y que éstas confluyan en la seguridad energética de México justifica la necesidad de considerar no sólo elementos aislados sino al sistema energético como un todo para abordar los problemas simultáneamente y disminuir las vulnerabilidades del sistema de energía tanto como sea posible.

Como en muchos países, no cabe duda de que la transición al petróleo ha sido el eje motriz del desarrollo alcanzado por México, ahora el país está en plena etapa de transición de gas natural y hay indicios del comienzo de la transición baja en carbono. Ésta última,

sin embargo, debe acelerarse sin demora para llevar al estado de vulnerabilidad en que se encuentran muchos de los asuntos apremiantes que conciernen al sistema de energía mexicano a niveles razonables de riesgo.

Es una realidad que las fuentes limpias, renovables y nuclear entre ellas, son la solución a largo plazo para dar continuidad al desarrollo de México. El sólido marco legal con el que el país cuenta para impulsar la transición energética podría permitir gradualmente alcanzar varios objetivos y disminuir vulnerabilidades relacionadas con la diversificación de la matriz energética del país.

Para orientar un cambio de gran calibre en la seguridad energética durante la transición, más allá de la diversificación de fuentes de energía, es imperativo ampliar el número de proveedores; mejorar rutas de acceso y distribución; adoptar y desarrollar tecnología; contar con recursos humanos suficientes y aptos que diseñen, integren, operen y mantengan los elementos tecnológicos; así como identificar nichos de mercado tecnológico para integrar cadenas productivas. Esto es una tarea descomunal que requiere de un esfuerzo conjunto de los distintos actores: responsables políticos, empresas, usuarios y sociedad civil, y en el que la pieza clave es el financiamiento y estímulos que se puedan desplegar al amparo de la SHCP.

Dos de las debilidades más apremiantes son la dependencia externa y las finanzas públicas a las que el gobierno mexicano hasta ahora no ha trazado alternativas reales para llevar la vulnerabilidad a niveles razonables de riesgo. La reducción de la dependencia externa y la creciente importación de combustibles desde Estados Unidos plantean riesgos en el ámbito geopolítico. Éstos quedaron demostrados con la complicación de la relación bilateral con la llegada de Donald Trump a la presidencia, debido a las constantes amenazas de cerrar la frontera y afectar el flujo comercial. En este sentido, es necesario plantear cuáles son las opciones en el largo plazo, ya que es una realidad que dista de cambiar en el corto y mediano plazo. No obstante, el primer paso es identificar opciones para diversificar proveedores y energéticos para disminuir riesgos, y aceptar que un tratado comercial, por bueno que sea, no garantiza que Estados Unidos no interrumpirá el suministro de energéticos o establecerá aranceles punitivos a las importaciones.

Por supuesto, dada la complejidad del sistema energético y de la propia seguridad energética resulta difícil cubrir todos los riesgos de una forma efectiva. De ahí la necesidad de introducir enfoques de resiliencia, especialmente para la seguridad de la infraestructura energética, a fin de desarrollar la capacidad de responder y/o recuperarse

rápidamente ante eventuales riesgos (cibernéticos, operativos, fenómenos naturales, crimen organizado, etc.), así como para evaluar el rendimiento técnico que implica el cambio tecnológico de la transición energética. Para los casos extraordinarios o urgentes existen planes de contingencia elaborados con antelación. Rodríguez Padilla (2018) afirma que la evaluación y determinación de los niveles de seguridad y riesgos o la capacidad adecuada de adaptación es tarea de expertos en el marco de un esfuerzo institucional. En este sentido, México cuenta con el Consejo Nacional de Seguridad y un grupo especializado en instalaciones estratégicas. La importancia de la seguridad energética del país amerita que la SENER, como cabeza del sector, pertenezca al Consejo ya que dentro del grupo de instalaciones estratégicas de México cerca del 60 por ciento pertenecen al sistema energético. La incorporación de la SENER en el Consejo permitiría, además, ampliar la noción de seguridad político-militar que aún prevalece en México.

### **Escenarios más optimistas**

Es innegable que México tiene muchos problemas que resolver en materia de seguridad energética, muchos de ellos de difícil solución, pero el país también cuenta con recursos que incluyen un sólido marco jurídico e institucional y un gran potencial energético renovable; además de grandes empresas y una sociedad civil comprometidas con la transición energética.

Aunque es pronto para determinar si las energías limpias y renovables podrán incrementarse en la combinación energética mexicana al grado de que México pueda hacer frente al cambio climático, al agotamiento de los hidrocarburos y a la creciente demanda nacional de energía, el hecho que el país cuente hoy en día con un marco jurídico e institucional es un paso importante en esa dirección. De seguir con la ruta trazada en Ley de Transición Energética de alcanzar la meta del 35 por ciento en la generación de electricidad a través de energías limpias hacia 2024, y con las políticas pública que alienten la inversión en la generación de energía limpia, la matriz eléctrica se diversificará y paulatinamente se independizará de los combustibles fósiles. De acuerdo con algunas estimaciones, con la incorporación de grandes hidroeléctricas, plantas nucleares y los excedentes de energía producido por particulares se puede alcanzar hasta una generación del 36 por ciento con energías limpias.

Si bien garantizar la seguridad energética es un bien público que debe ser garantizado por el Estado, los desafíos de la época exigen hacer uso de todos los recursos que se tienen

a la mano para afianzarla. Ello incluye soluciones descentralizadas apoyadas en el sector privado sin descartar las soluciones políticas cuando el riesgo sea demasiado grande. En este sentido, el nuevo mercado eléctrico y un sistema descentralizado proyectan claridad y validez legal para el uso de energías limpias en la generación eléctrica y seguridad energética en el medio y largo plazo. La Ley de la Industria Eléctrica creó los CEL que están incentivando a las empresas a generar su propia energía limpia; y el proyecto de generación distribuida regulado por la CFE abrió la puerta para que la sociedad civil produzca su propia electricidad.

El aprovechamiento del interés de empresas privadas representa una oportunidad para importar tecnología y experiencia, reducir el riesgo en la financiación y atraer inversiones. Incluso, grandes empresas operando en México han aprovechado el nuevo mercado eléctrico y los CEL, y han optado por producir su propia energía a partir de fuentes renovables, fijándose ambiciosas metas de cubrir como mínimo el 50 por ciento y hasta el 100 por ciento de su demanda eléctrica en plazos no lejanos al 2025. Este tipo de proyectos podrían contribuir a cerrar la brecha entre el consumo y la oferta pública de energía para el sector industrial, así como a reducir las compras al exterior de gas natural.

El esquema de generación distribuida para que la gente produzca su electricidad en el techo de su hogar a partir de energía solar ha sido bien recibido por la sociedad y las pequeñas y medianas empresas mexicanas. Tan sólo en 2019, el número de contratos expedidos por la CRE ascendió a 83.104. La autoproducción de energía en las azoteas ha demostrado ser una herramienta útil para reducir las emisiones, democratizar la energía, reducir los subsidios gubernamentales, colocar los excedentes de energía producida en la red de transmisión y distribución nacional y con el potencial de convertirse en un nicho de mercado tanto público como privado, sin omitir que puede convertirse en la opción para llevar energía eléctrica a las comunidades que aún no cuentan con electricidad. Bajo esta lógica, es posible imaginar la expansión de «proconsumidores» que puedan administrar su consumo eléctrico desde cualquier lugar, reduciendo con ello facturas eléctricas en hogares, oficinas y comercios.

Una cuestión que juega en favor del uso de las energías limpias, especialmente las renovables, es que la difusión internacional y nacional sobre los efectos y riesgos de las transformaciones climáticas poco a poco han concientizado a las nuevas generaciones mexicanas y, en consecuencia, han propiciado un cambio de actitud y patrones de consumo. Esta transformación ciudadana, especialmente en las zonas urbanas, representa

una buena coyuntura para impulsar agresivos programas de eficiencia energética desde el lado de la demanda y sentar las bases de una economía colaborativa con beneficios para productores y consumidores tanto empresariales como individuales.

Es innegable que en los últimos 20 años la principal estrategia para garantizar la seguridad energética ha sido la integración con Estados Unidos y con los años el lineamiento de México con su vecino se convirtió en una fuerte dependencia energética. No obstante, el arribo de Donald Trump trastocó la estabilidad de la relación bilateral y de un momento a otro la dependencia energética se convirtió en vulnerabilidad en la seguridad energética. A diferencia del pasado, las autoridades mexicanas actuales han sopesado en cierta forma los riesgos que esa estrategia ha implicado en la seguridad energética mexicana y se han propuesto el objetivo de recuperar la autosuficiencia energética. Si bien la dependencia desarrollada durante tantos años dista de disminuir en el medio plazo, la oportunidad que brinda el T-MEC es continuar aprovechando de la abundancia de energía a bajo costo y libre de aranceles tanto como sea posible, al tiempo que se diversifica a proveedores, se eleva la autosuficiencia mediante una mayor producción nacional, se incrementa la eficiencia en la producción y el consumo, se impulsa el uso de energías renovables, se estimula la movilidad eléctrica y el desarrollo de combustibles automotores ambientalmente amigables. Por supuesto, estas medidas implican inversiones cuantiosas, coordinación y planeación gubernamental, pero a la larga garantizan la seguridad energética y reducen riesgos geopolíticos.

En este contexto de cambio socio-técnico en México, es esencial que la actual administración muestre voluntad política y mantenga los aspectos positivos del actual marco legal, intente potenciar los éxitos que, aunque limitados hasta el momento, se han cosechado y trabaje para mejorar las políticas y regulaciones que aún faltan y que fortalecerían la certeza jurídica y programática de inversionistas privados y de ciudadanos.

### **Escenarios más pesimistas**

A 16 años del ocaso del campo petrolero más grande que México ha tenido, las autoridades mexicanas insisten en hacer del país una potencia petrolera mundial sin considerar seriamente la transición a un modelo de producción con bajas emisiones de carbono que atiende simultáneamente la amenaza de las transformaciones climáticas, el

agotamiento del petróleo, el aumento de la demanda y el cambio de los patrones de consumo de las nuevas generaciones mexicanas.

Como en otros países, en México la electrificación es una pieza fundamental para la transición energética en estos momentos, pero también lo es la gestión de riesgos asociados a esta etapa de cambio y para situarse en la nueva estructura internacional que está determinada por la capacidad tecnológica y de explotación de los recursos renovables que desarrolle cada país.

No aprovechar los lineamientos establecidos en el marco jurídico sobre el uso de energías limpias con el que el país cuenta, la transición baja en carbono tomará más tiempo y será más costosa y dolorosa la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes limpias y, a final de cuentas, tendrá que hacerse. De no acelerar la transición con base en la ruta trazada legalmente, México se colocaría en la fila de países rezagados en la nueva estructura internacional.

El desaliento empresarial con las renovables se podría ampliar debido a que el éxito del marco jurídico impulsado por gobiernos anteriores ha sido limitado y ha demostrado no ser a prueba de cambios políticos, y porque el peso y monopolio de la CFE en la política energética sigue vigente. Algunos casos de proyectos importantes de energía limpia que contaban con permisos o estaban en proceso para construcción de infraestructura y generación eléctrica están estancados porque no eran económicamente viables o simplemente porque no respondían a la lógica del plan de gobierno de las autoridades mexicanas actuales. Si la iniciativa privada continúa enfrentando caprichos políticos momentáneos o desafíos sociales y ambientales por la ineficaz aplicación del marco normativo para realizar consultas públicas y evaluaciones de impacto ambiental es posible que los proyectos de energía renovable no puedan implementarse, especialmente en las zonas más lejanas a los grandes centros urbanos habitualmente marginadas de suministro eléctrico.

La buena aceptación social de la generación distribuida para el autoabastecimiento energético se deslució por la limitada capacidad del sistema eléctrico mexicano para absorber los excedentes de producción de electricidad generada por energía solar y por la falta de desarrollo de un esquema para financiar la primera inversión que conlleva la instalación de los techos solares en esta etapa de la transición.

El auge de los esquemas de autoabastecimiento energético renovable en hogares y medianas y pequeñas empresas corroboran la necesidad de impulsar una industria y cadenas de valor nacional en la medida de lo posible, así como mecanismos público-privado para fomentar el desarrollo tecnológico, la innovación y la subsecuente reducción de precios para el mercado solar en México.

