



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **Primeros impactos de la Reforma Energética en el sector eléctrico en México**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Eléctrico Electrónico**

**P R E S E N T A**

Javier González Calixtro

**DIRECTOR DE TESIS**

M. en I. Rigel Gámez Leal



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018**

## Contenido

Capitulo I.1 Concepto de sostenibilidad y sostenibilidad energética .....	3
Capitulo I.2 El sector energético en México.....	13
Capitulo I.3 El Sector eléctrico en México.....	25
Capítulo I.4 Reforma energética .....	36
Capitulo I.5 Compromisos sostenibles de la Reforma Energética .....	46
Capitulo I.6 Problema de investigación.....	51
Capitulo II.1 Descripción de los indicadores asociados a la sostenibilidad.....	52
Capitulo II.2 Alcances y limitaciones de los indicadores energéticos .....	60
Capitulo III.1 Tendencia histórica de los indicadores.....	75
Capitulo III.3 Prospectivas del sector eléctrico .....	114
Conclusiones y recomendaciones .....	127
Bibliografía .....	130

## Capítulo I.1 Concepto de sostenibilidad y sostenibilidad energética

Las naciones, en general, han aprovechado los recursos naturales con los que su territorio cuenta, incluso se han trazado alianzas y tratados para que los países exploten las riquezas de otros de forma que compartan los beneficios, todo esto sucedía, hasta hace poco sin tener en consideración la naturaleza y los efectos adversos que ocasiona la sobreexplotación de los recursos. En años recientes se han realizado múltiples estudios sobre estas problemáticas, advirtiendo una situación alarmante que implica el ritmo de consumo de recursos naturales, destaca el llamado “Informe Stern”, que el gobierno del Reino Unido encargó al ex jefe del Banco Mundial, Nicholas Stern, puesto que es un informe sobre calentamiento global que no fue hecho por un climatólogo sino por un economista; el documento fue presentado en noviembre de 2006 y prendió las luces de alerta de los gobiernos con un solo dato: el calentamiento global puede llegar a costar un alto porcentaje del Producto Interno Bruto (Stern, 2014).

El reporte lo explica en forma simplificada así: “con un calentamiento de 5 a 6 grados centígrados, una posibilidad real, dentro del próximo siglo, se calculan pérdidas medias de 5 a 10% del PIB mundial, con costes incluso superiores al 10% en países pobres.

En su informe, Nicholas Stern señala que el cambio climático constituye una seria amenaza para la calidad de vida de la humanidad en todo el mundo, afectando seriamente el acceso al suministro de

agua, la producción de alimentos, cuidado de la salud, uso de tierra y medio ambiente. Los investigadores coinciden que la explotación indiscriminada de los recursos naturales para impulsar el desarrollo económico ha provocado estos problemas.

A juicio de Stern, el incremento de la temperatura global “representa un reto único para la economía, pudiendo afirmarse que es el mayor y más generalizado fracaso del mercado jamás visto en el mundo”.

Con grandes problemas en el horizonte, es necesario que los temas: economía y ecología sean íntimamente analizados en conjunto. El cambio climático pone ante la humanidad el reto de hacer que los dos conceptos estén en balance. Como punto de partida, los gobiernos deben trabajar inmediatamente en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, grandes causantes del cambio climático y producidos por uso de combustibles fósiles.

Las empresas internacionales también deben sumarse a las políticas energéticas de los distintos países haciendo una transición hacia opciones menos contaminantes, además los gobiernos tienen que impulsar fuertes programas de energías alternas en sustitución de los combustibles fósiles que actualmente se usan.

Cada nación tendrá que enfrentar el cambio climático de diferente manera, para buscar las mejores soluciones, porque los retos económicos y sociales son distintos. México no es la excepción, se tiene gran potencial en la producción de energía mediante fuentes de energía limpias que no se ha desarrollado ampliamente, desaprovechando el potencial que representan, y se deben aplicar medidas y tomar acciones desde la iniciativa privada así como desde el ámbito gubernamental para disminuir las emisiones de contaminantes los sectores en los cuales se deben realizar los mayores esfuerzos son en el agrícola, en el industrial y en el transporte.

Ha quedado de manifiesto la influencia de la economía en el problema, es claro también que el modelo de desarrollo actual no puede seguir vigente, pues la principal fuente de energía que mueve a los países es el petróleo, sin embargo, como el ex candidato presidencial de Estados Unidos Al Gore<sup>1</sup> lo ha repetido a lo largo de los últimos años en el documental *An Inconvenient Truth*: “Sin planeta, no hay economía que valga”.

### **Desarrollo sostenible: definición e historia del concepto**

Ante el intenso deterioro de la naturaleza y el ambiente, en la segunda mitad del siglo XX por el uso de los recursos naturales, es evidente que todos los habitantes actuales del planeta deben participar en revertir los procesos de deterioro y aunque hay algunos que son irreversibles, como la extinción de flora y fauna, si se toman medidas se pueden mitigar los efectos de las actividades humanas y el desgaste de la naturaleza.

Es a inicios de la década de 1970 que el deterioro ambiental por parte de los gobiernos y miembros de la sociedad están en la mesa de debate. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) convocó en 1972 a la primera Conferencia sobre Medio Ambiente Humano, mejor conocida como la

---

<sup>1</sup> Albert Arnold "Al" Gore, Jr. (Washington D. C., 31 de marzo de 1948) es un político, abogado y filántropo estadounidense. Ha fundado varias organizaciones sin ánimo de lucro, incluida la Alianza para la Protección del Clima, y ha recibido el premio Nobel de la Paz por su activismo sobre el cambio climático.

Conferencia de Estocolmo. En marzo de 1985 y en medio de una crisis económica mundial; las naciones del mundo aprobaron el Convenio de Viena (Austria) en que establece el marco para la protección de la capa de ozono. Hasta esa época el desarrollo de las naciones se medía únicamente en términos económicos, en cifras del PIB. Esto llevo a revisar las nociones del desarrollo y a que se utilizaran nuevos indicadores no solo de bienestar social, como el acceso a vivienda, salud, alimentación y educación, sino que también obligó a incluir el estado de los recursos naturales para lograr una mejor evaluación del desarrollo del país.

Dada la importancia de tomar en cuenta las vertientes: social, económica y ambiental, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, realizó una consulta mundial sobre la importancia de los recursos naturales en el desarrollo que más adelante sería conocido como informe Brundtland. De la consulta resultó una obra publicada en 1987 titulada *Nuestro futuro común*, es ahí donde el término **desarrollo sostenible** (también conocido como **desarrollo sustentable**) se formaliza y es definido como aquel que “satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”. En otras palabras, el desarrollo sostenible consiste en elevar las condiciones de vida de la sociedad actual logrando satisfacer sus necesidades, sin que los futuros habitantes vean disminuida su calidad de vida al ver disminuidos los recursos naturales a su disposición. El desarrollo sostenible busca mejorar la forma en la que se usan los recursos naturales, por lo que se requiere necesariamente de un cambio en las formas actuales de extracción, producción y consumo de los recursos naturales.

El concepto del desarrollo sostenible requiere de poder económico y político de todos los gobiernos para mitigar los cambios climáticos, por lo que se efectuó un convenio entre las naciones para entrar en acción y establecer las medidas necesarias. Frente a ello, en junio de 1992, la ONU organizó la Cumbre de la Tierra, que tuvo lugar en Río de Janeiro. Allí se tuvo a discusión la mayoría de los grandes temas ambientales y de desarrollo, a partir de ahí se oficializa el uso de concepto de desarrollo sostenible.

Es en la Cumbre, donde se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, donde los países reconocen las modificaciones del clima de la Tierra y los efectos adversos, que son una preocupación en común de todos los gobiernos y específicamente de todos los habitantes del planeta.

Uno de los principales resultados de la cumbre fue la aprobación de la agenda 21, documento en donde se asocia definitivamente los términos de economía y ecología, que años atrás parecían diametralmente opuestos. Destaca también por ser un documento muy innovador y que contiene más compromisos políticos con el desarrollo sostenible que ningún otro documento, hasta esa fecha. Lo que propone la agenda 21, es que cada pueblo le exija a sus gobernantes medidas prácticas acordes a la necesidad específica de cada país, teniendo como referencia lo que se estipula dentro del documento.

Estos compromisos fueron refrendados una vez más en la Tercera Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sostenible realizada en Johannesburgo en el año 2002. Constatando así la gran aceptación que tuvo la idea en los gobiernos y el gran impacto al desarrollar medidas para lograr lo que el concepto **desarrollo sostenible** implica.

### **Alternativas sostenibles de conservación y uso de los recursos naturales**

Con los compromisos establecidos en los tratados y protocolos internacionales, la sociedad y los gobiernos han adoptado alternativas que promueven el uso adecuado de los recursos naturales y su conservación. Las alternativas pueden ser clasificadas en:

- Protección y conservación de los ecosistemas y su flora y fauna en áreas naturales protegidas.
- Explotar de manera sostenible y de forma equitativa los recursos naturales, interviniendo los ecosistemas naturales de manera adecuada. El ecoturismo, la pesca responsable, el manejo integral del agua, y recuperación del suelo, son actividades que ejemplifican el aprovechamiento de los recursos de manera sostenible.
- Implementar tecnologías amigables con el medio ambiente en la generación de energía y en procesos productivos.
- Restaurar áreas que han sido contaminadas, recuperar espacios perdidos por el deterioro ecológico.
- Reducir la huella de carbono de bienes de corta vida y suprimir en medida de lo posible la contaminación asociada a productos de larga duración.