Asimismo, el desencanto social podría manifestarse por el hecho de que el gobierno actual no planea retirar la infraestructura para generar electricidad basada en combustibles fósiles antes del final de su vida útil. Por otro lado, la apuesta gubernamental por el petróleo como base de suministro para el autotransporte se traduce en producir más crudo para su refinación al interior y elevar sus niveles de exportación para equilibrar las finanzas públicas, pero, aunque la actual administración ha sopesado los riesgos de la escasa capacidad de refinación y de producción petrolera no brinda opciones para superarlos, salvo la construcción de una nueva refinería no acorde con la transición energética.

Los planes del nuevo gobierno impiden superar la perspectiva tradicional de seguridad energética basada en el petróleo y por ello no es posible visualizar a la seguridad energética como la baja vulnerabilidad del sistema de energía en su conjunto, que, en términos de desarrollo y estabilidad económica y social a largo plazo, está orientada a la verdadera soberanía energética, bienestar social, erradicación de la pobreza y cuidado ambiental.

Uno de los principales obstáculos para atender las metas de reducción de emisiones y transición energética tiene que ver con la capacidad de traducir el marco jurídico en un beneficio social tangible. La transición energética no puede desatender las necesidades sociales propias de un país con profundas desigualdades sociales, requiere de criterios actuales de planificación y desarrollar instrumentos capaces de adaptarse a las distintas realidades y contextos sociales. En especial, es urgente atender el consumo energético residencial, la movilidad y los sectores eléctrico y agrícola, áreas que ya muestran señales de vulnerabilidad.

Actualmente el gobierno invierte millones de dólares anuales en subsidios a precios de energía eléctrica residencial, pero las facturas familiares no disminuyen de manera importante. Es difícil concebir la idea de reducir los subsidios en tarifas eléctricas si paralelamente no se garantiza la reducción de la pobreza energética como una contribución a cerrar la brecha de la desigualdad en México. Aunque la tasa de



electrificación es de casi 99 por ciento en el país, actualmente más de 11 millones de hogares en México padecen algún grado de pobreza energética. Además, considerando las dimensiones poblacionales, el uno por ciento de los hogares que restan de la tasa de electrificación equivale a 286 mil viviendas que no disponen de energía eléctrica, esto podría aumentar la migración de personas hacia zonas urbanas o otras latitudes del orbe como ya está sucediendo.

De acuerdo con distintas estimaciones la demanda general de energía en México se duplicará y la de electricidad se cuadruplicará en 2032, lo que hace necesario articular dicho aumento con la oferta de energía lo más que sea posible, reducir las ineficiencias y derroches, preservar el ambiente y superar rezagos que ya impactan en algunos sectores económicos y grupos sociales. A final de cuentas, el mayor reto de la seguridad energética, e incluso su principal objetivo, durante la transición es que tanto la seguridad como la transición redunden en beneficios sociales. En este sentido, los beneficios económicos y los costos de la transición no deben trasladarse a los consumidores finales, especialmente a los más desfavorecidos, ya que esto supone un riesgo para el mantenimiento del bienestar económico y la estabilidad política y social de México.

## Lista de acrónimos, abreviaturas y siglas

3P	Reservas probadas, probables y posibles
AIE	Agencia Internacional de la Energía
ASEA	Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente
ASF	Auditoría Superior de la Federación
ASPAN	Alianza para la Seguridad y la Prosperidad de América del Norte
AUT	Autosuficiencia energética
BC	Sistema eléctrico Baja California
BCS	Sistema eléctrico Baja California Sur
BM	Banco Mundial
CAISO	California Independent System Operator – Operador Independiente de Sistemas de California
CEL	Certificados de Energía Limpia
CEMIE	Centros Mexicanos de Innovación Tecnológica
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CENAGAS	Centro Nacional de Control del Gas
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CISEN	Centro de Información y Seguridad Nacional
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos
CO2	Dióxido de carbono
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CRS	Congressional Research Service – Servicio de Investigación del Congreso
CSN	Consejo de Seguridad Nacional
DE	Dependencia Externa
DEAN	Diálogo Económico de Alto Nivel
EOR	Enhanced oil recovery – Recuperación mejorada de petróleo
FERC	Federal Energy Regulatory Commission – Comisión Federal Reguladora de Energía
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica
FM	Fideicomiso Minero
FOCIR	Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural
FOTEASE	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
GCGET	Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation – Comisión Global sobre la Transformación Geopolítica de la Energía
GEI	Gases Efecto Invernadero
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
IMTA	Instituto de Tecnologías del Agua
INEEL	Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
INERE	Inventario Nacional de Energías Renovables
INM	Instituto Nacional de Migración
IPCC	Intergubernamental Panel on Climate Change - Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables
ISO	Independent System Operator – Operador Independiente de Sistemas
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
LASE	Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
LGCC	Ley General de Cambio Climático

LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LOAPF	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
LP	Licuado de Petróleo
LTE	Ley de Transición Energética
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
NADBank	North America Development Bank – Banco de Desarrollo de América del Norte
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo
PEF	Presupuesto de Egresos de la Federación
Pemex	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PIC	Protección de Infraestructura Crítica
PIE	Productores Independientes de Energía
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PyMES	Pequeñas y Medianas Empresas
RES	Fuentes de Energía Renovable
RNT	Red Nacional de Transmisión
SAGARPA	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SE	Secretaría de Economía
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SISTRANGAS	Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural
SNG	Sistema Nacional de Gasoductos
SNR	Sistema Nacional de Refinación
TAR	Terminales de Almacenamiento y Reparto
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
TOE	Tonelada equivalente de petróleo -Siglas en inglés-
UIF	Unidad de Inteligencia Financiera
USAID	United States Agency for International Development - Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
WECC	Western Electricity Coordinating Council – Consejo Coordinador Eléctrico Oeste

### Unidades de medición

bd	Barriles diarios
GWh	Giga watts-hora
KWh	Kilo watts-hora
mbd	Miles de barriles diarios
mdp	Millones de pesos
mmbpce	Millones de barriles de petróleo crudo equivalente
mmd	Millones de dólares
mmmbpce	Mil millones de barriles de petróleo crudo equivalente
mmmd	Miles de millones de dólares
mmmpc	Miles de millones de pies cúbicos
mmpc	Millones de pies cúbicos
mmpcd	Millones de pies cúbicos diarios
mmtpc	Millones de toneladas de petróleo equivalente
MWh	Mega watts-hora

## Referencias Bibliográficas

- ABAD, L.A. & Maurer, N. (2018). A crude reform: Pemex in Mexico's new energy landscape. En D. Wood (ed.), *Mexico's new energy reform* (pp. 78-101). Washington, D.C.: Mexico Institute, Wilson Center. Recuperado de [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos\\_new\\_energy\\_reform.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos_new_energy_reform.pdf)
- ACADEMIA de Ingeniería México. (2017). *Los Centros Mexicanos de Innovación en Energía: Orígenes y Desarrollo*. México: Academia de Ingeniería. Recuperado de [http://www.ai.org.mx/sites/default/files/5\\_los\\_cemie\\_antologia.pdf](http://www.ai.org.mx/sites/default/files/5_los_cemie_antologia.pdf)
- ALCARAZ, C. & Villalvazo, S. (2017). The effect of natural gas shortages on the Mexican economy. *Energy Economics*, 66, 147-153. doi.org/10.1016/j.eneco.2017.06.006
- ALEMÁN-NAVA, G. et al. (2014). Renewable energy research progress in México: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 140-153. doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.004
- ANDREWS-SPEED, P. (2016). Applying institutional theory to the low-carbon energy transition. *Energy Research & Social Science*, 13, 216-225. doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.011
- ASIF, M., & Muneer, T. (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11 (7), 1388-1413. doi.org/10.1016/j.rser.2005.12.004
- BALVANERA, P.; Astier, M.; Gurri, F. D.; & Zermeño-Hernández, I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88 (1), 141-149. doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005
- BAUEN, A. (2006). Future energy sources and systems—Acting on climate change and energy security. *Journal of Power Sources*, 157 (2), 893-901. doi.org/10.1016/j.jpowsour.2006.03.034
- BOLLEN, J., Hers, S., & Van der Zwaan, B. (2010). An integrated assessment of climate change, air pollution, and energy security policy. *Energy Policy*, 38(8), 4021-4030. doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.026
- BROMLEY, C.J. et al. (2010). Contribution of geothermal energy to climate change mitigation: the IPCC Renewable Energy Report. Presentation made in the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, April 25–29, 2010. Recuperado de <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0225.pdf>
- CHACÓN Anaya, D. (2017). Metas para la generación distribuida solar. *Revista Energía a Debate*, 78. Recuperado de <https://www.energiaadebate.com/blog/1293/>
- CHERP, A. & Jewell, J. (2011). The Three Perspectives on Energy Security: Intellectual History, Disciplinary Roots and the Potential for Integration. *Environmental Sustainability*, 3(4) 202-212. doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.001
- CHERP, A., & Jewell, J. (2014). The concept of energy security: Beyond the four As. *Energy Policy*, 75 (c), 415-421. doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005
- CHURCH, C. & Crawford, A. (2018). *Green Conflict Minerals. The fuels of conflict in the transition to a low-carbon economy*. Manitoba, Canadá: International Institute for Sustainable Development. Recuperado de <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/green-conflict-minerals.pdf>
- CLAVELLINA Miller, J. L. (2014). Reforma energética. ¿era realmente necesaria?. *Economía Informa*, 385, 3-45. doi.org/10.1016/S0185-0849(14)70417-7
- COHEN, G., Joutz, F., & Loungani, P. (2011). Measuring energy security: Trends in the diversification of oil and natural gas supplies. *Energy Policy*, 39 (9), 4860-4869. doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.034
- CORREA-HENAO, G. J., & Yusta-Loyo, J. M. (2013). Seguridad energética y protección de infraestructuras críticas. *Lampsakos*, (10), 92-108.
- DORANTES, Rodríguez, J.; González Bravo, H. y Vargas Suárez, R. (2015). *La seguridad energética en México: un aspecto clave para la transición energética*. doi.org/10.13140/RG.2.1.4408.2009

- ELIZONDO, A. et al. (2017). Mexico's low carbon future: An integrated assessment for energy planning and climate change mitigation by 2050. *Futures*, 93, 14-26. doi.org/10.1016/j.futures.2017.08.003
- FARRELL, A. & Brandt, A. (2006). Risks of the oil transition. *Environmental Research Letters*, 1(1), 1-6. doi.org/10.1088/1748-9326/1/1/014004
- FINON, D. (1998). Discussion of Thomas Schelling's paper "The environmental challenges of power generation". *The Energy Journal*, 19(2), 125-128. Recuperado de <https://search-proquest-com.ezproxy.uned.es/docview/222015526?accountid=14609>
- FOUQUET, R., & Pearson, P. J. G. (2012). Past and prospective energy transitions: Insights from history. *Energy Policy*, 50(1), 1-7. doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.014
- GARCÍA Pérez, J. (2018). La seguridad energética en los mercados de gasolina y diésel en México. *Boletín I.E.E.E.* (10) 374-396. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6555514>
- GARCÍA Sánchez, G. J. (2018). The fine print of the mexican energy reform. En D. Wood (ed.), *Mexico's new energy reform* (pp. 36-52). Washington, D.C.: Mexico Institute, Wilson Center. Recuperado de [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos\\_new\\_energy\\_reform.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos_new_energy_reform.pdf)
- GARCÍA-VERDUGO, J., Delgado, B. M., & San Martín González, E. (2015). Una propuesta metodológica para la cuantificación de los aspectos geopolíticos de la seguridad energética. *Revista de Economía Mundial*, 39, 45-76. Recuperado de <https://search-proquest-com.ezproxy.uned.es/docview/2151418636?pq-origsite=summon>
- GEELS, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 24-40. doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002
- GEELS, F. W. (2012). A socio-technical analysis of low-carbon transitions: Introducing the multi-level perspective into transport studies. *Journal of Transport Geography*, 24, 471-482. doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.021
- GRÜBLER, A. (2012). Energy transitions research: Insights and cautionary tales. *Energy Policy*, 50(1), 8-16. doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.070
- HOGGETT, R. (2014). Technology scale and supply chains in a secure, affordable and low carbon energy transition. *Applied Energy*, 123, 296-306. doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.12.006
- IGLESIAS, E. R. et al. (2015). Avances en la estimulación del potencial de generación eléctrica de los Sistemas Mejorados (SGM) en México. Asociación Geotérmica Mexicano–Memorias del XXII Congreso Anual. Recuperado de [https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/Mexico/2015/Final-Ext-IIIE-Iglesias\\_Avances\\_EGS.pdf](https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/Mexico/2015/Final-Ext-IIIE-Iglesias_Avances_EGS.pdf)
- INSTITUTE for Energy Economics and Financial Analysis [IEEFA]. (2019). IEEFA Response to the U.S. Chamber of Commerce Analysis of the “keep it in the Ground” Movement. Recuperado de [http://ieefa.org/wp-content/uploads/2019/02/Response-to-Chamber-of-Commerce-KIITG-Movement-Analysis\\_February-2019.pdf](http://ieefa.org/wp-content/uploads/2019/02/Response-to-Chamber-of-Commerce-KIITG-Movement-Analysis_February-2019.pdf)
- INSTITUTO Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA]. (2017). *Bases para un Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica*. Ciudad de México: IMTA. Recuperado de <https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros/Potencial-Hidroelectrico-Mexico-1era-Parte.pdf>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginebra, Suiza: IPCC. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)
- ISLA, L.; Rodríguez Porcel, M. & Granada, I. (2019). Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe. *Banco Interamericano de Desarrollo*. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/analisis-de-tecnologia-industria-y-mercado-para-vehiculos-electricos-en-america-latina-y-el-caribe>

- JANSEN, J. C., & Seebregts, A. J. (2010). Long-term energy services security: What is it and how can it be measured and valued? *Energy Policy*, 38 (4), 1654-1664. doi.org//10.1016/j.enpol.2009.02.047
- JEWELL, J.; Cherp, A.; & Riahi, K. (2014). Energy security under de-carbonization scenarios: An assessment framework and evaluation under different technology and policy choices. *Energy Policy*, 65, 743-760. doi.org//10.1016/j.enpol.2013.10.051
- JOHNSTON, D. (2007). How to evaluate the fiscal terms of oil contracts. En Humphreys, M., Sachs, J. & Stiglitz, J (ed). *Escaping the resource curse* (pp. 53-88). New York: Columbia University.
- JUÁREZ-Hernández, S. & León, G. (2014). Energía eólica en el Istmo de Tehuantepec: Desarrollo, actores y oposición social. *Problemas del Desarrollo*, 178(45), 139-162. doi.org/10.1016/S0301-7036(14)70879-X
- KING, M. D., & Gulledege, J. (2013). The climate change and energy security nexus. *The Fletcher Forum of World Affairs*, 37 (2), 25-44. Recuperado de <https://search-proquest-com.ezproxy.uned.es/docview/1412867926?accountid=14609>
- KIRIYAMA, E.; & Kajikawa, Y. (2014). A multilayered analysis of energy security research and the energy supply process. *Applied Energy*. 123, 415-423. doi.org//10.1016/j.apenergy.2014.01.026
- KRUYT, B.; van Vuuren, D.P.; de Vries, H.J.M; & Groenenberg, H. (2009). Indicators for energy security. *Energy Policy*, 37, 2166-2181. doi.org//10.1016/j.enpol.2009.02.006
- LAJOUS, A. (2013). Dilemas del suministro de gas natural en México. *Serie Estudios y Perspectivas*, 42. México: CEPAL. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4927/1/M20130197\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4927/1/M20130197_es.pdf)
- LARA, A. (2017). The evolving role of Pemex and its future position in the upstream sector. *Oxford Energy Forum*, (109), 16-19. Recuperado de <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2017/08/OEF-109.pdf>
- LAVELL, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 4, 1-22. Recuperado de [https://www.undp.org/content/dam/undp/documents/cpr/disred/espanol/\\_glr\\_andino/docs/METODOLOGIA%20DE%20SISTEMATIZACIÓN%20PARA%20DIAGRAMAR/apuntes\\_hacia\\_una\\_definici\\_n\\_de\\_la\\_gesti\\_n\\_de\\_riesgo\\_A\\_llan\\_Lavell.pdf](https://www.undp.org/content/dam/undp/documents/cpr/disred/espanol/_glr_andino/docs/METODOLOGIA%20DE%20SISTEMATIZACIÓN%20PARA%20DIAGRAMAR/apuntes_hacia_una_definici_n_de_la_gesti_n_de_riesgo_A_llan_Lavell.pdf)
- MAGGIO, G., & Cacciola, G. (2012). When will oil, natural gas, and coal peak? *Fuel*, 98, 111-123. doi.org//10.1016/j.fuel.2012.03.021
- MÅNSSON, A.; Johansson, B. & Nilsson, L. J. (2014). Assessing energy security: An overview of commonly used methodologies. *Energy*, 73, 1-14. doi.org/10.1016/j.energy.2014.06.073
- MARMOT Review Team. (2011). *The Health Impacts of Cold Homes and Fuel Poverty*. Londres: Friends of Earth England & The Marmot Review Team. Recuperado de <http://www.instituteofhealthequity.org/resources-reports/the-health-impacts-of-cold-homes-and-fuel-poverty/the-health-impacts-of-cold-homes-and-fuel-poverty.pdf>
- MCKILLOP, A. (2009). Costs and challenges of energy transition. *Jassa*, 2, 25-28. Recuperado de <https://search-proquest-com.ezproxy.uned.es/docview/89142176?accountid=14609>
- MEJÍA-Rodríguez, J. A. (2015). De la seguridad de suministro a la autonomía energética en entornos urbanos y regionales en México, ¿hacia una transición de paradigmas? *Revista NODO*, 9(18), 28-44. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5646242>
- MEJÍA-RODRÍGUEZ, J. A. (2016). Las innovaciones tecnológicas orientadas al autoabastecimiento energético sostenible en entornos urbanos y regionales en México. *Bitácora Urbano Territorial*, 26(1), 93. Recuperado de <https://search-proquest-com.ezproxy.uned.es/docview/1870660286?accountid=14609>
- MONTERROSA, G. (18 de septiembre de 2016). México, indefenso ante ciberataques. *Contralínea*. Recuperado de <https://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/2016/09/18/mexico-indefenso-ante-ciberataques/>
- NANCE, P. (2018). Initial results from the Mexico electricity reform, 2013-18. En D. Wood (ed.), *Mexico's new energy reform* (pp. 102-145). Washington, D.C.: Mexico Institute,

- Wilson Center. Recuperado de [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos\\_new\\_energy\\_reform.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos_new_energy_reform.pdf)
- NATIONAL Energy Board. (2006). Canada's Oil Sands: Opportunities and Challenges to 2015: An Update: An Energy Market Assessment (Energy Market Assessment). Recuperado de <https://www.nbe-one.gc.ca/nrg/sttstc/crdlndptrlmrdct/rprt/archive/pprntsndchllngs20152006/pprntsndchllngs20152006-eng.pdf>
- NEVILLE, K. et al. (2017). Debating Unconventional Energy: Social, Political and Economic Implications. *Annual Review of Environment and Resources*, 42 (1), 241-266. doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-061102
- OSWALD, Ú. (2017). Seguridad, disponibilidad y sustentabilidad energética en México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 62(230), 155-195. doi.org/10.1016/S0185-1918(17)30020-X
- PADILLA, J. & Wood, D. (2018). *Mexico's New Hydrocarbons Model: A Critical Assessment Four Years Later*. Washington, D.C.: Mexico Institute, Wilson Center. Recuperado de [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/mexicos\\_new\\_hydrocarbons\\_model\\_0.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/mexicos_new_hydrocarbons_model_0.pdf)
- PANWAR, N.L.; Kaushik, S.C.; & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1513–1524. doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037
- PÉREZ-Denicia, E. et al. (2017). Renewable energy sources for electricity generation in Mexico: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 597-613. doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.009
- PINEDA-López, M. del R.; Sánchez-Velásquez, L. R.; Alarcón-Gutiérrez, E.; & Ruiz Cervantes, E. E. (2019). La formación de científicos creativos con perspectiva regional en las universidades públicas: un reto. *Diálogos sobre educación. Temas actuales en investigación educativa*, 10(19). doi.org/10.32870/dse.v0i19.514
- POLLITT, M. G. (2012). The role of policy in energy transitions: Lessons from the energy liberalisation era. *Energy Policy*, 50(1), 128-137. doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.004
- PROGRAMA de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2014). *Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Sostener el progreso humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia*. Nueva York: PNUD. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/hdr/2014-human-development-report.html>
- PRYOR, S.C. & Barthelmie. (2010). Climate change impacts on wind energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 14(1), 430-437. doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.028
- RADOVANOVIĆ, M., Filipović, S., & Pavlović, D. (2017). Energy security measurement – A sustainable approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 1020-1032. doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.010
- RED Mexicana de Bioenergía [REMBIO]. (2011). La Bioenergía en México. Situación Actual y Perspectivas. *Cuadernos sobre Bioenergía*, 4. Recuperado de <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT4.pdf>
- RENNKAMP, B. et al. (2017). Competing coalitions: The politics of renewable energy and fossil fuels in Mexico, South Africa and Thailand. *Energy Research & Social Science*, 34, 214-223. doi.org/10.1016/j.erss.2017.07.012
- ROBERT Strauss Center for International Security and Law. (2019). *Energy poverty: A Threat Multiplier?* The University of Texas at Austin. [Página web]. Recuperado de <https://www.strausscenter.org/energy-and-security/energy-poverty.html> (Consultado el 10 de julio de 2019).
- RODRÍGUEZ Padilla, V. (2018). Seguridad energética. Análisis y evaluación del caso de México. *Serie Estudios y Perspectivas*, 179. México: CEPAL. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/44366>

- ROMO Rico, D. & Galina Hidalgo, S. (2008). El futuro de los energéticos en la globalización. *Análisis Económico*, 23(54), 305-327. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/413/41311483015.pdf>
- ROMO, D. (2015). El Campo petrolero Cantarell y la economía mexicana. *Problemas del Desarrollo*, 46(183), 141-164. doi.org/10.1016/j.rpd.2015.10.007
- ROMO, D. (2016). Refinación de petróleo en México y perspectiva de la reforma energética. *Problemas del Desarrollo*, 47(187), 139-164. doi.org/10.1016/j.rpd.2016.10.005
- ROUSSEAU, I. (3 de diciembre de 2017). Mexico's Energy Reforms at Risk. *Édito Énergie, Ifri*. Recuperado de <https://www.ifri.org/en/publications/editoriaux-de-lifri/edito-energie/mexicos-energy-reforms-risk>
- SÁNCHEZ Peña, L. (2012). Hogares y consumo energético en México. *Revista Digital Universitaria*, 13(10), 1-8. Recuperado de <https://www.revista.unam.mx/vol.13/num10/art101/art101.pdf>
- SAXE-Fernández, J. (2002). *La compra-venta de México*. Barcelona: Plaza & Janés Editores, S.A.
- SHELLING, T. C. (1995). Intergenerational discounting. *Energy Policy*, 23(4), 395-401. doi.org/10.1016/0301-4215(95)90164-3
- SHELLING, T. C. (1998). The environmental challenges of power generation. *The Energy Journal*, 19(2), 115-124. doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol19-No2-6
- SORRELL, S. et al. (2012). Shaping the global oil peak: A review of the evidence on field sizes, reserve growth, decline rates and depletion rates. *Energy*, 37(1), 709-724. doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.010
- SOVACOO, B. K.; Speirs, J.; Bentlye, R.; Miller, R.; & Thompson, E. (2016). How long will it take? conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 13, 202-215. doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020
- SOVACOO, B.K. & Mukherjee, I. (2011). Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach, *Energy*, 36(8), 5343-5355. doi.org/10.1016/j.energy.2011.06.043
- THOMSON, H. & Bouzarovski, S. (2018). *Addressing energy poverty in the European Union: State of Play and Action*. Manchester: EU Energy Poverty Observatory. Recuperado de [https://www.energypoverty.eu/sites/default/files/downloads/publications/18-08/paneureport2018\\_final\\_v3.pdf](https://www.energypoverty.eu/sites/default/files/downloads/publications/18-08/paneureport2018_final_v3.pdf)
- TURTON, H., & Barreto, L. (2006). Long-term security of energy supply and climate change. *Energy Policy*, 34(15), 2232-2250. doi.org/10.1016/j.enpol.2005.03.016
- VARGAS Suárez, R. (2015). Reforma energética: De servicio público a modelo de negocios. *Política y Cultura*, (43), 125-145. Recuperado de <https://search-proquest-com.ezproxy.uned.es/docview/1703657164?accountid=14609>
- VARGAS, R. (2019). Integración energética transfronteriza para la industria eléctrica. *Energía Global*, (100), 80-104. Recuperado de <https://petroquimex.com/PDF/JulAgo19/ROSIO-VARGAS-ARMONIZACION-REGULATORIA.pdf>
- VARGAS, R. & Rodríguez-Padilla, V. (2006). La energía en la Alianza para la Seguridad y Prosperidad en América del Norte. *Norteamérica*, (1), p.p. 145-162. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/a9f7/ed0be037155baa36cc98f0934f5f766ba040.pdf>
- VILLARREAL, J. & Tornel, C. (2017). *La Transición Energética en México: retos y oportunidades para una política ambientalmente sustentable y socialmente inclusiva*. Fundación Friedrich-Ebert-Stiftung. Recuperado de <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/13901-20171211.pdf>
- VIÑUELA Olave, V. & Núñez Fuentes, I. (2012). Evolución de Costos Energías Renovables No Convencionales (ERNC). [Página web]. Recuperado de <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/costosernc/Inicio.html> (Consultado el 8 de mayo de 2019).
- VISCIDI, L. (2018). Mexico's renewable energy future. En D. Wood (Ed.), *Mexico's new energy reform* (pp. 146-163). Washington, D.C.: Mexico Institute, Wilson Center. Recuperado de [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos\\_new\\_energy\\_reform.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos_new_energy_reform.pdf)