## **Medidas institucionales contra el deterioro ambiental**

### **Panorama mundial**

El conocimiento y la tecnología ha logrado un notable avance en los últimas décadas, y además se tiene más conocimiento del que se tenía hace 50 años en relación a el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente, la población mundial se ha incrementado de manera alarmante, varias especies de animales se han extinguido, los ecosistemas han sufrido grandes transformaciones, el suelo se ha erosionado, han disminuido en gran manera recursos no renovables e incluso se han agotado algunos que eran renovables en algunas zonas geográficas y sobre todo el aire se ha contaminado a tal grado que la población entera ha comenzado a sufrir los estragos del poco respeto al ambiente.

Afortunadamente se ha tomado conciencia de lo que está sucediendo y se han tomado acciones, se han trazado estrategias para lograr modelos de desarrollo sostenible, entre los que se incluye la equidad en el nivel de vida de las personas, algo que debe estar relacionado con el respeto a las bases ecológicas del ambiente en que vivimos.

Se considera a la Conferencia sobre Medio Ambiente Humano, el primer esfuerzo multilateral en materia ambiental, se llevó a cabo en Estocolmo, de ahí que también se le conoce como *Conferencia de Estocolmo*, es partir de los temas que se abordaron y las evidencias que ahí se mostraron que nació el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cual es el encargado de gestionar acuerdos multilaterales entre las naciones. Las acciones del PNUMA han derivado a que los gobiernos tomen conciencia ambiental además de que adecuan leyes y creen instituciones para fijar políticas y estrategias para combatir el deterioro ambiental.

A finales de los años 70 se descubrió un desgaste importante en la capa de ozono, esto debido al uso de los clorofluorocarbonos (CFC), gases con propiedades muy útiles en la refrigeración y como propulsores en aerosoles de uso doméstico. Al usar aerosoles con CFC, o al sustituir los gases

refrigerantes en los equipos, los gases son liberados y ascienden a la estratosfera, la luz UV que proviene del sol ocasiona la ruptura de sus moléculas, liberando un radical de cloro. Ese átomo liberado tiene la capacidad de destruir miles de moléculas de ozono.

Ante el problema que significó el “agujero” en la capa de ozono, se aprobó el Convenio de Viena (Austria) donde se establecen medidas jurídicas de carácter obligatorio para la reducción de compuestos clorofluorocarbonados, en el convenio se fijan metas y fechas específicas de cumplimiento.

En complemento con el Convenio de Viena, en septiembre de 1987, se aprueba el Protocolo de Montreal (Canadá), en el cual los países industriales acordaron reducir a la mitad el consumo de los CFC para el 1 de julio de 1999. Sin embargo estudios posteriores constataron que la capa de ozono está desapareciendo a una velocidad mayor que la esperada.

Debido a esta complicación fue necesario tomar medidas más estrictas. En junio de 1990 se aprobó la Enmienda de Londres (Gran Bretaña) al Protocolo de Montreal, en la cual se acordó una prohibición total de uso de CFC en los países industrializados para el año de 2000, fijando un plazo de 10 años más para el resto de naciones. A la Enmienda de Londres le siguieron las Enmiendas de Copenhague (1992), de Montreal (1997), y de Beijín (1999), en donde se incluyen nuevas sustancias a controlar como el bromuro de metilo, el cual es usado como fumigante.

Uno de los esfuerzos más ambiciosos en materia de desarrollo sostenible es el Protocolo de Kioto (Japón), después de intensas negociaciones y grandes discusiones se fijaron metas de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Con el Protocolo de Kioto, los países industrializados reconocen la responsabilidad frente al cambio climático, pues son responsables de casi tres cuartas partes de la contaminación y emisión de GEI. El crecimiento poblacional y el desarrollo industrial que esto implica, conduce a que se demande cada vez más petróleo y carbón para generación de energía eléctrica y para elaborar productos para satisfacer las necesidades de la población.

Durante el siglo XX, se registró un aumento en el nivel de GEI en la atmósfera. El metano (CH<sub>4</sub>) en un 100%; el CO<sub>2</sub> en un 25% y el óxido nitroso en 19%. También se debe considerar la inequidad en la participación de las naciones, esto queda de manifiesto en que algunas naciones son más víctimas que causantes del cambio climático pues sus emisiones de gases son una mínima parte en comparación a las de China y Estados Unidos.

Se han dado grandes pasos para buscar solución al problema de la contaminación medio ambiental y se vislumbran dos opciones a seguir para reducir las emisiones de GEI. La primera, es consumir menos combustibles fósiles o mejorar la tecnología de combustión, con lo cual se liberarán menos gases efecto invernadero. El otro camino es estimular mecanismos de absorción de CO<sub>2</sub> como puede ser la reforestación sostenible. Ambas alternativas requieren de gran participación de la sociedad y de grandes inversiones económicas pero se advierte que de no hacerlo cuanto antes, los costos a futuro serán, por mucho, mayores y funestos para muchos países.

### **Gobernabilidad ambiental en México.**

La Real Academia de la Lengua Española, define la *gobernanza* como “arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero,

promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía". Mientras que gobernabilidad es la cualidad de gobernable, que a su vez significa "que puede ser gobernado". Gobernar, significa "mandar con autoridad o regir algo", "dirigir un país o una colectividad política", "guiar y dirigir", también se interpreta como "manejar a alguien, ejercer una fuerte influencia sobre él".

Por lo tanto, se reconoce que el gobierno no debe ser el único actor en la toma de decisiones y en el desarrollo de programas para dar solución a los problemas ambientales. La sociedad comparte la responsabilidad y tiene el deber de desarrollar mecanismos de participación privada que permitan involucrar al ancho de la población en los temas ambientales.

La gobernanza ambiental es clave para alcanzar el desarrollo sostenible, a nivel nacional, regional y global. La toma de decisiones debe ser de manera informada y apoyarse en marcos normativos idóneo que faciliten el proceso. El gobierno debe ser capaz de crear y coordinar las acciones necesarias en centros de investigación científica y tecnológica, en Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) y medios de comunicación con la finalidad de que existan políticas más modernas y programas específicos que contribuyan a disminuir el deterioro ambiental.

Con la participación de académicos, investigadores y actores gubernamentales se han ideado procedimientos muy valiosos para llevar a cabo la política ambiental. Se les conoce como **instrumentos ambientales**, son de tres tipos: 1) jurídicos; 2) de planeación; 3) económicos.

### **Instrumentos jurídicos en México**

También se les conoce como instrumentos regulatorios, establecen las reglas que definen prohibiciones y practicas permitidas en el medio ambiente, con el objetivo de garantizar la preservación y evitar el desgaste excesivo de la naturaleza.

En estos instrumentos se incluyen leyes, reglamentos y normas. La legislación ambiental en México es relativamente nueva; sin embargo, la base del sistema jurídico data de 1917 en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. En el artículo 21 se declara propiedad de la nación a las tierras y aguas del territorio nacional, así como el derecho a regular los recursos y elementos naturales, en beneficio del país.

La Ley Forestal (1926), la Ley de Aguas Propiedad de la Nación (1929), la Ley de Caza (1940) y la Ley de Conservación del Suelo y Agua (1946) fueron las primeras leyes relacionadas a los recursos naturales que se expidieron, pero solo hacían énfasis en el aspecto utilitario del uso de los recursos; sin embargo se inició el marco jurídico que más adelante permitiría concretar objetivos más específicos.

Para la década de 1970 se promulga la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación que es considera la primera referente asuntos ambientales, le siguió la Ley Federal de Protección al Ambiente, de 1982. Estas leyes solo eran esbozos y no permitieron tratar los temas a profundidad.

En 1988 se promulgó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Esta ley fue reconocida como pionera en América Latina como una ley de vanguardia, por lo que varios países se basaron en ella para la elaboración de su legislación ambiental. La LGEEPA distribuyó las competencias entre los niveles de gobierno y estableció los principios de la política general ambiental, además incluyó las reglas a seguir y sanciones en caso de que se incumpliera la normatividad ambiental. En 1996 la LGEEPA se reformó para adecuarla a los criterios de sostenibilidad que se acordaron en la Conferencia de Río.

En el mismo contexto de cambio, se reformó en 1997 la Ley Forestal y la promulgación en 2000 de la Ley General de Vida Silvestre, la cual reemplazó a la Ley de Caza. Estos cambios permitieron que se regulara el uso y manejo de los recursos a través de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). En estas normas se detallan los criterios y requisitos que deben cubrir quienes quieran aprovechar recursos naturales como el agua, el suelo, la flora, la fauna y el aire.

Las NOMs están en constante actualización y revisión pues se deben adaptar conforme se avanza tecnológicamente y se tiene nueva información para mejorarlas y fortalecerlas en pro del país.

Tal vez uno de los cambios más importantes en materia legislativa fue el que se llevó a cabo en la Constitución, la Carta Magna tuvo modificaciones que amplían las bases constitucionales de la ley ambiental y destaca que se elevó a rango constitucional el derecho de todas las personas a un ambiente adecuado además de que se hizo explícito que el desarrollo de la nación debe ser sostenible.

### **Instrumentos de planeación en México**

Estos instrumentos orientan a la sociedad hacia la toma de decisiones adecuada para garantizar el futuro de los recursos naturales, asegurando acciones sostenibles al explotarlos.

En México se cuenta con dos instrumentos de esta naturaleza: el *Ordenamiento Ecológico del Territorio* y la *Evaluación de Impacto Ambiental*.

#### *Ordenamiento Ecológico del Territorio*

Con la finalidad de lograr un desarrollo sostenible, es necesario regular las actividades de la sociedad que influyen en el medio ambiente. El *Ordenamiento Ecológico del Territorio*, consiste en una serie de procedimientos que sirven como una referencia para lograr el desarrollo sin perjudicar los ecosistemas naturales.

Con las tendencias actuales en el incremento de la población del país, es necesario satisfacer las necesidades que se requieren y garantizar los recursos para la siguiente generación. El *Ordenamiento Ecológico del Territorio* se sustenta en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pero su principal base jurídica está en la LGEEPA. De manera que en el artículo 3° de esta ley, en la fracción XXIII, se define al ordenamiento ecológico como:

"...el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos."