- WINZER, C. (2012). Conceptualizing energy security. *Energy Policy*, 46(1), 36-48. doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.067
- WOLOSKI, A. (2006). Fuel of the Future: A Global Push Toward New Energy. *Harvard International Review*, 27(4), 40-43. Recuperado de <https://search-proquest-com.ezproxy.uned.es/docview/230889916?accountid=14609>
- WOOD, D. (2016). Energy and climate transitions in Mexico. En Looney, R. E. (Ed.), *Handbook of transitions to energy and climate security* (pp.155-167). Abingdon: Routledge.
- WOOD, D. & Martin, J. (2018). Of paradigm shifts and political conflict: the history of Mexico's second energy revolution. En D. Wood (ed.), *Mexico's new energy reform* (pp. 17-35). Washington, D.C.: Mexico Institute, Wilson Center. Recuperado de [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos\\_new\\_energy\\_reform.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/mexicos_new_energy_reform.pdf)
- YERGIN, Daniel. (2011). *The Quest. Energy, security, and the remaking of the Modern World*. New York, U.S.A: Penguin.

## Anexo Bibliográfico

- AHMED, A. & Villegas, P. (1 de julio de 2018). López Obrador gana la presidencia de México con una victoria aplastante. *The New York Times*. Recuperado de <https://www.nytimes.com/es/2018/07/02/espanol/america-latina/eleccion-2018-amlo-lopez-obrador.html>
- AIE et al. (2019). *Tracking SDG7: The energy progress report 2019*. Washington, D.C.: World Bank Publications. Recuperado de <http://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/2019-Tracking%20SDG7-Full%20Report.pdf>
- AIE. (2007). *Energy Security and Climate Change; assessing interactions*. París: AIE. Recuperado de [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/energy\\_security\\_climate\\_policy.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/energy_security_climate_policy.pdf)
- AIE. (2008). *World Energy Outlook 2008*. París: OCDE/AIE.
- AIE. (2014). *Agreement on an international energy program (as amended to 9th May 2014)*. París: OCDE/AIE.
- AIE. (2018a). *World Energy Investment 2018. Executive Summary*. París: AIE. Recuperado de <https://webstore.iea.org/download/summary/1242?fileName=English-WEI-2018-ES.pdf>
- AIE. (2018b). *World Energy Outlook 2018-Executive Summary*. París: OCDE/AIE. Recuperado de <https://webstore.iea.org/download/summary/190?fileName=English-WEO-2018-ES.pdf>
- AIE. (2019a). "Energy Security" [Página web]. Recuperado de <http://www.iea.org/topics/energysecurity/> (Consultado el 3 de mayo de 2019)
- AIE. (2019b). *Global EV Outlook 2019. Scaling up the transition to electric mobility*. París: OCDE/AIE. Recuperado de <https://www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/>
- AIE. (30 de mayo de 2018). Strong policy and falling battery cost drive another record year for electric cars. *Newroom*. Recuperado de <https://www.iea.org/newsroom/news/2018/may/strong-policy-and-falling-battery-costs-drive-another-record-year-for-electric-ca.html>
- AIE. (5 de marzo de 2018). Record oil output from US, Brazil, Canada and Norway to keep global market well supplied. Recuperado de <https://www.iea.org/news/record-oil-output-from-us-brazil-canada-and-norway-to-keep-global-markets-well-supplied>
- ARIAS Rodríguez, J. M. (14 de agosto de 2019). Un fondo de transición energética sin prender. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/nacion/un-fondo-de-transicin-energetica-sin-prender/308495> (Consultado el 29 de noviembre de 2019)
- ARMENGOL, J. (18 de mayo de 2020). La Red Nacional de Transmisión, ¿hacia dónde encaminarnos? *Energía Hoy*. Recuperado de

- <https://energiyahoy.com/2020/05/18/analisis-la-red-nacional-de-transmision-hacia-donde-encaminarnos/>
- ASOCIACIÓN Mexicana de Energía Solar A.C. [ASOLMEX], Asociación Mexicana de la Industria Fotovoltaica A.C [AMIF] y Asociación Nacional de Energía Solar A.C. [ANES]. (marzo de 2020). Monitor de información comercial e índice de precios de generación solar distribuida en México. *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ]*. Recuperado de [https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2020/04/Estudio\\_primer-monitor-de-información-comercial-e-%C3%ADndice-de-precios-de-Generación-Solar-Distribuida-GSDANES\\_AMIF\\_ASOLMEX\\_GIZ.pdf](https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2020/04/Estudio_primer-monitor-de-información-comercial-e-%C3%ADndice-de-precios-de-Generación-Solar-Distribuida-GSDANES_AMIF_ASOLMEX_GIZ.pdf)
- AUDITORÍA Superior de la Federación [ASF]. (2015). Informe de la Fiscalización Superior de la Cuenta Pública 2014. Recuperado de [https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2014i/Documentos/Auditorias/2014\\_0341\\_a.pdf](https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2014i/Documentos/Auditorias/2014_0341_a.pdf)
- BANCO de México. (2020). Sistema de Información Económica. [Página web]. Recuperado de <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/> (Consultado el 24 de marzo de 2020)
- BANCO Mundial. (2017). *The growing role of minerals and metals or low carbon future*. Washington, D.C.: World Bank Publication. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/207371500386458722/pdf/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf>
- BANCO Mundial. (2018). Informe de Auditoría al Proyecto de Eficiencia y Sustentabilidad en Municipios. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/840431530219426927/pdf/Informe-de-Auditoria8594-MX.pdf>
- BANCO Mundial. (2020). Data World Bank. [Página web]. Recuperado de <https://data.worldbank.org> (Consultado el 18 de mayo de 2020).
- BEETZ, B. (17 de abril de 2013). Germany's PV storage incentive program will come into force on May 1. *PV Magazine*. Recuperado de [https://www.pv-magazine.com/2013/04/17/germanys-pv-storage-incentive-program-will-come-into-force-on-may-1\\_100010946/#axzz2ZmB67KSY](https://www.pv-magazine.com/2013/04/17/germanys-pv-storage-incentive-program-will-come-into-force-on-may-1_100010946/#axzz2ZmB67KSY)
- BIERZOWSKY, R., Félix Muñoz, J. F. & Campuzano, C. (5 de mayo de 2020). Mexican ISO prevents wind and solar projects from reaching commercial operation. *Norton Rose Fulbright*. Recuperado de <https://www.nortonrosefulbright.com/en-pk/knowledge/publications/abe9cc6b/mexican-iso-prevents-wind-and-solar-projects-from-reaching-commercial-operation>
- BORDOFF, J. & Boersma, T. (6 de febrero de 2017). For Mexico, US could become the new Russia. *CNBC*. Recuperado de <https://www.cnbc.com/2017/02/06/for-mexico-us-could-become-the-new-russia-commentary.html>
- BRITISH Petroleum. (2017). Statistical Review of World Energy [Página web]. Recuperado de <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- BRITISH Petroleum. (2018). *BP Statistical Review of World Energy 2018*. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
- BRITISH Petroleum. (2020). *Statistical Review of World Energy June 2020. Statistical Review of World Energy-all data, 1965-2019*. [Página web]. Recuperado de <http://www.bp.com/statisticalreview>
- CAMACHO, Servin F. (29 de marzo de 2019). Bloqueadas 435 cuentas bancarias vinculadas al 'huachicol': UIF. *La Jornada*. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/ultimas/2019/03/29/bloqueadas-435-cuentas-bancarias-vinculadas-al-huachicol-uif-4440.html?fbclid=IwAR0UeXWcgRxtIOilyK5cEYux3o11wEUMwrkVI37uCCSrLimvWu8vQi3MOKs>

- CÁMARA de Diputados. (11 de diciembre de 2019). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2020. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/PEF\\_2020\\_111219.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/PEF_2020_111219.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (12 de diciembre de 2011). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2012. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2012/PEF\\_2012\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2012/PEF_2012_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (27 de diciembre de 2012). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2013. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2013/PEF\\_2013\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2013/PEF_2013_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (27 de noviembre de 2015). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2016. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2016/PEF\\_2016\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2016/PEF_2016_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (28 de diciembre de 2018). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2019. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2019/PEF\\_2019\\_orig\\_28dic18.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2019/PEF_2019_orig_28dic18.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (28 de noviembre de 2008). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2009. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2009/PEF\\_2009\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2009/PEF_2009_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (29 de noviembre de 2017). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2018. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2018/PEF\\_2018\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2018/PEF_2018_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (3 de diciembre de 2013). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2014. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2014/PEF\\_2014\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2014/PEF_2014_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (3 de diciembre de 2014). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2015. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2015/PEF\\_2015\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2015/PEF_2015_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (30 de noviembre de 2016). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2017. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2017/PEF\\_2017\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2017/PEF_2017_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (7 de diciembre de 2009). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2010. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2010/PEF\\_2010\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2010/PEF_2010_abro.pdf)
- CÁMARA de Diputados. (7 de diciembre de 2010). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2011. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2011/PEF\\_2011\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2011/PEF_2011_abro.pdf)
- CARMONA, D. (14 de junio de 2020). Inicia el proceso de nacionalización de la industria eléctrica. Efemérides 27 de septiembre de 1960. Memoria Política de México. [Página web]. Recuperado de <http://memoriapoliticademexico.org/Efemerides/9/27091960.html>
- CENACE. (2018). Informe de Rendición de cuentas de Conclusión de la Administración 2012-2018. Recuperado de <https://www.cenace.gob.mx/Docs/Transparencia/InformesGestion/06-Informe%20de%20Rendición%20de%20Cuentas%20de%20la%20Conclusión%20de%20la%20Administración%202014-2018.pdf> (Consultado el 10 de octubre de 2019).
- CENTRO de Estudios de las Finanzas Públicas [CEFP]. (19 de junio de 2019). *Principales ampliaciones y reducciones presupuestales en los Ramos Administrativos. Primer Trimestre de 2019*. CEFP. Recuperado de <https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2019/notacefp0312019.pdf>
- CENTRO de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y Soberanía Alimentaria [CEDRSSA]. (2019). Fertilizantes. *Notas sobre fertilizantes*. CEDRSSA. Recuperado de [http://www.cedrssa.gob.mx/post\\_n-fertilizantes-n.htm](http://www.cedrssa.gob.mx/post_n-fertilizantes-n.htm)
- CESOP. (marzo de 2008). Sector energético. *Carpeta informativa, Cámara de Diputados, LX Legislatura*. Recuperado de [http://archivos.diputados.gob.mx/Centros\\_Estudio/Cesop/Documentos/Carpeta\\_informativa\\_sector\\_energetico.pdf](http://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Documentos/Carpeta_informativa_sector_energetico.pdf)