Existen cuatro tipos de ordenamientos ecológicos: 1) el Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT), formulado por la Federación a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 2) el Ordenamiento Ecológico Regional, que es de competencia de los gobiernos de los estados y del Distrito Federal cuando abarcan la totalidad o una parte del territorio de una entidad federativa; 3) el Ordenamiento Ecológico Local, expedido por las autoridades municipales; y 4) el Ordenamiento Ecológico Marino, que concierne únicamente a la Federación.

Para llevar a cabo un ordenamiento ecológico es necesario valorar toda la información disponible, a fin de recabar datos sobre aspectos sociales y económicos de la región que se estudia. El ordenamiento debe establecer las reglas para la organización de actividades productivas, para lograr el desarrollo *económico* y al tomar la opinión de pobladores y otros datos e información geográfica lograr en la zona un desarrollo sostenible.

#### *Evaluación del impacto ambiental*

Antes de desempeñar una actividad productiva es necesario evaluar las consecuencias negativas que podría ocasionar esta actividad sobre los ecosistemas y la naturaleza de la región, a este estudio se le conoce como *Evaluación del impacto ambiental*.

Estos análisis y estudios deben ser amplios y tomar en cuenta todas las características de la región, las especies animales, las alteraciones del suelo, la disponibilidad del agua, la eliminación de desechos, tratamiento de aguas residuales y condiciones ambientales actuales que podrían cambiar una vez que la actividad productiva esté en funcionamiento.

En la LGGPEA, una evaluación de impacto ambiental está definida como:

“Una evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría [Semarnat] establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente.

Es clara la importancia que tiene este instrumento en la planeación del desarrollo económico y social, incluso obras de modernización y ampliación requieren de una evaluación de impacto ambiental para asegurarse de que los costos sobre la modificación al medio ambiente sean mínimos y de baja afectación a la flora y fauna.

#### **Instrumentos económicos en México**

Son aquellos que estimulan a los distintos sectores a participar e involucrarse de manera más activa en temas de medio ambiente, buscan incentivar cambios de hábitos y establecer conductas ambientales más adecuadas a los propósitos de reducción de contaminantes.

El propósito de estos instrumentos es incentivar conductas favorables al mantenimiento y reconstrucción de los ecosistemas con los que la sociedad interactúa y también reducir comportamientos que induzcan la destrucción y contaminación de los recursos naturales. Entre algunos ejemplos están: condonación de impuestos a empresas que implementen políticas de manejo sustentable de desechos, tarifas de agua y de tratamiento de aguas y basura.

## Sostenibilidad energética

A lo largo de las últimas décadas se ha reconocido el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente, y los gobiernos de todo el mundo han aceptado la obligación de migrar el modelo de crecimiento económico orientado hacia alternativas que disminuyan la contaminación y se reviertan los daños ocasionados años atrás cuando aún no se tenía consciencia total del problema.

Si bien el concepto de sostenibilidad ha tenido gran éxito entre gobiernos, no es posible lograr el desarrollo sustentable si un país basa fuertemente su generación de energía en combustibles fósiles, además de diversificar la matriz energética; las autoridades deben garantizar que toda la población se beneficie de los recursos naturales y que estos beneficios sean equitativos.

Las naciones y gobiernos del mundo deben enfrentar los retos de satisfacer la demanda de energía, buscar desarrollo económico, lograr que se involucre a la población y mitigar la contaminación. Como se imagina, esto no es nada sencillo, para intentar dar respuesta a estas problemáticas es necesario reunir especialistas y concentrar esfuerzos de todos los países, y así buscar soluciones innovadoras, esto es precisamente lo que busca el World Energy Council (WEC), fundado en 1920, el WEC tiene actualmente comités en más de 90 países, que representan a más de 3000 organizaciones, entre las que se incluyen gobiernos, industrias e instituciones especializadas en la problemática energética.

Del aforo de ideas en el WEC, se tienen publicaciones y estudios que ayudan a los gobiernos a planificar sus políticas energéticas.

### Sostenibilidad energética: Trilema Energético

La sostenibilidad energética se puede definir de manera similar al concepto de sostenibilidad: "Satisfacer la necesidad de energía de los actuales pobladores de manera que no se comprometa la capacidad de proveer de energía a las generaciones futuras". Sin embargo, el WEC, va más allá y define a la **sostenibilidad energética como** *"un equilibrio entre tres dimensiones principales: la seguridad energética, equidad social y sostenibilidad ambiental"* (WEC, 2017). Estas tres componentes constituyen el "trilema energético", que enlazan a los gobiernos y la sociedad a tomar decisiones entre factores económicos y sociales, recursos naturales, conceptos ambientales y cambio de hábitos en la sociedad y la industria.

**Seguridad energética:** Este aspecto trata sobre la capacidad de gestión del suministro de energía por parte de un país, de las importaciones y exportaciones de energía primaria y secundaria, así como el manejo de las fuentes de energía nacionales. Para asegurar la seguridad energética de una nación es necesaria una infraestructura energética confiable y un manejo responsable de los ingresos energéticos en caso de que se hable de un país exportador de energía.

**Equidad Social:** Es lo referente a la accesibilidad y la asequibilidad que tiene la población al suministro de energía.

**Sostenibilidad ambiental:** Este punto habla sobre la eficiencia energética, ahorro energético y empleo de tecnologías renovables y bajas en emisiones de carbono para la generación de energía eléctrica.

El WEC ha publicado de forma anual y desde el año 2008 el informe “World Energy Trilemma”, el cual es un documento esencial para tomar decisiones políticas y ver el desarrollo de las energías renovables. En el documento del WEC, se hacen recomendaciones políticas y de carácter financiero encaminadas a desarrollar, mecanismos que estimulen mayor inversión en la industria energética.

También el World Energy Trilemma puede ser vista como una herramienta esencial para promover iniciativas que fomenten la investigación y el desarrollo en las diferentes áreas tecnológicas de la energía, esto debido a que dedica un apartado especial a la presentación y análisis del Índice de sostenibilidad energética, en el que analiza el estado del sector energético de los países y con ayuda de otros indicadores energéticos señala las fortalezas y debilidades en materia energética.

### **México en el World Energy Trilemma**

En la publicación más reciente del Trilema Energético del WEC, que data de 2017, México se encuentra en el lugar 57 de un total de 125 países. México descendió 5 lugares en el índice, pues en el 2016 se ubicó en el lugar 52.

El informe destaca los retos a los que se enfrenta el sector energético mexicano: a) transición de una estructura de monopolio hacia un esquema de precios competitivos fijados por el mercado y b) la transición de una economía alta en carbono hacia una economía baja en carbono.

También se consideran las acciones tomadas en materias de cambio climático y recompensa el acuerdo de reducir en un 25 % las emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI para el año 2030, también el compromiso de generar el 35% de energía eléctrica mediante fuentes limpias para 2024.

Por último, el Trilema hace hincapié en las necesidades de implementar políticas enfocadas en: 1) la continuación de un programa de energía renovable y en reiniciar un programa de energía nuclear.; 2) incrementar la producción de petróleo y gas natural, así como desarrollar infraestructura para el aprovechamiento del gas natural; y 3) mejorar la eficiencia energética y la conservación de energía en procesos de cogeneración para reducir la intensidad energética.

No existe un concepto único de sostenibilidad energética. Sheinbaum y coautores<sup>2</sup> argumentan que el concepto de sostenibilidad energética debe “perseguir objetivos generales y específicos” y estos deben estar involucrados en los problemas del desarrollo nacional, por lo que su definición de sostenibilidad energética es el conjunto de acciones que deben satisfacer las necesidades de la población actual, sin comprometer a las generaciones futuras. Con base en lo anterior resulta primordial que los recursos energéticos son indispensables para mejorar las condiciones de vida de la población, al mismo tiempo que las actividades que acompañan al uso de los recursos energéticos, generan un impacto ambiental en los ámbitos locales y globales.

---

<sup>2</sup> Sheinbaum C., Ruiz B., Rodríguez V. (2012). Mexican Energy Policy and Sustainability Indicators. Energy Policy. Volume 46, 278-283.

## Capítulo 1.2 El sector energético en México

La industria energética del mundo se encuentra en un proceso de transformación, y México no es la excepción. En las últimas décadas, el sector energético nacional se ha enfrentado a grandes retos propios de la economía del país. Por un lado, la fuerte dependencia de los combustibles fósiles, en especial del petróleo y la dependencia económica del país hacia las exportaciones de crudo ha ocasionado crisis económicas y grandes debates en la sociedad puesto que es un recurso muypreciado y algunos especialistas argumentan que la política energética que el país ha seguido el país en las últimas décadas no es la correcta. Por otro lado, en el contexto internacional y los compromisos adquiridos en los tratados y convenciones mundiales sobre la reducción de gases efecto invernadero y la creciente demanda de energía propias de un país en vías de desarrollo requiere que se busquen alternativas a los combustibles fósiles. Por todo lo anterior, es necesario el desarrollo de fuentes de energía alterna que sean competitivas y limpias o al menos que emitan menos contaminantes que las energías que se usan en la actualidad.

El sector energético en México tiene una gran relevancia económica y social. El país históricamente se ha considerado rico en petróleo y ha basado gran parte de su economía en la venta de hidrocarburos. El agotamiento de las reservas de hidrocarburos y el descenso en los precios de venta

de los barriles de petróleo ha obligado a los gobiernos a tomar decisiones cruciales. Es claro que las medidas que se adopten en este momento tendrán efecto durante varias décadas.

Históricamente, la industria del petróleo y la electricidad han sido de gran relevancia en el desarrollo del país. Las empresas paraestatales han sido motor y un elemento fundamental al diseñar políticas de los gobiernos. Con la implementación de reformas estructurales en el sector energético se busca dar solución a los nuevos retos que presenta el país, se busca diversificar la matriz energética, reducir emisiones y brindar seguridad energética a las diversas industrias.