- CFE. (19 de febrero de 2020). Reduce la CFE en 2019 el índice de pérdidas de energía eléctrica de 11,21% en 2018 a 10,97%; la meta para 2020 es bajar en 9.99%. *Boletines de prensa*. Recuperado de <https://www.cfe.mx/salaprensa/Paginas/salaprensadetalle.aspx?iid=594&ilib=5>
- CFE. (2015). Informe Anual 2015. Recuperado de [https://www.cfe.mx/inversionistas/Documents/informe\\_anual/Informe-Anual-2015-CFE-Acc.pdf](https://www.cfe.mx/inversionistas/Documents/informe_anual/Informe-Anual-2015-CFE-Acc.pdf)
- CFE. (2020). Tabulador de tarifas de electricidad. [Página web]. Recuperado de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/Tarifa1.aspx> y [https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas\\_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2017](https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2017) (Consultado el 7 de enero de 2020).
- CIA. (2019). The World Factbook. [Página web]. Recuperado de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/264rank.html> (Consultado el 10 de abril de 2019)
- CLEANERGY. (17 de mayo de 2018). Masen and Cleanergy step up their joint quest for low cost solar energy storage. *PV Magazine*. Recuperado de <https://www.pv-magazine.com/press-releases/masen-and-cleanergy-step-up-their-joint-quest-for-low-cost-solar-energy-storage/>
- CMNUCC. (2019). GHG Profiles-Non-Annex I. *GHG Data Interface*. [Página web]. Recuperado de [http://di.unfccc.int/ghg\\_profile\\_non\\_annex1](http://di.unfccc.int/ghg_profile_non_annex1) (Consultado el 12 de abril de 2019)
- CNH. (2019). Prospectiva de producción Nacional de Gas Natural. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/488400/Prospectiva\\_Produccion\\_Nacional\\_Gas\\_Natural\\_\\_2\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/488400/Prospectiva_Produccion_Nacional_Gas_Natural__2_.pdf)
- CNH. (2020). Asociaciones de Pemex. Trión. Recuperado de <https://rondasmexico.gob.mx/media/2073/trion-ficha-final.pdf>
- CONACYT & SENER. (2018). *Libro Blanco 2012-2018. Fondos Sectoriales CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética e Hidrocarburos*. Recuperado de [https://base.energia.gob.mx/ER1218/LB\\_FondosSectoriales.PDF](https://base.energia.gob.mx/ER1218/LB_FondosSectoriales.PDF)
- CONEVAL. (2011). Porcentaje de la población en viviendas con carencia por servicio de electricidad en la vivienda según entidad federativa, 1990-2010. Recuperado de [https://www.coneval.org.mx/rw/resource/coneval/med\\_pobreza/Servicios\\_basicos\\_de\\_la\\_vivienda\\_Censo\\_2010/Poblacion\\_viviendas\\_carencia\\_electricidad.pdf#search=Electricidad](https://www.coneval.org.mx/rw/resource/coneval/med_pobreza/Servicios_basicos_de_la_vivienda_Censo_2010/Poblacion_viviendas_carencia_electricidad.pdf#search=Electricidad) (Consultado el 27 de diciembre de 2019).
- CONSEJO Mexicano de Asuntos Internacionales. (2017). México ante el espejo: La consolidación del nuevo modelo energético mexicano. *COMEXI*. Recuperado de <http://consejomexicano.org/multimedia/1512434060-691.pdf>
- COOPERACIÓN de América del Norte en Información Energética [CANIE]. (2017). Infraestructura de Norteamérica. [Página web]. Recuperado de <https://www.nacei.org> (Consultado el 21 de abril de 2020).
- CRS. (10 de junio de 2015). Critical Infrastructures: Background, Policy, and Implementation. Recuperado de <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/RL/RL30153>
- CRS. (2 de marzo de 2020). NAFTA and the United States-Mexico-Canada Agreement (USMCA). Recuperado de <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R44981>
- CRS. (28 de septiembre de 2015). Mexico's oil and gas sector: Background, reform efforts, and implications for the United States. Recuperado de <https://fas.org/sgp/crs/row/R43313.pdf>
- CRS. (8 de julio de 2019). Critical Infrastructure: Emerging Trends and Policy Considerations for Congress. Recuperado de <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45809>
- CRUZ Serrano, N. (24 de septiembre de 2018). Ocho grupos saquean combustible a Pemex. *El Universal*. Recuperado de <http://www.eluniversal.com.mx/cartera/ocho-grupos-saquean-combustible-pemex>
- CRUZ Vargas, J. C. (1 de octubre de 2018). Adiós al TLCAN (ahora USMCA): un año y ocho rondas de negociaciones llenas de obstáculos. *Proceso*. Recuperado de

- <https://www.proceso.com.mx/553223/adios-al-tlcan-ahora-usmca-un-ano-y-ocho-rondas-de-negociaciones-lenas-de-obstaculos>
- EL ECONOMISTA. (10 de diciembre de 2013). Senado echa al sindicato del consejo de Pemex. *El Economista*. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/empresas/Senado-echa-al-sindicato-del-consejo-de-Pemex-20131210-0036.html>
- EL INFORMADOR. (23 de enero de 2013). Escasez de gas deja pérdidas por US16,350 millones. *El Informador*. Recuperado de <https://www.informador.mx/Economia/Escasez-de-gas-deja-perdidas-por-US16350-millones-20130124-0235.html>
- ENERGÍA a Debate. (13 de febrero de 2019). BHP Billiton aprueba fondos para perforar en el campo Trión. *Energía a Debate*. Recuperado de <https://www.energiaadebate.com/petroleo/bhp-billiton-aprueba-fondos-para-perforar-en-el-campo-trion/>
- ENERGÍA a Debate. (8 de agosto de 2019). Conservará Pemex áreas otorgadas en la Ronda Cero: CNH. *Energía a Debate*. Recuperado de <https://www.energiaadebate.com/petroleo/conservara-pemex-areas-otorgadas-en-la-ronda-cero-cnh/>
- ENERGÍA ESTRATÉGICA. (28 de septiembre de 2019). El listado con 15 grandes empresas que apuestan a la energía renovable en México bajo contratos PPA y autogeneración. *Energía Estratégica*. Recuperado de <https://www.energiaestrategica.com/el-listado-con-15-grandes-empresas-que-apuestan-a-la-energia-renovable-en-mexico-bajo-contratos-ppa-y-autogeneracion/>
- ENERGÍA Hoy. (11 de marzo de 2019). Sector energético: La nueva ruta 2018-2024. *Energía Hoy*. Recuperado de <https://energiayahoy.com/sector-energetico-la-nueva-ruta-2018-2024/>
- ENERGÍA Hoy. (17 de enero de 2018). Gasoducto Sistema Nueva Era estará listo para segundo semestre de 2018. *Energía Hoy*. Recuperado de <https://energiayahoy.com/2018/01/17/gasoducto-sistema-nueva-estara-listo-para-segundo-semestre-de-2018/>
- EUROPEAN Commission [EC]. (septiembre de 2013). EUA, China reach amicable settlement in PV trade dispute. *SETIS Magazine*. Recuperado de <https://setis.ec.europa.eu/setis-reports/setis-magazine/solar-power/eu-china-reach-amicable-settlement-pv-trade-dispute>
- EXPANSIÓN. (2 de marzo de 2011). Refinería tendrá que esperar hasta 2012. *Expansión*. Recuperado de <https://expansion.mx/obras/2011/03/02/refineria-tula-hidalgo-pemex-coppel>
- FRANKFURT School, UNEP Centre & Bloomberg New Energy Finance. (2020). *Global trends in renewable energy investment 2020*. Recuperado de [https://www.fs-unesp-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR\\_2020.pdf](https://www.fs-unesp-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf)
- FUENTES, A. (14 de mayo de 2019). La era dorada del petróleo de esquisto pierde lustre. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/opinion/columnas/la-era-dorada-del-petroleo-de-esquisto-pierde-lustre/284803>
- FUENTES, A. (21 de noviembre de 2017). Integración energética de América del Norte. *La Silla Rota*. <https://lasillarota.com/opinion/columnas/integracion-energetica-de-america-del-norte/189583>
- FUENTES, A. (24 de diciembre de 2019). Desilusión en la lucha contra el cambio climático. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/opinion/columnas/desilusion-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico/347314>
- FUENTES, A. (26 de septiembre de 2017). Cambio climático, cambio de señales. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/opinion/columnas/cambio-climatico-cambio-de-senales/178912>
- FUENTES, A. (28 de noviembre de 2017). Dominio de la energía, ni la OPEP se escapa. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/opinion/columnas/dominio-de-la-energia-ni-la-opep-se-escapa/191145>
- FUENTES, A. (29 de mayo de 2018). Irán, el petróleo y la gasolina en México. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/opinion/columnas/iran-el-petroleo-y-la-gasolina-en-mexico/224956>

- FUENTES, A. (30 de abril de 2019). El arma del petróleo. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/opinion/columnas/el-arma-del-petroleo/282379>
- FUENTES, A. (5 de marzo de 2019). Independencia energética vs transición energética. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/opinion/columnas/independencia-energetica-vs-transicion-energetica/274028>
- GLOBAL Commission on the Geopolitics of Energy Transformation [GCGET]. (2019). *A New World. The Geopolitics of the Energy Transformation*. Recuperado de [http://www.geopoliticsofrenewables.org/assets/geopolitics/Reports/wp-content/uploads/2019/01/Global\\_commission\\_renewable\\_energy\\_2019.pdf](http://www.geopoliticsofrenewables.org/assets/geopolitics/Reports/wp-content/uploads/2019/01/Global_commission_renewable_energy_2019.pdf)
- GOBIERNO de la República. (20 de mayo de 2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013)
- GOBIERNO de la República. (2013). Reforma Energética. Explicación ampliada. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion\\_ampliada\\_de\\_la\\_Reforma\\_Energetica1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.pdf)
- GOBIERNO de la República. (31 de mayo de 2007). Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013)
- GOBIERNO de México. (30 de abril de 2019). Anexo XVIII Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. *Gaceta Parlamentaria*, (5266-XVIII). Recuperado de <http://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2019/abr/20190430-XVIII.pdf>
- GUTIÉRREZ, G. y Vega, M. (1997). Automatización de subestaciones. Integración de aplicaciones sobre el SICLE. *Artículos técnicos/Boletín Instituto de Investigaciones Eléctricas [IIE]*. Recuperado de <https://www.ineel.mx/publica/bolja97/tec1ja97.htm>
- HOWELL, J. (24 de octubre de 2017). Number of connected IoT devices will surge to 125 billion by 2030, Markit says. *Press Release HIS Markit Technology*. Recuperado de <https://technology.ihs.com/596542/number-of-connected-iot-devices-will-surge-to-125-billion-by-2030-ihs-markit-says> (Consultado el 19 de mayo de 2019)
- HUFFPOST. (20 de febrero de 2013). Boiko Borisov, primer ministro de Bulgaria dimite con su gobierno en bloque por protestas ciudadanas. *Huffpost*. Recuperado de [https://www.huffingtonpost.es/2013/02/20/boiko-borisov-primer-ministro-bulgaria-dimision\\_n\\_2722118.html](https://www.huffingtonpost.es/2013/02/20/boiko-borisov-primer-ministro-bulgaria-dimision_n_2722118.html)
- INEGI. (2015). Balanza comercial de mercancías de México. Anuario estadístico 2014. Recuperado de [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/anurio\\_balanza/exp\\_dolares/ED201401.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anurio_balanza/exp_dolares/ED201401.pdf)
- INEGI. (2018). Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018. *SNIEG*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/encevi/2018/default.html#Documentacion> (Consultado el 12 de agosto de 2019).
- INEGI. (2020a). Balanza Comercial de México. [Página web]. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/balanza/> (Consultado el 17 de marzo de 2020)
- INEGI. (2020b). Banco de Información Económica. [Página web]. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/bie.html> (Consultado el 17 de marzo de 2020).
- INEGI. (2020c). Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros. [Página web]. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/> (Consultado el 7 de abril de 2020)
- INEGI. (2020d). Transporte, parque vehicular. [Página web]. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/> (Consultado el 25 de junio de 2020).
- INFOBAE. (3 de enero de 2020). En 2020 las tarifas eléctricas aumentarán más que en 2019. *Infobae*. Recuperado de <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/01/03/en-2019-aumento-48-la-tarifa-electrica-en-2020-subira-a-5/>