En el año 2015 la producción total mundial de energía primaria fue de 13,790.02 millones de toneladas equivalentes de petróleo (MMtep). México está situado en el decimoquinto lugar, con 1.4% de la energía total producida en el mundo.

A nivel mundial el petróleo es el energético con mayor participación, de ahí se explica que una mínima variación de la relación exportación-importación tenga un alto impacto en el total. Según datos de la IEA (Energy Information Administration) México se ubica en el decimotercer lugar de países exportadores de petróleo con el 2.8% de las exportaciones totales a nivel internacional, los mayores exportadores de petróleo fueron Arabia Saudita (16.6%), Rusia (10.9%) y Canadá (7.6%).

Con relación a la exportación de energía México ocupó el vigésimo primer puesto, con una participación del 1% del total de exportaciones, está lejos de los principales países exportadores que son Rusia (12%), Arabia Saudita (8%) y Estados Unidos (6%). (IEA, Energy Balances of OECD Countries, 2016)

En la matriz energética presentada en el Balance Nacional de Energía 2016, la producción de petróleo crudo fue de 788.49 millones de barriles de petróleo equivalente, y se ubica en el lugar número 11 en el ranking mundial de países productores de petróleo (IEA, Energy Balances of OECD Countries, 2016).

En los últimos años México ha dejado de ser uno de los grandes productores de petróleo al ver disminuidas sus reservas probadas de petróleo. Las reservas probadas de hidrocarburos de México se evaluaron de acuerdo con los criterios y definiciones de la Securities and Exchange Commission (SEC) de Estados Unidos, reportando reservas remanentes al 1 de enero de 2014, por 13 mil 438.5 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (PEMEX, Reservas de hidrocarburos al 1 de enero de 2015, 2015).

En contraste con la producción de petróleo crudo; se importan 159.9 millones de barriles de petróleo equivalente en gasolinas y naftas mientras que de diésel se importan 67.89. La producción de gas natural en el año de 2016 fue de 290.72 millones de barriles de petróleo equivalente. A pesar de que a lo largo de los dos últimos sexenios se han implementado distintas medidas para disminuir la dependencia a las exportaciones de petrolíferos, gas, petroquímicos y en específico de las gasolinas, diésel, y gas LP. Queda de manifiesto que el país enfrenta limitaciones serias respecto a las importaciones: en el año de 2016 el volumen de las importaciones como proporción de su producción en porcentaje fue de 57.200 %, mientras que el 42.400 % del gas LP que se utiliza en México es importado, el diésel fue el combustible que más se importa en relación a la producción con un 113.100 %.

Es claro que mediante las reformas estructurales se busca revisar aspectos como el normativo, fiscal y financiero. También se plantea el papel crucial que juega el sector energético en el futuro del país.

Hasta antes de abrir la actividad petrolera a inversionistas privados, la explotación de los hidrocarburos la realizaba el estado a través de Petróleos Mexicanos (PEMEX), que es un organismo público descentralizado. Pemex es uno de los pilares económicos del país y llegó a ser una de las empresas petroleras más grandes del mundo.

A partir de la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios expedida en 1992 que define a Petróleos Mexicanos como órgano descentralizado de la Administración Pública Federal, responsable de la conducción de la industria petrolera nacional. Esta ley determina la creación de un órgano corporativo y cuatro subsidiarios (PEMEX Exploración y Producción (PEP), PEMEX Refinación (PXR), PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y PEMEX Petroquímica (PPQ). que permiten a PEMEX ser una empresa altamente integral pues abarca actividades como la exploración y producción de crudo, la refinación y mediante una gran red de plantas petroquímicas comercializar productos petroquímicos.

La situación actual del sector energético en base a al desempeño del sector energético durante el año 2016 presentado en el Balance Nacional de Energía del mismo año permite realizar análisis mediante indicadores energéticos que nos dan un panorama del lugar en el que se encuentra el país en relación con otro.

El índice de independencia energética que relaciona la producción y el consumo de energía fue de 0.84. En el transcurso de la última década este indicador disminuyó a un ritmo promedio anual de 4.3%. (SENER S. d., 2016)

Un indicador muy importante que muestra la de cantidad de energía que se requiere para producir un peso de Producto Interno Bruto (PIB) y se ubicó en 632.01 kilojoules (kJ); un análisis rápido de este resultado es producto del aumento en el consumo de energía y el lento crecimiento del PIB.

El consumo de energía per cápita es útil para expresar un estado actual del sector, cada habitante en el territorio nacional consumió, en promedio, 74.75 GJ a lo largo del año 2016. Revisando el comportamiento del indicador, es similar a la intensidad energética, ya que el consumo de energía se incrementó a una mayor velocidad con relación a la población.

### **Historia del sector energético en México**

La historia del sector energético mexicano va muy ligada con el desarrollo económico del país y no queda exenta su influencia de los movimientos obreros y de regulaciones estatales de la política económica.

La industria energética en México inicia en una etapa donde es poco regulada y las compañías extranjeras son las primeras en aprovechar los recursos y formar monopolios, después se distingue otra época donde existe intervención y mayor regulación por parte del estado hasta que ocupa un lugar predominante al formar un monopolio y basar parte importante de la economía de la industria en el desarrollo nacional.

A lo largo de la historia el sector se ha visto influenciado por la industrialización del país y de los cambios migratorios que esto conlleva, los cambios tecnológicos, la formación de sindicatos y el cambio de rumbo que han tomado los diferentes gobiernos en materia de política energética.

No es posible hablar de energía en México sin mencionar el gran papel que ha jugado el petróleo en el desarrollo del sector energético, los orígenes de la industria petrolera se remontan de la década de 1860, en el norte del estado de Veracruz donde el doctor Adolfo Autrey, perforó un pozo donde produjo petróleo a una profundidad aproximadamente de 38 metros, ahí mismo instaló un alambique para refinar el producto obtenido, de donde obtuvo 16 mil litros de queroseno, que intentó comerciar en el mercado local. La compañía no pudo sostenerse y dejó abandonadas sus operaciones. Después, cuando el Presidente Porfirio Díaz decide expandir la red de ferrocarriles del país, contrata a la Southern Pacific para construir una línea desde San Luis hacia México, donde se observan a lo largo de la vía un gran número de emanaciones de petróleo y tras hacer algunos estudios, es el petrolero William Doheney el iniciador de las operaciones en la región, se buscaba sustituir las importaciones de carbón, combustible de uso diario en las locomotoras.

A inicios de 1900 estaba vigente la Ley Minera que establecía prácticamente que el dueño del suelo podía explotar libremente, incluso sin necesidad de concesión, sustancias minerales entre las que eran incluidos los aceites.

Tras el éxito en la explotación de petróleo en la región, vino un auge de las compañías petroleras que en poco tiempo expandieron sus operaciones hacia más lugares. Las exportaciones crecieron rápidamente y llegaron a competir en los mercados de Estados Unidos, América Latina e incluso en el continente europeo. Sin embargo, el agotamiento de algunos importantes pozos y una producción intermitente de petróleo le abrió la puerta a las industrias multinacionales como la Royal Dutch-Shell y la Standard Oil. Los empresarios independientes deciden vender sus propiedades a las grandes empresas y con eso terminaba la era de las empresas independientes de la industria petrolera mexicana.

La llegada de los grandes grupos multinacionales se debió en gran medida a que vieron amenazado su lugar en el mercado internacional, debido a la disminución de sus ventas es que deciden expandirse y comprar las compañías que dominaban en el mercado en México, la compañía Royal Dutch-Shell compra El Águila, compañía dominante en el sector, la cual contaba con 80 pozos en producción y poseía derechos sobre 470 000 hectáreas al momento de efectuarse la compra. La Standard Oil entra al mercado mexicano por medio de la Waters–Pierce Oil después compraría las antiguas propiedades de Doheney entre las que figuraba la Huasteca Petroleum, que controlaba el 25% del mercado nacional.

Tras la salida de Porfirio Díaz en el poder a causa de la Revolución Mexicana, se vive un periodo de incertidumbre en el cual existe una lucha por el poder entre los grupos revolucionarios, finalmente en 1917 se firma la constitución vigente, en su Artículo 27 se declara propiedad del Estado al subsuelo de la nación, con lo cual la Ley Minera que regía la explotación de los recursos queda sin valor y dando por terminado el régimen de propiedad respecto a las minas y al petróleo.

El estado mexicano vio la necesidad de regular la creciente industria, México llegó a ser el segundo productor petrolero a nivel mundial, en 1918 y apoyándose del Artículo 27 constitucional, el Presidente Venustiano Carranza publica cinco decretos que después fueron conocidas como las

“Leyes Petroleras de Carranza”. Carranza estableció un impuesto sobre los terrenos petroleros y los contratos, esto ocasionó el enojo de las empresas y no tuvo gran impacto sobre la forma en la que las empresas obtenían el Petróleo, muchas veces contaminando ríos y tierras agrícolas.

Plutarco Elías Calles emite en 1925 una ley con relación al petróleo, en ella se prohibía a los extranjeros tener propiedades en determinadas zonas fronterizas y costeras, además cambiaba el derecho absoluto de propiedad por concesiones que expirarían en 50 años. Estas regulaciones no fueron bien vistas por las compañías extranjeras e incluso el gobierno norteamericano amenazó al gobierno mexicano con acciones militares si no se anulaban los decretos. A pesar de la tensión política, se logró un acuerdo pacífico entre el presidente Calles y el embajador de Estados Unidos Dwight Morrow. Con el acuerdo logrado se incrementaron las inversiones en la industria, pero no tuvieron ningún efecto en la forma en la que las compañías se beneficiaban del petróleo a costa del agotamiento de los pozos y la contaminación.

En década de 1920 la producción de crudo mexicano cayó estrepitosamente y México descendió entre los principales productores por lo que algunas empresas buscaron otras zonas donde invertir y trasladaran sus operaciones hacia lugares petroleros emergentes como Venezuela, donde los costos de producción eran menores que en México. La crisis obligo a cerrar plantas y a dismantelar oleoductos. Finalmente, entre los años de 1933 a 1937 el sector logra una recuperación al descubrirse nuevos pozos en Tampico y en la región del Istmo.

Las condiciones laborales en las empresas petroleras dejaban mucho que desear, siendo ya presidente Lázaro Cárdenas del Río, se forma el Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana. El sindicato envía a las 15 compañías existentes un Contrato Colectivo de Aplicación General, que más adelante sería conocido como “Contrato-Ley”.

En esa época el 50% del petróleo de México, era propiedad de Estados Unidos, el 45 % pertenecía a capital inglés y solo el 5% restante correspondía a inversión mexicana. Ante la necesidad de un control más eficiente de la industria petrolera el 18 de marzo de 1938 se lleva a cabo la Expropiación Petrolera. Sin embargo, el gobierno Mexicano debía abonar a las multinacionales, capitales e intereses como indemnización.

La industria recién nacionalizada requería de una gran reorganización, necesitaba coordinar la infraestructura de las compañías expropiadas, para este fin se crean dos instituciones: Petróleos Mexicanos (PEMEX), que se encargaría de la exploración, producción y refinación, y la Distribuidora de Petróleos Mexicanos, encargada del mercado del petróleo y sus productos derivados tanto al interior del país como al exterior. Los problemas no se hicieron esperar pues las dos instituciones contaban con consejos de administración separados conformados por consultores y representantes de secretarías de gobierno y el sindicato de trabajadores. Para dar solución a los problemas se adjudica a PEMEX el manejo total de la industria en agosto de 1940.

En sus inicios PEMEX enfrentó varios problemas. Por un lado, mantener la producción y buscar acomodo en el mercado a los hidrocarburos y por otro lidiar con la restricción a las exportaciones de parte de las compañías petroleras expropiadas. La Segunda Guerra Mundial contribuyó a que Estados Unidos y México superaran sus diferencias y colaborando en programas estratégicos.

A finales de la segunda guerra mundial, PEMEX entra en una etapa de consolidación como una empresa de carácter público, sin fines lucrativos, cuyos objetivos eran conservar y aprovechar

racionalmente los recursos petroleros. El descubrimiento de nuevos yacimientos y el desarrollo de zonas importantes en región del Golfo de México, favoreció grandes avances en la capacidad de producción y desarrollar la infraestructura necesaria para satisfacer las necesidades de México.

Las crisis petroleras y la disminución de los precios de crudo ocasionan que la expansión de PEMEX se vea frenada y ocasiona una disminución de producción. En la búsqueda de reducir los altos costos de la importación de tecnología se crea en 1965, Instituto Mexicano del Petróleo. Petróleos Mexicanos comienza de nuevo a recuperar la estabilidad con un programa de explotación intensiva de los mantos de Reforma, y el desarrollo de la plataforma continental de Campeche. Estos yacimientos aportaron el 93% de la producción nacional en el año de 1982.

Con el incremento de la producción y de la política del gobierno hacia un modelo de exportación de crudo, México se convierte en un país exportador, y logrando además la autosuficiencia productiva primaria, al dejar de importar el crudo necesario en la producción de derivados de consumo interno. PEMEX aumenta su capacidad de refinación al utilizar los recursos provenientes de las importaciones para incrementar la capacidad de las refinerías existentes, así como la construcción de nuevas. En 1983 gracias al impulso a la industria de la refinación y con el auge de la producción de petroquímicos, toda la infraestructura estaba conectada mediante una red de ductos de 42 213 km, entre los cuales 52% eran gasoductos, 28% oleoductos, y el restante se repartía entre poliductos y ductos petroquímicos.

A inicios de la década de 1980 PEMEX era uno de los pilares económicos del país y motor de la industria mexicana. Pero en los años siguientes la sobreoferta petrolera mundial y la liberación de los precios en la industria petrolera norteamericana originaron una caída de los precios a nivel mundial que afectó a los países productores independientes, entre los cuales se encontraba México, esto obligó a tomar medidas y planes restrictivos por parte de la administración de PEMEX, causando una disminución de la producción de crudo, pero también el sector del gas natural vio disminuidos sus volúmenes de producción y por consiguiente se dejó de invertir en infraestructura.

La crisis económica que enfrentó al país hizo mella en PEMEX, al incrementarse las tasas de interés, el gobierno se vio obligado a ajustar la política de inversión y gasto, la industria petrolera de nuevo resurgió para incrementar su productividad y eficiencia. PEMEX crea una empresa filial llamada Petróleos Mexicanos Internacional (PMI) con la finalidad de llevar a cabo las actividades comerciales de manera eficiente con el mayor beneficio económico.

En 1992 se realizó otra modificación corporativa al crear cuatro organismos con personalidad jurídica y patrimonios propios, los cuales tendrían funciones específicas: PEMEX Exploración y Producción (PEMEX), sería el encargado de la exploración y explotación de los yacimientos de petróleo y gas natural, también tendría la responsabilidad del transporte y almacenamiento en terminales.

PEMEX Refinación se ocuparía de los procesos industriales de la refinación, también participa en la elaboración de combustibles y otros derivados del petróleo (gasolina, diésel, combustóleo, turbosina, asfaltos y lubricantes), los almacenamiento, transporte y comercialización. Además, estaba facultada para distribuir el combustible automotriz a las gasolineras de todo el territorio nacional.

PEMEX Gas y Petroquímica Básica procesaría el gas natural, también llevaría a cabo el transporte y venta de dicho producto, mientras que en el ramo de los petroquímicos, los elabora y los vende.

PEMEX Petroquímica realiza procesos industriales petroquímicos diferenciados de los procesamientos básicos del gas natural. Cuanta con cuatro complejos petroquímicos y cuatro unidades petroquímicas.

Estas modificaciones estructurales intensificaron la producción anual de crudo y México experimento un auge en las exportaciones, en la década de 1990 el complejo de Cantarell era uno de los principales campos de explotación de crudo, encontraste las exportaciones de gas natural se vieron disminuidas hasta que en 2003 se suspendieron completamente. La capacidad de refinación no avanzó al mismo nivel que los niveles de producción y exportación.

Durante el sexenio del presidente Felipe Calderón, se tuvieron excedentes económicos por la venta de petróleo en el extranjero en gran parte por el precio que alcanzo el barril de petróleo mexicano; sin embargo, el agotamiento de Cantarell y de la situación petrolera mundial ha puesto de manifiesto la necesidad de tomar medidas energético y en específico en el sector petrolero.

Son numerosos los retos actuales a los que se debe hacer frente el sector energético mexicano: consolidar la seguridad energética, transitar hacia energías limpias, cumplir los tratados y compromisos internacionales respecto a la responsabilidad ambiental, administrar los recursos de manera más eficiente, y reducir las brechas económicas entre la sociedad mexicana.

## Situación actual

### Consumos actuales

Durante el año 2016 en el consumo energético a tres años de la Reforma Constitucional Energética es el siguiente:

*Tabla 1. Consumo de energía en México (2016)*

<b>Energía en México (2016)</b>		
<b>Indicador</b>	<b>unidad</b>	<b>2016</b>
consumo nacional de energía	PJ	9140.194
población nacional	millones de habitantes	122.273
consumo per cápita de energía	GJ/hab.	74.752
consumo de electricidad	GWh	260051.895
consumo de electricidad per cápita	kWh/hab.	2126.805
producción	PJ	7714.23
importaciones de energía	PJ	3994.254
exportaciones de energía	PJ	3100.928

Fuente: Balance Nacional de Energía 2016. SENER.

### Consumo por sector

La Secretaría de Energía (SENER), desagrega el consumo final total en los siguientes sectores: el transporte, que fue el sector que uso más energía al representar el 46.8%; el sector industrial significó el 31.7% en el consumo energético; el industrial, consumió 31%; el residencial, comercial y público absorbió el 18.1%; y finalmente el sector agropecuario 3.4%.

### Sector agropecuario

Durante el año de 2016 el consumo energético representó un aumento en 0.6% respecto al año anterior. El combustible más importante fue el diésel, con una participación del 74% del total de la energía consumida.

### Sector residencial, comercial y público.

El consumo de energía en el sector residencial durante 2016 aumentó 0.2% respecto a 2015. El consumo de leña en los hogares disminuyó 0.5%. El consumo en el sector residencial aumentó 4.5% respecto a 2015. La electricidad fue la principal fuente de energía con una participación de 50.3%. El segundo energético más utilizado fue el gas L.P. con un 38.0%. El consumo del sector público, en el cual se considera la electricidad que se usa para el alumbrado público, bombeo de agua potable y de aguas negras, que usa electricidad como único recurso energético, disminuyó en un 3.5% con respecto al año 2015.

### Sector transporte

El consumo de combustibles se incrementó 5.2% con relación al año 2015, el consumo de energéticos en el subsector del transporte aéreo aumentó 8.6% y el autotransporte creció 5.3%.

Tabla 2. Consumo final de energía por sector y por energético

Sector	descripción	consumo final energético [PJ]	consumo final energético %	principal energético %
Transporte	Vehículos para el transporte de personas/ insumos (tierra, aire y/o agua)	2484.95	46.80%	gasolinas 65 diésel 25.6 querosenos 6.6
Industrial	Instalaciones y equipamiento usado para producir o procesar bienes e insumos.	1680.79	31.70%	gas seco 38.6 electricidad 33.4 coque 8.5
		959.58	18.10%	electricidad 34.4

Residencial, comercial y público	Viviendas, instalaciones y equipos en empresas, gobiernos y otras instituciones. Alumbrado público y bombeo de agua.			gas licuado	32.6
				leña	26.2
Agropecuario	Agricultura, pesca y ganadería.	180.26	3.40%	diésel	74.5
				electricidad	22.6
				gas licuado	2.8

Fuente: Balance Nacional de Energía 2016. SENER.