- INSTITUTO Nacional de Electricidad y Energías Limpias [INEEL]. (2011). Automatización de la distribución: presente y futuro. *Boletín 02, IIE*. Recuperado de <https://www.ineel.mx/boletin022011/divulga.pdf>
- IRENA. (2015). *Renewable Energy Prospects: Mexico, REmap 2030 analysis*. Abu Dhabi: IRENA. Recuperado de [https://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena\\_remap\\_mexico\\_summary\\_2015.pdf](https://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_remap_mexico_summary_2015.pdf)
- IRENA. (2017). *Untapped Potential for Climate Action: Renewable Energy in Nationally Determined Contributions*. Abu Dhabi: IRENA. Recuperado de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Nov/IRENA\\_Untapped\\_potential\\_NDCs\\_2017.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Nov/IRENA_Untapped_potential_NDCs_2017.pdf)
- IRENA. (2018). *Renewable Power Generation Cost in 2017*. Abu Dhabi: IRENA. Recuperado de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA\\_2017\\_Power\\_Costs\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf)
- IRENA. (2019a). *Global Energy Transformation. A Roadmap to 2050 (2019 edition)*. Abu Dhabi: IRENA. Recuperado de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA\\_Global\\_Energy\\_Transformation\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf)
- IRENA. (2019b). *Renewable capacity statistics 2019*. Abu Dhabi: IRENA. Recuperado de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2019.pdf)
- IRENA. (2019c). *Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2019*. Abu Dhabi: IRENA. Recuperado de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA\\_RE\\_Jobs\\_2019-report.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_RE_Jobs_2019-report.pdf)
- IRENA. (2019d). Resource. Country profiles. Mexico. [Página web]. Recuperado de <http://resourceirena.irena.org/gateway/countrySearch/?countryCode=MEX> (Consultado el 10 de octubre de 2019).
- IRENA. (2020). *Renewable capacity statistics 2020*. Abu Dhabi: IRENA. Recuperado de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2020.pdf)
- LA CROIX. (2 de febrero de 2019). Acte 12 des «Gilets jaunes», 58 600 manifestants dans toute la France. *La Croix*. Recuperado de <https://www.la-croix.com/France/Securite/En-direct-lacte-12-Gilets-jaunes-veut-rendre-hommage-blesses-2019-02-02-1200999792>
- LA INFORMACIÓN. (29 de junio de 2014). La crisis política en Bulgaria obliga al presidente a adelantar elecciones. *La Información*. Recuperado de [https://www.lainformacion.com/mundo/la-crisis-politica-en-bulgaria-obliga-al-presidente-a-adelantar-elecciones\\_7WfswqBSgpzVvo218Gvs31/](https://www.lainformacion.com/mundo/la-crisis-politica-en-bulgaria-obliga-al-presidente-a-adelantar-elecciones_7WfswqBSgpzVvo218Gvs31/)
- LA SILLA Rota. (16 de enero de 2020). T-MEC, cronología de la ratificación. *La Silla Rota*. Recuperado de <https://lasillarota.com/nacion/t-mec-cronologia-de-la-ratificacion-t-mec-donald-trump-amlo-t-mec-t-mec-noticias/343642>
- LAJOUS, A. (1 de octubre de 2009). El ocaso de Cantarell. *Nexos*. Recuperado de <https://www.nexos.com.mx/?p=13321>
- LAJOUS, A. (11 de septiembre de 2018). Gas natural: un problema de seguridad energética. *Nexos*. Recuperado de <https://www.nexos.com.mx/?p=39327>
- LIMÓN Portillo, A. (21 de enero de 2019). Infraestructura de almacenamiento y transporte de petrolíferos. Una medida de seguridad energética. *Centro de Investigación Económica y Presupuestaria (CIEP)*. Recuperado de <https://ciep.mx/infraestructura-de-almacenamiento-y-transporte-de-petroliferos-una-medida-de-seguridad-energetica/#fnref2>
- LOGI NEWS. (7 de enero de 2020). El hidrógeno se hace a la mar con cero emisiones. *LogiNews*. Recuperado de <https://noticiaslogisticaytransporte.com/nuevas-tendencias/07/01/2020/el-hidrogeno-se-hace-a-la-mar-con-cero-emisiones/145881.html>

- MOLANO, M. (6 de mayo de 2020). Coronavirus y la red eléctrica. *El Financiero*. Recuperado de <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/manuel-molano/el-coronavirus-y-la-red-electrica>
- MORALES, R. (21 de enero de 2014). Mercado para generación renovable se dispara al 2020. *El Economista*. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/empresas/Mercado-para-generacion-renovable-se-disparara-al-2020-20140121-0067.html>
- NATIONAL Energy Policy Development Group [NEPDG]. (2001). The Nacional Energy. Recuperado de <https://www.nrc.gov/docs/ML0428/ML042800056.pdf>
- NAVA, D. (18 de junio de 2019). Declaran estado de emergencia en la Península de Yucatán por falta de electricidad. *El Financiero*. Recuperado de <https://www.elfinanciero.com.mx/peninsula/peninsula-de-yucatan-en-emergencia-por-falta-de-electricidad-cenace>
- OCAMPO Téllez, E. (3 de noviembre de 2017). Desafíos de un modelo energético sostenible. *Energía a Debate*. Recuperado de <https://www.energiaadebate.com/blog/2729/>
- OCDE. (2019). *Qwids. Query Wizard for International Development Statistics*. [Página web] Recuperado de <https://stats.oecd.org/qwids/> (Consultado el 3 de julio de 2019).
- OCDE. (2020). OECD Data. Average wages. [Página web]. Recuperado de <https://data.oecd.org/earnwage/average-wages.htm> (Consultado el 11 de junio de 2020).
- OFFICE of the United States Trade Representative [USTR]. (22 de enero de 2018). President Trump Approves Relief for U.S. Washing Machine and Solar Cell Manufactures. *Executive Office of the President*. Recuperado de <https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2018/january/president-trump-approves-relief-us>
- OIEA. (2020). Power Reactor Information System. [Página web]. Recuperado de <https://pris.iaea.org/pris/> (Consultado el 10 de julio de 2020)
- OIT. (2018). *Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo 2018: Sostenibilidad medioambiental con empleo*. Ginebra: OIT. Recuperado de [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms\\_638150.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_638150.pdf)
- OJEDA, L. (25 de marzo de 2019) El hidrógeno, el combustible alternativo para un transporte marítimo sin emisiones. *El periódico de la energía*. Recuperado de <https://elperiodicodelaenergia.com/el-hidrogeno-el-combustible-alternativo-para-un-transporte-maritimo-sin-emisiones/>
- PEMEX. (10 de septiembre de 2014). Invertirá Pemex más de 208 millones de dólares en el Sistema Automatizado SCADA. *Boletines nacionales*. Recuperado de [http://www.pemex.com/saladeprensa/boletines\\_nacionales/Paginas/2014-087\\_nacional.aspx](http://www.pemex.com/saladeprensa/boletines_nacionales/Paginas/2014-087_nacional.aspx)
- PEMEX. (2005). Anuario Estadístico 2004. Recuperado de [https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/2004\\_a\\_e\\_00\\_vc\\_e.pdf](https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/2004_a_e_00_vc_e.pdf)
- PEMEX. (2006). Anuario Estadístico 2005. Recuperado de [https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/2005\\_a\\_e\\_00\\_vc\\_e.pdf](https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/2005_a_e_00_vc_e.pdf)
- PEMEX. (2014). Informe Anual 2013. Recuperado de [http://www.pemex.com/acerca/informes\\_publicaciones/Documents/informes\\_art70/2013/Informe\\_Anuual\\_PEMEX\\_2013.pdf](http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/informes_art70/2013/Informe_Anuual_PEMEX_2013.pdf)
- PEMEX. (2017a). Anuario Estadístico 2016. Recuperado de <https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/anuario-estadistico-2016.pdf>
- PEMEX. (2017b). Informe de sustentabilidad 2016. Recuperado de [http://www.pemex.com/etica-e-integridad/sustentable/informes/Documents/inf\\_sustentabilidad\\_2016\\_esp\\_verificacion.pdf](http://www.pemex.com/etica-e-integridad/sustentable/informes/Documents/inf_sustentabilidad_2016_esp_verificacion.pdf)
- PEMEX. (2017c). Tomas clandestinas 2017. Recuperado de [http://www.pemex.com/acerca/informes\\_publicaciones/Paginas/tomas-clandestinas2017.aspx](http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Paginas/tomas-clandestinas2017.aspx)



- PEMEX. (2018a). Informe Anual 2017. Recuperado de [http://www.pemex.com/acerca/informes\\_publicaciones/Documents/Informe-Anual/Informe\\_Anuual\\_2017.pdf](http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/Informe-Anual/Informe_Anuual_2017.pdf)
- PEMEX. (2018b). Reporte de tomas clandestinas en 2018. Recuperado de [http://www.pemex.com/acerca/informes\\_publicaciones/Paginas/tomas-clandestinas.aspx](http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Paginas/tomas-clandestinas.aspx)
- PEMEX. (2019a). Anuario Estadístico 2018. Recuperado de [https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/anuario-estadistico\\_2018.pdf](https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/anuario-estadistico_2018.pdf)
- PEMEX. (2019b). Plan de negocios de Petróleos Mexicanos y sus empresas productivas subsidiarias 2019-2023. Recuperado de [https://www.pemex.com/acerca/plan-de-negocios/Documents/pn\\_2019-2023\\_total.pdf](https://www.pemex.com/acerca/plan-de-negocios/Documents/pn_2019-2023_total.pdf)
- PEMEX. (2020a). Estadísticas petroleras. [Página web]. Recuperado de <https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Paginas/IndicadoresPetroleros.aspx> (Consultado el 28 de marzo de 2020).
- PEMEX. (2020b). Infraestructura. [Página web]. Recuperado de <https://www.pemex.com/nuestro-negocio/infraestructura/Paginas/default.aspx>
- PEMEX. (2020c). Petroleros Mexicanos, Empresas Productivas Subsidiarias y Compañías Subsidiarias. Estados financieros consolidados. Por los años terminados el 31 de diciembre de 2019, 2018 y 2017. Recuperado de <https://www.pemex.com/ri/finanzas/Resultados%20anuales/Dictamen%20Consolidado%20dic%202019.pdf>
- PEMEX. (27 de noviembre de 2018). Pemex incrementa su proyección de reservas 3P en el campo Ixachi, en Veracruz, a más de 1,000 millones de barriles de petróleo crudo equivalente. *Boletines nacionales*. Recuperado de [http://www.Pemex.com/saladeprensa/boletines\\_nacionales/Paginas/2018-92-nacional.aspx](http://www.Pemex.com/saladeprensa/boletines_nacionales/Paginas/2018-92-nacional.aspx)
- PEMEX. (27 de septiembre de 2017). Pemex informa sobre las afectaciones por los fenómenos naturales ocurridos en septiembre. *Boletines nacionales*. Recuperado de [http://www.pemex.com/saladeprensa/boletines\\_nacionales/Paginas/2017-083-nacional.aspx](http://www.pemex.com/saladeprensa/boletines_nacionales/Paginas/2017-083-nacional.aspx)
- PEMEX. (29 de octubre de 2015). Pemex and Cenegas signed an assets transfer contract of the National Pipeline System. *Boletines nacionales*. Recuperado de [https://www.pemex.com/en/press\\_room/press\\_releases/Paginas/2015-099-national.aspx](https://www.pemex.com/en/press_room/press_releases/Paginas/2015-099-national.aspx)
- PEMEX. (9 de diciembre de 2019). Con Plan Nacional de Refinación, México alcanza soberanía energética: Romero Oropeza. *Boletines nacionales*. Recuperado de [https://www.pemex.com/saladeprensa/boletines\\_nacionales/Paginas/2018-093-nacional.aspx](https://www.pemex.com/saladeprensa/boletines_nacionales/Paginas/2018-093-nacional.aspx)
- PEMEX. (9 de octubre de 2018). Pemex descubre importantes yacimientos de crudo ligero en aguas someras de las Cuencas del Sureste. *Boletines nacionales*. Recuperado de [http://www.pemex.com/saladeprensa/boletines\\_nacionales/Paginas/2018-082-nacional.aspx](http://www.pemex.com/saladeprensa/boletines_nacionales/Paginas/2018-082-nacional.aspx)
- PEMEX. (diciembre de 2017). Investor Presentation. Recuperado de [http://saltecintl.com/wp-content/uploads/2017/12/12\\_07\\_17-Pemex-Investor-presentation.pdf](http://saltecintl.com/wp-content/uploads/2017/12/12_07_17-Pemex-Investor-presentation.pdf)
- PICKEREL, K. (5 de marzo de 2019). U.S. energy storage market makes huge gains in 2018, expects to double this year. *Solar Power World*. Recuperado de <https://www.solarpowerworldonline.com/2019/03/u-s-energy-storage-market-makes-huge-gains-in-2018-expects-to-double-this-year/>
- PRESIDENCIA de la República. (1 de septiembre de 2019). 1 Informe de Gobierno 2018-2019. Recuperado de [https://framework-gb.cdn.gob.mx/informe/Informe\\_Gobierno\\_de\\_Mexico.pdf](https://framework-gb.cdn.gob.mx/informe/Informe_Gobierno_de_Mexico.pdf)
- PRESIDENCIA de la República. (30 de abril de 2014). Una política multidimensional para México en el siglo XXI. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342824&fecha=30/04/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342824&fecha=30/04/2014) (Consultado el 27 de noviembre de 2019).

- PRESIDENCIA de la República. (30 de mayo de 2001). Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/compila/pnd.htm>
- PROYECTO 18. (2017). Proyecto de Nación 2018-2024. Recuperado de <https://contralacorrupcion.mx/trenmaya/assets/plan-nacion.pdf>
- PROYECTOS de México. (21 de enero de 2019). Proyecto Construcción, instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura de transmisión que conecta el Sistema Eléctrico de Baja California (BC) con el Sistema Interconectado Nacional (SIN) en el Estado de Sonora. *Proyectos de México*. Recuperado de [https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto\\_inversion/716-interconexion-del-sistema-electrico-de-baja-california-con-el-sistema-interconectado-nacional/](https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/716-interconexion-del-sistema-electrico-de-baja-california-con-el-sistema-interconectado-nacional/) (Consultado el 8 de abril de 2020).
- PROYECTOS de México. (28 de enero de 2019). Proyecto Construcción, modernización, operación y mantenimiento de la línea de transmisión de corriente directa, Yau-tepec-Ixtepec, en los Estados de Morelos, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Ciudad de México y Estado de México. *Proyectos de México*. Recuperado de [https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto\\_inversion/024-linea-de-transmision-de-corriente-directa-yau-tepec-ixtepec/](https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/024-linea-de-transmision-de-corriente-directa-yau-tepec-ixtepec/) (Consultado el 8 de abril de 2020).
- ROCK, L. R. (6 de enero de 2019). El coletazo del huachicol. *El Universal*. Recuperado de <https://www.eluniversal.com.mx/columna/roberto-rock-l/nacion/el-coletazo-del-huachicol>
- RTVE/EFE. (20 de febrero de 2013). Dimite el Gobierno búlgaro tras una oleada de protestas por el encarecimiento de la luz. *RTVE/EFE*. Recuperado de <http://www.rtve.es/noticias/20130220/dimite-primer-ministro-bulgaro-tras-oleada-protestas-encarecimiento-luz/609440.shtml>
- SCHNEIDER, M. (2019). World Nuclear Industry Status as of 1 January 2019. *World Nuclear Industry Status Report*. Recuperado de <https://www.worldnuclearreport.org> (Consultado el 6 de mayo de 2019).
- SECRETARÍA de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU]. (2018). Sistema Urbano Nacional 2018. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400771/SUN\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400771/SUN_2018.pdf)
- SECRETARÍA de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU]. (2019). Proyecto del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2019-2024. Recuperado de <http://www.fcarm.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Proyecto-del-Programa-Nacional-de-Ordenamiento-Territorial-2020-2024-1.pdf>
- SENADO de la República. (12 de mayo de 2019). Buscan duplicar recursos para el desarrollo de energías sustentables. *Boletines*. Recuperado de <http://comunicacion.senado.gob.mx/index.php/informacion/boletines/44825-buscan-duplicar-recursos-para-el-desarrollo-de-energias-sustentables.html>
- SENADO de la República. (5 de diciembre de 2017). Dictamen de las Comisiones Unidas de Relaciones Exteriores Organismos Internacionales, Relaciones Exteriores, y Energía por el que se aprueba el Acuerdo sobre un Programa Internacional de Energía, hecho en París el 18 de noviembre de 1974, enmendado el 9 de mayo de 2014. Recuperado de [http://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/63/3/2017-12-06-1/assets/documentos/Dic\\_REOI\\_Programa%20\\_Internacional\\_energia.pdf](http://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/63/3/2017-12-06-1/assets/documentos/Dic_REOI_Programa%20_Internacional_energia.pdf)
- SENER. (12 de febrero de 2016). Firman México, Canadá y Estados Unidos Memorandum de Entendimiento sobre Cooperación en Materia de Cambio Climático y Energía. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/prensa/firman-mexico-canada-y-estados-unidos-memorandum-de-entendimiento-sobre-cooperacion-en-materia-de-cambio-climatico-y-energia>
- SENER. (13 de diciembre de 2013). Programa Sectorial de Energía 2013-2018. Recuperado de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5326587&fecha=13/12/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326587&fecha=13/12/2013)
- SENER. (14 de noviembre de 2017). Comunicado de Canadá, Estados Unidos y México, tras reunión de los Secretarios de Energía en Houston. Boletín de prensa 105. Recuperado

- de <https://www.gob.mx/sener/prensa/comunicado-de-canada-estados-unidos-y-mexico-tras-la-reunion-de-los-secretarios-de-energia-en-houston>
- SENER. (15 de diciembre de 2018). En Ciudad del Carmen, presidente López Obrador presenta Plan Nacional para la Producción de Hidrocarburos. Recuperado de <https://www.gob.mx/presidencia/prensa/en-ciudad-del-carmen-presidente-lopez-obrador-presenta-plan-nacional-para-la-produccion-de-hidrocarburos?idiom=es>
- SENER. (15 de noviembre de 2017). Colaboración energética en América del Norte atraerá mayor inversión a México. *Boletín de prensa* 107. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/prensa/colaboracion-energetica-en-america-del-norte-atraera-mayor-inversion-a-mexico> (Consultado el 16 de abril de 2020).
- SENER. (16 de noviembre de 2017). Anuncian SENER y CENACE, resultados preliminares de la Subasta de Largo Plazo de 2017. *Boletín de prensa* 108. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/prensa/anuncian-sener-y-cenace-resultados-preliminares-de-la-subasta-de-largo-plazo-de-2017> (Consultado el 10 de octubre de 2019).
- SENER. (17 de mayo de 2019). Plan Nacional para la Producción de Hidrocarburos. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/articulos/plan-nacional-para-la-produccion-de-hidrocarburos-200804>
- SENER. (2014a). Prospectiva de Gas Natural y Gas LP 2014-2028. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62944/Gas\\_natural\\_y\\_Gas\\_L.P.\\_2014-2028.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62944/Gas_natural_y_Gas_L.P._2014-2028.pdf)
- SENER. (2014b). Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2014-2018. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62946/Petr\\_leo\\_y\\_Petrol\\_feros\\_2014-2028.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62946/Petr_leo_y_Petrol_feros_2014-2028.pdf)
- SENER. (2015a). Prospectiva de Gas Natural y Gas LP 2015-2029. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44326/Prospectiva\\_Gas\\_Natural\\_y\\_Gas\\_LP.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44326/Prospectiva_Gas_Natural_y_Gas_LP.pdf)
- SENER. (2015b). Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2015-2029. Recuperación de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44327/Prospectiva\\_Petroleo\\_Crudo\\_y\\_Petroliferos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44327/Prospectiva_Petroleo_Crudo_y_Petroliferos.pdf)
- SENER. (2016a). Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009 – 2014. Informe Cero 2009-2015. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/101526/Informe\\_Cero\\_\\_FOTEASE.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/101526/Informe_Cero__FOTEASE.pdf)
- SENER. (2016b). Prospectiva de Energías Renovables 2016-2030. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva\\_de\\_Energias\\_Renovables\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2016-2030.pdf)
- SENER. (2016c). Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2016-2030. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177673/Prospectiva\\_de\\_Petr\\_leo\\_Crudo\\_y\\_Petrol\\_feros\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177673/Prospectiva_de_Petr_leo_Crudo_y_Petrol_feros_2016-2030.pdf)
- SENER. (2016d). Proyectos y obras de transmisión instruidos por la SENER a la CFE para su ejecución. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159271/Proyectos\\_y\\_Obras\\_de\\_Transmision\\_Instruidos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159271/Proyectos_y_Obras_de_Transmision_Instruidos.pdf)
- SENER. (2017a). Informe Uno del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241356/Informe\\_Uno\\_del\\_FOTEASE\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241356/Informe_Uno_del_FOTEASE_2017.pdf)
- SENER. (2017b). Política Pública de almacenamiento mínimo de petrolíferos. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/272389/Politica\\_Publica\\_de\\_Almacenamiento\\_Minimo\\_de\\_Petrol\\_feros.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/272389/Politica_Publica_de_Almacenamiento_Minimo_de_Petrol_feros.pdf)
- SENER. (2017c). PRODESEN. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017-2031. Recuperado de <https://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2017/PRODESEN-2017-2031.pdf>

- SENER. (2017d). Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2017-2031. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/325641/Prospectiva\\_de\\_Petr\\_leo\\_Crudo\\_y\\_Petroliferos\\_2017-2031.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/325641/Prospectiva_de_Petr_leo_Crudo_y_Petroliferos_2017-2031.pdf)
- SENER. (2018a). Diagnóstico de la Industria de Petrolíferos en México. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416899/Parte\\_1\\_vf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416899/Parte_1_vf.pdf) y [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/417437/Parte\\_2\\_vf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/417437/Parte_2_vf.pdf)
- SENER. (2018b). Informe Dos del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/328985/Informe\\_Dos\\_del\\_FOTEASE\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/328985/Informe_Dos_del_FOTEASE_2017.pdf)
- SENER. (2018c). PRODESEN. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032. Recuperado de <https://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2018/PRODESEN18.pdf>
- SENER. (2018d). Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032. Recuperado de [https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PER\\_18\\_32\\_F.pdf](https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PER_18_32_F.pdf)
- SENER. (2018e). Prospectiva de Gas Natural 2018-2032. Recuperado de [https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGN\\_18\\_32\\_F.pdf](https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGN_18_32_F.pdf)
- SENER. (2018f). Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2018-2032. Recuperado de [https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PPP\\_2018\\_2032\\_F.pdf](https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PPP_2018_2032_F.pdf)
- SENER. (2018g). Prospectiva del Sector Eléctrico 2018-2032. Recuperado de [https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PSE\\_18\\_32\\_F.pdf](https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PSE_18_32_F.pdf)
- SENER. (2019a). Estatus de la infraestructura de gas natural. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/497827/Estatus\\_de\\_gasoductos\\_octubre\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/497827/Estatus_de_gasoductos_octubre_2019.pdf) (Consultado el 24 de octubre de 2019)
- SENER. (2019b). PRODESEN. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/documentos/prodesen-2019-2033>
- SENER. (2019c). Prontuario estadístico de petrolíferos. Diciembre de 2019. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/536539/Prontuario\\_Petroliferos\\_diciembre\\_2019\\_accesible\\_vf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/536539/Prontuario_Petroliferos_diciembre_2019_accesible_vf.pdf)
- SENER. (2019d). Prontuario Estadístico. Gas natural y petroquímicos. Diciembre de 2019. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516275/Prontuario\\_diciembre\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516275/Prontuario_diciembre_2019.pdf)
- SENER. (2020). Sistema de Información Energética. [Página web]. Recuperado de <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas> (Consultado el 18 de mayo de 2020).
- SENER. (21 de febrero de 2008). Programa Sectorial de Energía 2007-2012. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5030251&fecha=21/02/2008](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5030251&fecha=21/02/2008)
- SENER. (22 de septiembre de 2016). Con precios altamente competitivos se anuncian los resultados preliminares de la 2ª subasta eléctrica de largo plazo. *Boletín de prensa*. <https://www.gob.mx/sener/prensa/con-precios-altamente-competitivos-se-anuncian-los-resultados-preliminares-de-la-2-subasta-electrica-de-largo-plazo?idiom=es> (Consultado el 10 de octubre de 2019).
- SENER. (24 de febrero de 2016). Seguimiento de los Ministros de Energía de América del Norte sobre la integración energética regional. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/en/prensa/seguimiento-de-los-ministros-de-energia-de-america-del-norte-sobre-la-integracion-energetica-regional>
- SENER. (29 de junio de 2016). Declaración de líderes de América del Norte sobre la Alianza del clima, energía limpia y medio ambiente. Recuperado de <https://www.gob.mx/ept/documentos/declaracion-de-lideres-de-america-del-norte-sobre-la-alianza-del-clima-energia-limpia-y-medio-ambiente>
- SENER. (29 de noviembre de 2018). Modificación a la Política Pública de almacenamiento mínimo de petrolíferos. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5545158&fecha=29/11/2018](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5545158&fecha=29/11/2018)