### Sector industrial

El uso de combustibles en este sector mostro un incremento de 4.9% respecto al año 2015, las principales consumidoras industriales son:

- Industria del hierro y del acero;
- Cementeras;
- PEMEX Petroquímica;
- Industria química;

El gas seco continuo como el combustible más utilizado en la industria con una participación de 38.6% mientras que el consumo de electricidad incremento un 4.0% para finalizar en un 33.4% del uso en el sector industrial.

La utilización de energía solar para satisfacer las necesidades fue marginal pues solo contribuyo con 0.62 PJ pero ha mostrado un incremento exponencial en la última década.

### Consumo por fuente energética

Tabla 3. Consumo de combustibles en 2016 (petajoules)

Fuente: BP Statistical Review of World Energy June 2017

Tabla 4. Producción de energía primaria por fuente (petajoules)

Producción de energía primaria por fuente	
	2016 [PJ]
<b>Total</b>	<b>7714.23</b>
<b>carbón</b>	<b>254.165143</b>

<b>Energía primaria: Consumo por combustible (petajoules)</b>							
<b>2016</b>							
millones de toneladas equivalentes de petróleo	petróleo	gas natural	carbón	energía nuclear	hidroenergía	renovables	total
<b>México</b>	82.8	80.6	9.8	2.4	6.8	4.1	<b>186.5</b>
<b>Norteamérica</b>	1046.9	886.8	386.9	217.4	153.9	97.1	<b>2788.9</b>
<b>mundial</b>	4418.2	3204.1	3732	592.1	910.3	419.6	<b>13276.3</b>
<b>hidrocarburos</b>	<b>6694.849802</b>						
petróleo crudo	4826.854057						
condensados	88.312027						
gas natural	1779.683718						
<b>nucleoenergía</b>	109.954277						
<b>renovables</b>	<b>655.260898</b>						
hidroenergía	110.510471						
geoenergía	132.594822						
energía solar	11.186429						
energía eólica	37.361141						
biogás	1.912172						
<b>biomasa</b>	<b>361.695863</b>						
bagazo de caña	110.137599						
leña	251.558264						

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

### Prospectiva de gas L.P. 2017-2031

Los sectores residencial y de servicios son los principales usuarios de gas L.P. su demanda total ascendió a 282.5 miles de barriles diarios (mbd) en el año de 2016. En los últimos diez años, las ventas de gas natural dentro del territorio han decrecido en un 8.2 %, esto se explica por la expansión de la infraestructura de gas natural y la preferencia de éste.

La producción de gas L.P. disminuyó en 9.3% respecto al año 2015, al cerrar en un volumen de 159.6 mdb. Para cubrir la necesidad nacional de gas L.P., se importaron 133.6 mdb, lo que representó un incremento de 27% en relación con el año anterior (2015). Por otro lado, se tuvo un volumen de 4.5 mbd al exportar gas L.P. hacia Belice.

El precio gas L.P. fue liberado a partir de enero de 2017, en el marco de la Reforma Energética, lo que significó que los precios máximos de venta ya no se fijan mensualmente en los decretos publicado en el Diario Oficial de la Federación, los precios ahora se determinan por las condiciones de mercado, y responden a la ley de la oferta y la demanda, y de las condiciones de los mercados internacionales.

Para el año de 2031 se estima que la demanda de gas natural sea 2.0% menor que la demanda registrada en 2016, esto puede ser explicado por un menor consumo en los sectores residencia, industrial y autotransporte. Sin embargo el sector residencial continuara siendo el mayor consumidor de gas L.P. se estima que su consumo equivaldrá a el 48.7% del total de la demanda nacional.

En 2031, el sector servicios incrementara su demanda a un volumen de 83.2 mbd de gas L.P. equivalente a un incremento de 18.7% respecto a 2016. En el sector autotransporte la proyección apunta a que se demandara un volumen total de 30.9 mbd, que representara una disminución de 2.1% en comparación a 2016.

Se estima que la producción de gas L.P. llegue a 171.4 mbd, que significara un incremento de 7.4% respecto a 2016. La región más productiva será la Sur-Sureste ya que contribuirá con 144.0 mbd.

En 2031 se prevé que las importaciones se eleven en un 4.9% respecto a 2016, al alcanzar un volumen de 140.1 mbd.

### **Prospectiva de gas natural 2017-2031**

La demanda de gas natural se ha incrementado en la última década en un 15.3%, al finalizar el año de 2016 alcanzó un volumen de 17,450.5 millones de pies cúbicos diarios de gas natural equivalente, que significó un crecimiento de 2.0% respecto a 2015.

El gas natural tiene una gran participación en el uso combustibles fósiles del país, pues registro el 43.7% de la demanda nacional. El sector electricidad a lo largo de los últimos 10 años, acrecentó su uso en 34% ya que se ha normalizado el gas natural como combustible para las centrales de ciclo combinado. Pero no es el único sector que incrementado la utilización de gas natural, el sector autotransporte presento un aumento de 16.6% respecto a 2015, el sector petrolero e industrial registraron un volumen de demanda de 2,122 millones de pies cúbicos diarios (mmpcd) y 1,484.1 mmpcd, respectivamente. Y con el desarrollo gradual de nueva infraestructura se ha contabilizado un repunte gradual desde 2006 de uso del gas natural en el sector servicios.

La producción nacional de gas natural durante 2016, fue de un volumen de 5,811.4 mmpcd, 9,2% menor con respecto a 2015, el resto de la demanda nacional tuvo que ser cubierta con importaciones, las cuales significaron 12.8% de participación con un volumen de 535.5 mmpcd promedio mensual, con lo que se tuvo una reducción de 16% respecto a 2015.

En 2017, la CRE eliminó el precio máximo de venta de primera mano (VMP) de gas natural y determino que el precio se fijara conforme a las condiciones de mercado.

Durante el sexenio de Enrique Peña Nieto, se han añadido 3,392 kilómetros a la red de gasoductos del país, que representan un incremento de 29% respecto al inicio de gobierno.

Para el año 2031 se prevé que la demanda de gas natural crezca 26.8% en relación a la que se registró en 2016, el volumen de la demanda en 2031 alcanzara un volumen de 9,656.9 mmpcd, todos los sectores incrementaran sus demandas, a excepción del sector petrolero donde se espera que el uso de gas natural disminuya en un 24%; por el contrario, el sector eléctrico mantendrá preponderancia al usar 61.6% de la demanda de este combustible.

El gas natural es considerado como un combustible eficiente y más barato por que otros por lo que la CFE ha implementado estrategias para sustituir combustibles contaminantes por gas natural, también es necesario desarrollar la infraestructura de gas natural así como implementar tecnología de combustión dual en las centrales eléctricas existentes.

Se espera que en 2031, el sector industrial reduzca el ritmo de uso de gas natural en un 3.3% respecto a 2016, la industria química será la que más consumirá gas natural, seguida de la industria del cemento hidráulico.

Se estima el sector petrolero disminuya el manejo de gas natural en un 31% respecto a 2016; pero el gas natural continuará como el combustible más usado en este sector con una participación de 80%.

Respecto a los niveles de importación de gas natural, se elevaran los registros en 10.6% respecto a 2016.

### **Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2017-2031**

La producción de petróleo en México ha decaído a lo largo de los dos últimos sexenios en promedio de 3.8%. Durante 2016, la producción cayó en 5.0% respecto al año anterior. El 79.3% de la producción de petróleo se ubicó en mares mexicanos y el 20.7 restante se produjo en tierra. De la producción total 43.8% se destinó al consumo interno del país, el 56.2% se envió a terminales de exportación. La exportación creció 1.9%.

El mayor mercado de colocación de petróleo fue América pues significó 50% de las exportaciones, en menor medida se exportó a Europa y Lejano Oriente.

Durante 2016, se procesaron un total de 935.2 mbd de petróleo crudo. De la producción 32.4% se destinó a obtener gasolinas, 27.2% correspondió a diésel, 31.1% en combustóleo, 5.2% en turbosina y 3.9% al coque de petróleo.

Las importaciones de gasolina incrementaron en 17.6%, esto se explica por la reducción de una menor producción (16.2% menor que en 2015) y al aumento de consumo en un 3.7%. Por otra parte, la importación de diésel alcanzo un techo histórico, al incrementarse en 21.9% respecto a 2015. El combustóleo fue el único combustible petrolífero que se exportó en 2016, no obstante se registró una reducción en el volumen 8.6% que la exportación de 2015.

El 43.8% de la demanda nacional de turbosina, combustible de alto octanaje, utilizada para el funcionamiento de las turbinas en aviones y helicópteros, fue cubierta mediante exportaciones, al alcanzar un volumen de 33.4 mbd.

En total las importaciones de productos petrolíferos fueron de 23.9% más que en 2015; esto debido a la baja producción de las refinerías del SNR.

El gas natural fue el principal combustible usado para la generación de electricidad con 31%, seguido por el combustóleo que tuvo participación de 12.9%.

Con la entrada en vigor de la nueva legislación energética se puede importar gasolina en lugar de depender exclusivamente del combustible de PEMEX.

La estimación de las reservas y plataforma petroleras, se presenta en dos escenarios: mínimo y máximo. El máximo escenario, la producción alcanza 3,252 mdb para el año 2031, en el otro escenario la producción se reduce en 9.3% respecto a la producción que se alcanzó en 2017, con un volumen de 1,780 mdb en 2031.

Se espera que la producción de hidrocarburos continúe centrada en áreas marinas someras, estas representan el 81% actualmente en ambos escenarios (máximo y mínimo). Las áreas marinas profundas aportaran en 2031 el 31.1% en el escenario máximo y 17.8% en el mínimo.

Se prevé que la capacidad de procesamiento de crudo aumente en un 79.6% para el año 2031, se espera que para 2026 el SNR tenga una capacidad de 275 mbd. Las gasolinas continuarán como el principal combustible en el sector de autotransporte, para 2031 se vislumbra un incremento de 21.3%, ya que el parque vehicular presentara un incremento de 8.4% respecto al del año 2015. El diésel también registrara elevación en el consumo del 41.9%; esto se explica por el incremento en el parque vehicular de uso intensivo que utiliza este combustible. La demanda de gasolina se cubrirá con 30.8% de importaciones, en el caso del diésel estas disminuirán a 32.5 mdb.

### **Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2017-2031**

La capacidad instalada de generación eléctrica a nivel mundial con energías renovables fue de 2'011,33. La principal energía fue la hidroeléctrica al representar el 60% del total de la capacidad total de generación.

A términos de 2016, las energías renovables en México se incrementaron en 10.17% respecto a la capacidad instalada en 2015. El 15.4% de la energía eléctrica en México fue generada con energías renovables, las tecnologías solar y eólica son las que registraron un mayor crecimiento.

En el periodo comprendido entre 2017-2031 se espera un aumento de 7.4% en la participación de las energías renovables en la matriz energética de México, al finalizar el 2031, según lo reportado por el PRODESEN 2017-2031 se ubicara a las energías limpias con un participación de 135,027 GWh.

## **Capitulo I.3 El Sector eléctrico en México.**

El sector de la energía eléctrica en México es parte fundamental del desarrollo económico y social; es a la vez una de las industrias más grandes del país y es considerado un sector estratégico para la seguridad energética del país, en cada paso del proceso de generación, transmisión, distribución y aprovechamiento entran en juego diversos factores que hacen de la industria eléctrica una de las más complejas.

Los problemas que enfrenta el sector son retadores y requieren del diseño de planes y proyectos que aseguren el suministro de cantidades crecientes de energía de manera segura, limpia y

económica todo esto sin apartar de vista el bienestar de poblaciones y grupos vulnerables de la sociedad.

### **Historia del sector eléctrico mexicano**

La generación de electricidad en México tiene sus orígenes a finales del siglo XIX. En 1879 se instala en León, Guanajuato la primera planta generadora, utilizada por la industria textil, a partir de ahí se extiende la generación de electricidad para beneficio de la producción minera que abundaba en la región. Es hasta el régimen de Porfirio Díaz que se otorga al sector eléctrico el carácter de servicio público al colocarse las primeras lámparas de iluminación en algunas vialidades de la ciudad de México.

El desarrollo industrial durante el gobierno de Porfirio Díaz atrajo a compañías extranjeras con gran poder económico que crearon filiales, como The Mexican Light and Power Company, que era financiada por capital canadiense, se estableció en el centro del país; la empresa The American and Foreign Power Company, contaba con tres sistemas interconectados en el norte de México.

En los inicios del siglo XX, la naciente industria de la electricidad en México contaba con una capacidad instalada de 31 MW, los cuales provienen en totalidad de empresas privadas y en su mayoría financiadas por capital extranjero. Para el año de 1910 el país tenía una capacidad instalada de 50 MW de los cuales el 80% los generaba The Mexican Light and Power Company, en gran parte debido al primer gran proyecto hidroeléctrico del país: la planta Necaxa, en el estado de Puebla.

Es durante este periodo donde se dan los primeros esfuerzos para ordenar la industria eléctrica y se crea la Comisión Nacional para el Fomento y Control de la Industria de Generación y Fuerza, que más adelante se conoció como la Comisión Nacional de Fuerza Motriz. El 2 de diciembre de 1933 se decreta que la generación y distribución de electricidad son actividades de utilidad pública. En el año de 1937 la población de México ascendía a 18.3 millones de habitantes, de los cuales solo aproximadamente un tercio contaba con electricidad, proporcionada por empresas privadas.

La calidad de la electricidad dejaba mucho que desear: las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy altas puesto que las empresas estaban enfocadas en mercados urbanos e industrializados y no en las zonas rurales en las que habitaba más del 62% de la población. Para entonces la capacidad instalada de generación eléctrica en el país era de 629 MW. Como respuesta a esta situación que obstaculizaba el desarrollo del país, el gobierno crea en 1937 la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con el objetivo central de organizar y dirigir el sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Es partir de la creación de la CFE que se comienza la construcción de plantas generadoras y se amplían las redes de distribución, beneficiando no solo al alumbrado público y la electrificación de comunidades sino además como un gran apoyo al campo al posibilitar la electrificación de pozos de riego y en la molienda.

Se inició, en 1938 la construcción del Sistema Hidroeléctrico Ixpantongo, en el Estado de México, que posteriormente fue nombrado Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán. En el mismo año la CFE alcanzaba apenas una capacidad instalada de 64 kW que, en ocho años, se vio aumentada hasta alcanzar 45594 kW. Las compañías privadas vieron disminuidas sus utilidades y dejaron de invertir,

situación que obliga a la CFE a generar energía y revenderla a las empresas privadas puesto que las redes de distribución eran de su propiedad.

A mediados del siglo XX, la CFE aportaba el 54% de capacidad instalada, que era de 2308 MW. A pesar de estos grandes avances, solo el 44% de la población contaba con el servicio de electricidad. Es por eso que la administración del presidente Adolfo López Mateos toma la decisión de nacionalizar la industria eléctrica, el 27 de septiembre de 1960. A partir de entonces el estado mexicano adquiere la infraestructura de las compañías privadas que operaban con grandes problemas al dejar de invertir algunos años atrás. Un año después, la capacidad total del país era de 3250 MW. La participación en la propiedad de centrales generadoras de electricidad pasa de cero a 54%. Es durante esos años que se construyen centros generadores muy importantes, como los de Infiernillo y Temascal que ayudan a que, en 1971, se tenga una capacidad instalada de 7874 MW.

Entre los años de 1970 y 1980 se logra una instalar una capacidad de 17360 MW. Es importante mencionar que a raíz de la creación de la CFE es que se logra unificar criterios técnicos y económicos de la generación y distribución de la electricidad, en los inicios de la industria mexicana operaban sistemas aislados, que tenían características técnicas diferentes, existían casi 30 voltajes de distribución e incluso dos frecuencias eléctricas de 50 y 60 hertz. Esto problemática hacía difícil el suministro de electricidad, por lo que se estandariza y se unifican los sistemas a una frecuencia de 60 hertz, y se integra los sistemas de transmisión en el Sistema Interconectado Nacional.

En las dos décadas siguientes el crecimiento de infraestructura eléctrica se ve frenado, en gran medida por la disminución en la asignación de los recursos a la CFE. En 1991 la capacidad instalada creció a 26,797 MW, para el año de 2000 la capacidad instalada asciende a 35385 MW, y alcanza una cobertura del servicio a la población de 94.7% a nivel nacional. Tras la desaparición de Luz y Fuerza del Centro, en 2009, la CFE es la encargada de suministrar el servicio eléctrico a todo el país.

La industria eléctrica ha tenido a un papel esencial para el avance industrial y general del país. El sector eléctrico es muy importante, porque es una forma de energía que se puede generar en forma centralizada al mayoreo y puede ser transmitida económicamente a largas distancias desde el sitio en el que se genera. Es, además, fácilmente adaptable a aplicaciones domesticas e industriales. Es por eso que el consumo per cápita de energía eléctrica es un buen indicador del estado de desarrollo de un país. Adicionalmente está íntimamente relacionado con el bienestar social ya que el contar con acceso a esta energía permite incrementar la calidad de vida de las personas.

Convencionalmente, la energía se obtiene por conversión de combustibles fósiles, y en el caso de México, de fuentes hidráulicas y nucleares. Como es bien sabido el país tiene reservas fijas y no renovables de combustibles fósiles. La energía hidráulica, aunque renovable, está limitada en términos de potencia y solo puede satisfacer parcialmente la gran siempre creciente demanda de energía. Además, los factores ecológicos y biológicos condicionan el desarrollo del potencial eléctrico del país.

Cada año el consumo de energía per cápita se incrementa y aunque a un ritmo menor, el crecimiento exponencial de población, algunos estudios sugieren el final de los recursos combustibles no renovables de la Tierra. Las crisis energéticas del pasado que el país resintió económicamente en especial durante el sexenio de Miguel de la Madrid, dejó como experiencia que el modelo del sector eléctrico no puede estar basado en usar el petróleo como combustible para la generación de

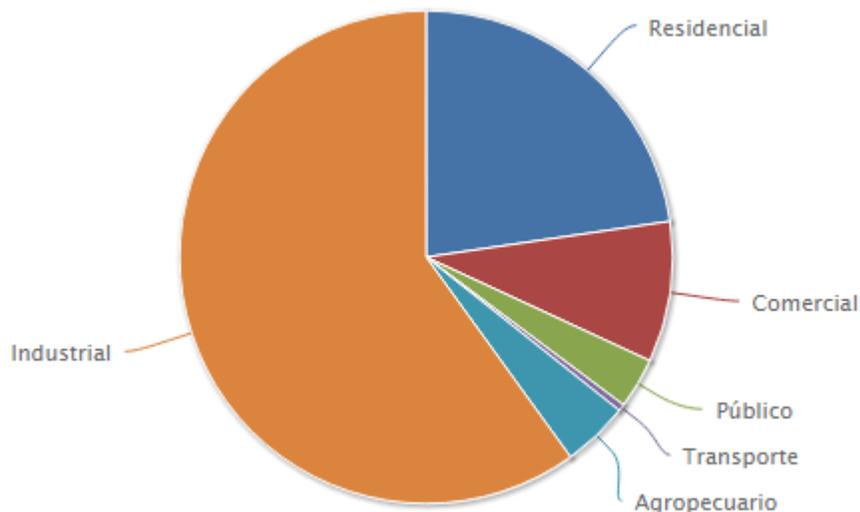
electricidad. Es por eso que, posteriormente se adoptan políticas en favor del uso de carbón y fuentes de energía alternas para la generación de electricidad. Asimismo, problemas asociados al uso de combustibles fósiles como la contaminación del aire y desastres ecológicos en sitios donde se genera la electricidad, llevan a emprender acciones que busquen reducir la dependencia al petróleo.