- SENER. (31 de marzo de 2016). La SENER y el CENACE informan sobre el Fallo de la Primer Subasta que define a las ofertas ganadoras. *Boletín de prensa* 034. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/prensa/la-sener-y-el-cenace-informan-sobre-el-fallo-de-la-primera-subasta-que-define-a-las-ofertas-ganadoras> (Consultado el 10 de octubre de 2019).
- SENER. (enero de 2018). Licitación Pública Internacional LT/SENER-01-2018. Interconexión Baja California-Sistema Interconectado Nacional. Recuperado de <http://licitaciontransmision.energia.gob.mx> (Consultado el 6 de junio de 2020).
- SENER. (febrero de 2010). Estrategia Nacional de Energía. Recuperado de <https://www.energiaadebate.com/wp-content/uploads/2010/09/EstrategiaNacionaldeEnergia.pdf>
- SENER. (febrero de 2014). Estrategia Nacional de Energía 2014-2028. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/214/ENE.pdf>
- SHCP. (junio de 2019). Avance Físico y Financiero de los Programas Presupuestarios. Enero-Mayo 2019. *Gaceta Parlamentaria*, XXII (5410). Recuperado de <http://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2019/jul/20190702-C.pdf>
- SISTEMA de Información sobre Comercio Exterior [SICE]. (2020). Canadá-Estados Unidos-México (T-MEC/USMCA). [Página Web]. Recuperado de [http://www.sice.oas.org/TPD/USMCA/USMCA\\_s.ASP](http://www.sice.oas.org/TPD/USMCA/USMCA_s.ASP) (Consultado el 9 de mayo de 2020).
- SOLÍS, A. (20 de febrero de 2020). Adeudos a CFE crecieron 22% durante 2019. *Forbes*. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/cfe-gano-48500-millones-de-pesos-durante-2019/>
- SOLÍS, A. (27 de febrero de 2020). CFE ganó 48,500 millones de pesos durante 2019. *Forbes*. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/cfe-gano-48500-millones-de-pesos-durante-2019/>
- SRE. (25 de febrero de 2016). Diálogo Económico de Alto Nivel entre México y Estados Unidos [DEAN]. Declaración Conjunta 2016. Recuperado de <https://www.gob.mx/sre/prensa/dialogo-economico-de-alto-nivel-entre-mexico-y-estados-unidos?state=published> (Consultado el 4 de mayo de 2020).
- SRSROCCO. (3 de septiembre de 2018). The Coming Collapse of U.S. Shale Oil Production. *Energy news SRSrocco*. Recuperado de <https://srsroccoreport.com/the-coming-collapse-of-u-s-shale-oil-production/>
- STRATEGY&. (2019). Almacenamiento de petrolíferos en México: retos y oportunidades. Recuperado de <https://www.pwc.com/mx/es/archivo/2019/20190517-sy1-petromx-retos.pdf>
- THE WHITE House. (2005). Joint Statement by President Bush, President Fox, and Prime Minister Martin. Recuperado de <https://web.archive.org/web/20081217182825/https://www.whitehouse.gov/news/release/s/2005/03/20050323-2.html>
- THE WHITE House. (Septiembre de 2002). The National Security Strategy of the United States of America. Recuperado de <https://2009-2017.state.gov/documents/organization/63562.pdf>
- U.S. EIA. (19 de septiembre de 2018). *One in three U.S. Households faces a challenge in meeting energy needs*. [Página web]. Recuperado de <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=37072> (Consultado el 14 de diciembre de 2019).
- U.S. EIA. (2019a). Petroleum & other liquids. Monthly crude oil and natural gas production. [Página web]. Recuperado de <https://www.eia.gov/petroleum/production/> (Consultado el 15 de mayo de 2019).
- U.S. EIA. (2019b). Short-Term Energy Outlook. [Página web]. Recuperado de [https://www.eia.gov/outlooks/steo/report/global\\_oil.php](https://www.eia.gov/outlooks/steo/report/global_oil.php) (Consultado el 15 de mayo de 2019).

- U.S. EIA. (2020a). Imports from Mexico. [Página web]. Recuperado de [https://www.eia.gov/dnav/pet/pet\\_move\\_impcus\\_d\\_nus\\_NMX\\_mbb1\\_m.htm](https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_impcus_d_nus_NMX_mbb1_m.htm) (Consultado el 23 de marzo de 2020).
- U.S. EIA. (2020b). International Energy Statistics. [Página web]. Recuperado de <https://www.eia.gov/beta/international/data/browser> (Consultado el 10 de julio de 2020).
- U.S. EIA. (2020c). Mexico. U.S. Exports of Crude Oil and Petroleum Products by Destination. [Página web]. Recuperado de [https://www.eia.gov/dnav/pet/pet\\_move\\_expc\\_dc\\_NUS-NMX\\_mbb1pd\\_a.htm](https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_expc_dc_NUS-NMX_mbb1pd_a.htm) (Consultado el 29 de marzo de 2020).
- U.S. EIA. (2020d). Table 2.14. Electric Power Industry - U.S. Electricity Imports from and Electricity Exports to Canada and Mexico, 2008-2018. [Página web]. Recuperado de <https://www.eia.gov/electricity/annual/> (Consultado el 3 de mayo de 2020).
- U.S. EIA. (2020e). U.S. Natural Gas Exports and Re-exports by Country. [Página web]. Recuperado de [https://www.eia.gov/dnav/ng/ng\\_move\\_expc\\_s1\\_a.htm](https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_move_expc_s1_a.htm) (Consultado el 3 de abril de 2020).
- U.S. EIA. (2020f). U.S. Natural Gas Imports by Country. [Página web]. Recuperado de [https://www.eia.gov/dnav/ng/ng\\_move\\_impc\\_s1\\_a.htm](https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_move_impc_s1_a.htm) (Consultado el 28 de abril de 2020).
- U.S. EIA. (22 de abril de 2019). U.S. energy trade with Mexico involves importing crude oil, exporting petroleum products. Recuperado de <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39172>
- U.S. EIA. (22 de agosto de 2018). U.S. natural gas pipeline exports increase with commissioning of new pipelines in Mexico. Recuperado de <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36935>
- U.S. EIA. (marzo de 2020). Petroleum trade: Imports from Non-OPEC Countries. [Página web]. Recuperado de [https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec3\\_11.pdf](https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec3_11.pdf) (Consultado el 24 de abril de 2020).
- UNIDAD de Inteligencia Financiera [UIF]. (21 de febrero de 2019). Comunicado UIF No.01-2019 El Gobierno de México anuncia los avances en el Plan contra el robo de combustible. *Prensa*. Recuperado de <https://www.gob.mx/shcp/prensa/comunicado-uif-no-01-2019-el-gobierno-de-mexico-anuncia-los-avances-en-el-plan-contra-el-robo-de-combustible>
- UNITED Nations [UN]. (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights*. Recuperado de [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf)
- WEAVER, J. (25 de febrero de 2019). The Golden State is officially a third renewable, and it's not stopping there. *PV Magazine*. Recuperado de <https://pv-magazine-usa.com/2019/02/25/golden-state-is-officially-a-third-renewable-growth-not-stopping-though/> (Consultado el 6 de mayo de 2020).
- WILLUHN, M. (6 de mayo de 2019). Battery storage market will be worth 13 billion by 2023. *PV Magazine*. Recuperado de <https://www.pv-magazine.com/2019/05/06/battery-storage-market-will-be-worth-13-billion-by-2023/>
- WORLD Economic Forum. (2016). Taking Mexico to full potential. Recuperado de [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_Electricity\\_Mexico\\_case\\_.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_Electricity_Mexico_case_.pdf)
- ZARCO, J. (29 de abril de 2019). ¿Cómo van los números de la Generación Distribuida en México? *PV Magazine*. Recuperado de <https://www.pv-magazine-mexico.com/2019/04/29/como-van-los-numeros-de-la-generacion-distribuida-en-mexico/>
- ZAVALA, M. (20 de mayo de 2012). Peña Nieto promete “hacer realidad” la refinería Bicentenario en Hidalgo. *Expansión*. Recuperado de <https://expansion.mx/nacional/2012/05/20/pena-nieto-promete-hacer-realidad-la-refineria-bicentenario-en-hidalgo>

## REFERENCIAS NORMATIVAS Y JURISPRUDENCIALES

- Acuerdo por el que se declara la suspensión de plazos y términos en los actos y procedimientos sustanciados ante las Unidades Administrativas del Centro Nacional de Control de Energía, del jueves 26 de marzo al domingo 19 de abril de 2020, del 1 de abril de 2020. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5590933&fecha=01/04/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5590933&fecha=01/04/2020)
- Acuerdo por el que se dispone de la Fuerza Armada permanente para llevar a cabo tareas de seguridad pública de manera extraordinaria, regulada, fiscalizada, subordinada y complementaria del 11 de mayo de 2020. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5593105&fecha=11/05/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5593105&fecha=11/05/2020)
- Acuerdo por el que se modifica el Artículo Primero, del Acuerdo por el que se declara la suspensión de plazos y términos en los actos y procedimientos sustanciados ante las Unidades Administrativas del Centro Nacional de Control de Energía, del jueves 26 de marzo al domingo 19 de abril de 2020, del 9 de abril de 2020. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5591415&fecha=09/04/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5591415&fecha=09/04/2020)
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Texto vigente. Última reforma publicada en el DOF el 8 de mayo de 2020. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/cpeum.htm> (Consultado el 10 de junio de 2020).
- Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Control de Energía del 28 de agosto de 2014. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5357927&fecha=28/08/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357927&fecha=28/08/2014)
- Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Control de Gas Natural del 28 de agosto de 2014. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5357928&fecha=28/08/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357928&fecha=28/08/2014)
- Decreto por el que se crea la Comisión Reguladora de Energía como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal del 4 de octubre de 1993. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?codnota=4789285&fecha=04/10/1993&cod\\_diario=206181](https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4789285&fecha=04/10/1993&cod_diario=206181)
- Decreto por el que se expide la Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos del 28 de noviembre de 2008. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5070929&fecha=28/11/2008](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5070929&fecha=28/11/2008)
- Decreto por el que se expide la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética; se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y se expide la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos, del 11 de agosto de 2014. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355987&fecha=11/08/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355987&fecha=11/08/2014)
- Decreto por el que se expiden la Ley de Petróleos Mexicanos y la Ley de la Comisión Federal de Electricidad, y se reforman y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales; la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas; del 11 de agosto de 2014. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355990&fecha=11/08/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355990&fecha=11/08/2014)
- Decreto por el que se reforma y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía, del 20 de diciembre de 2013. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013)
- Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el ramo del petróleo, del 11 de mayo de 1995. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?codnota=4873805&fecha=11/05/1995&cod\\_diario=209115](https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4873805&fecha=11/05/1995&cod_diario=209115)

- Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de Guardia Nacional, del 26 de marzo de 2019. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de la [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5555126&fecha=26/03/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5555126&fecha=26/03/2019)
- Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica del 23 de diciembre de 1992. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lsp/LSPEE\\_ref04\\_23dic92\\_ima.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lsp/LSPEE_ref04_23dic92_ima.pdf)
- Directiva 2008/114/CE del Consejo del 8 de diciembre de 2008 sobre la identificación y designación de infraestructuras críticas europeas y la evaluación de la necesidad de mejorar su protección. Recuperado de <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/ba51b03f-66f4-4807-bf7d-c66244414b10/>
- Ley de Hidrocarburos del 15 de noviembre de 2016. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LHidro\\_151116.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LHidro_151116.pdf)
- Ley de la Guardia Nacional del 27 de mayo de 2019. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGN\\_270519.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGN_270519.pdf)
- Ley de la Industria Eléctrica del 11 de agosto de 2014. *Diario Oficial de la Federación*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014)
- Ley de Seguridad Nacional. Texto vigente. Última reforma el 8 de noviembre de 2019. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LSegNac\\_081119.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LSegNac_081119.pdf) (Consultado el 21 de mayo de 2020).
- Ley de Transición Energética del 24 de diciembre de 2015. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
- Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Pública, Texto vigente, última reforma publicada en el DOF el 27 de mayo de 2019. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGSNSP\\_270519.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGSNSP_270519.pdf)
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Texto Vigente al 22 de enero de 2020. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/153\\_220120.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/153_220120.pdf)
- Ley que crea la Comisión Federal de Electricidad del 24 de agosto de 1937. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?cod\\_diario=194609&pagina=3&seccion=0](https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?cod_diario=194609&pagina=3&seccion=0)
- Reglamento Interior de la Secretaría de Energía del 31 de octubre de 2014. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n349.pdf>
- Segundo Acuerdo por el que se modifica el Artículo Primero, del Acuerdo por el que se declara la suspensión de plazos y términos en los actos y procedimientos sustanciados ante las Unidades Administrativas del Centro Nacional de Control de Energía, del jueves 26 de marzo al domingo 19 de abril de 2020, del 30 de abril de 2020. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5592715&fecha=30/04/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592715&fecha=30/04/2020)
- Tercer Acuerdo por el que se modifica el Artículo Primero, del Acuerdo por el que se declara la suspensión de plazos y términos en los actos y procedimientos sustanciados ante las Unidades Administrativas del Centro Nacional de Control de Energía, del jueves 26 de marzo al domingo 19 de abril de 2020, del 4 de junio de 2020. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5594480&fecha=04/06/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5594480&fecha=04/06/2020)