### Consumo eléctrico (2016)

En 2016 el consumo total de energía eléctrica fue de 260051.895 GWh, registrando un aumento de 4.54% respecto al consumo de 2015. Según datos de la CONAPO, la población nacional medida en millones de habitantes es de 122.273, lo que representa 1.54% más que la población de 2015. El consumo de electricidad per cápita (kWh/hab.) para el año de 2016 fue de 2,126.805. El consumo de electricidad esta desglosado de la manera siguiente:

- Sector residencial (36.113943 millones de usuarios), comercial (3.98832 millones de usuarios) y público. El consumo eléctrico en conjunto de estos tres sectores fue de 329.877 PJ equivalente a 91632.5 GWh
- Sector transporte. Este sector registro un consumo eléctrico de 4.104 PJ o 1140 GWh para el año de 2016.
- Sector agropecuario (0.128565 Millones de usuarios). El consumo de energía eléctrica en este sector fue de 40.806 PJ que son iguales a 11335 GWh.
- Sector industrial (0.325958 Millones de usuarios). El consumo de este sector en el año de 2016 fue de 561.400 PJ semejantes a 155944.44 GWh.

Figura 1. Consumo de electricidad por sector 2016 (petajoules).



Fuente: Sistema de Información Energética (SIE). SENER

### Generación

La capacidad instalada del SEN a términos de 2016 fue de 73,510 MW (PRODESEN,2017), 71.2 corresponde a centrales eléctricas convencionales y el 28.8% se genera en centrales eléctricas con el uso de tecnologías limpias. Las principales tecnologías de generación son:

- Ciclo combinado 37%
- Termoeléctricas convencionales 17%
- Hidroeléctricas 17%
- Carboeléctricas 7%
- Turbogás 7%

Las tecnologías limpias tuvieron un incremento de 10.2% respecto al 2015, en gran parte por la instalación de nuevas centrales eólicas y geotérmicas.

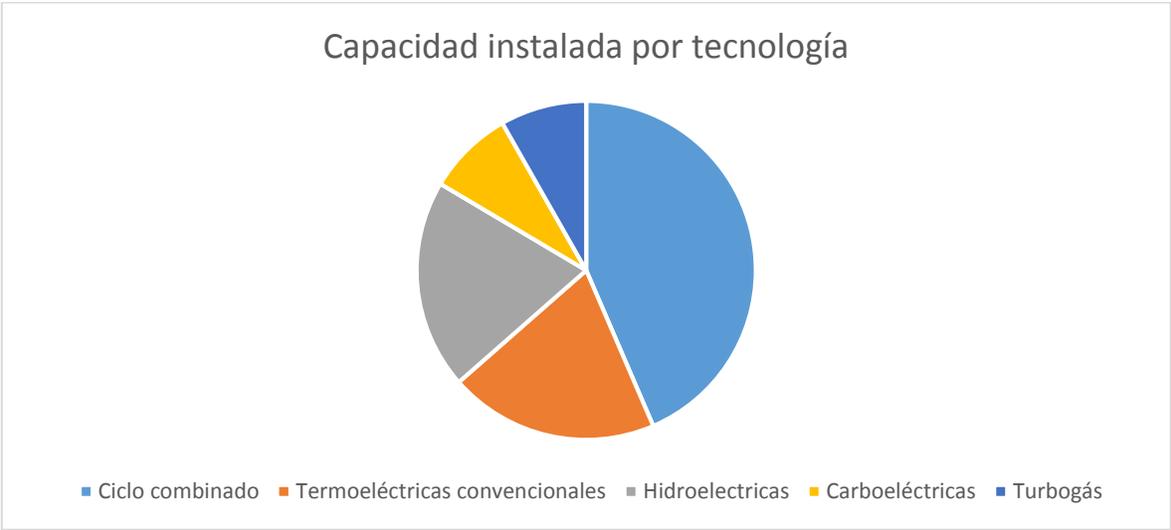
Del total de capacidad instalada 61.6% corresponden a centrales que son propiedad de CFE, 19.0% corresponden a Productores Independientes (PIE's) y el 19.4% restantes es de particulares bajo el esquema de autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, exportación y usos propios continuos.

**Tecnologías de generación de energía eléctrica en México**

**Fuentes convencionales**

Las fuentes térmicas de energía eléctrica (carbón, petróleo, nuclear) y las hidráulicas son las principales fuentes convencionales, requieren el uso de combustibles fósiles como energético primario y no cuentan con un equipo de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

*Figura 2. Capacidad de generación eléctrica instalada por tecnología (2016).*



*Fuente: Sistema de Información Energética (SIE). SENER*

**Termoeléctrica convencional, basadas en vapor/gas**

Mediante la combustión de carbón, petróleo o gas el calor que se libera se usa en una caldera para producir vapor. En México es común utilizar derivados del petróleo como combustibles. El vapor se expande en una turbina, al llegar a una condición propicia de temperatura y presión, provoca un movimiento mecánico capaz de impulsar el generador y de este modo producir electricidad. Posteriormente, el vapor deja la turbina y llega a un condensador donde se transformará en agua líquida y de nuevo esté disponible para comenzar el ciclo de nuevo.

Hasta el 2014 este tipo de centrales generadoras contaban con una capacidad equivalente a 12,959 MW (19.8% de la capacidad total instalada). El país ha optado por sustituir este tipo de centrales por otras con mayor eficiencia, que estén sujetas a menor costo de combustible y con una operación ambientalmente sustentable; la contaminación del aire y la térmica están siempre presentes en una planta de este tipo. Los agentes contaminadores del aire (que están formados por partículas y gases) se emiten con los gases de chimenea, y la contaminación térmica se debe al calor rechazado que se transfiere del condensador al agua de enfriamiento.

### **Combustión interna**

Este tipo de proceso es similar al de una central térmica convencional; sin embargo, la combustión se realiza dentro de un motor que comprime el aire y aumenta su temperatura, que al entrar en contacto con el combustible (diésel) provoca la combustión. Hoy en día, existen en el mercado modelos capaces de quemar diferentes tipos de combustible como el gas natural, combustibles vegetales, combustóleo, etc.

La gran desventaja de esta tecnología es el alto costo, así que es utilizada solo en horas de demanda pico, o en ligares en los que no hay otro tipo de combustible; tal es el caso de Baja California Sur. Están registradas 274 centrales de combustión interna que representan el 2 % de la capacidad total y que contribuyeron en el año de 2014 al 2% de generación de electricidad.

### **Turbogás**

El gas natural (metano) y su creciente disponibilidad, han iniciado el desarrollo de motores primarios basados en turbina de gas de características similares a las turbinas que se usan en la aeronáutica. La combustión del gas genera altas temperaturas y presiones, de manera que la eficiencia de una turbina de gas es comparable con una turbina de vapor.

El proceso de generación de electricidad inicia cuando el aire entra al compresor en condiciones atmosféricas; después de la compresión, el aire entra a la cámara de combustión, donde una parte proporciona el oxígeno que se necesita para la combustión, mientras que la parte restante se utiliza para enfriar los gases y provocar la expansión de la turbina, provocando el movimiento mecánico en el generador para obtener energía eléctrica. Los gases de escape, por lo regular se liberan en la atmósfera.

Desde el punto de vista económico y ambiental esta tecnología representa una fuente estable de generación de energía eléctrica, su operación genera menores emisiones respecto a otras si se usa gas como combustible, ya que algunas funcionan con diésel. Este tipo de tecnología se usa en demanda pico por su rápida respuesta. En el país existen 93 centrales de turbogás en operación con una capacidad de 3,419 MW que representa el 7.0% de la capacidad total y genero el 2.9% de energía durante el año 2014.

### **Centrales de ciclo combinado**

En estas plantas el proceso de generación de electricidad es similar al de las centrales con turbinas de gas, pero con la ventaja adicional de que los gases de la turbina de gas aún tienen suficiente contenido térmico, el cual es aprovechado para generar vapor para operar una turbina convencional de vapor acoplada a un generador. La planta de ciclo combinado tiene un arranque rápido de 2 a 3 minutos para la turbina de gas y de 20 minutos para la turbina de vapor. Se pueden usar tanques locales de almacenamiento de gas, en el caso de que se vea cortado el suministro de gas principal.

Una unidad de ciclo combinado produce el 5% del CO<sub>2</sub> que produce una planta de carbón o diésel. Mediante la automatización existen plantas que son capaces de operar de forma totalmente automatizada durante las 24 horas, esto para responder a las demandas pico.

Esta tecnología tiene un lugar preferencial en la matriz energética puesto que representa el 45.6% de la capacidad nacional y representa el 49.6 % de la generación de electricidad del país, la cual se produjo en 55 centrales. La mayoría están distribuidas en los estados de Tamaulipas, Baja California, Veracruz, Nuevo León y Chihuahua.

### **Centrales carboeléctricas**

Una planta generadora de energía eléctrica que usa carbón como combustible principal es similar a una central termoeléctrica. La diferencia principal radica en el generador de vapor el cual es más grande y con superficies mayores para transferencia de calor, además el carbón requiere de un tratamiento especial el cual consiste en la pulverización y secado, de sistemas anticontaminantes como colectores y equipos de desulfuración.

La gran desventaja de este tipo de plantas es la eficiencia del proceso la cual es baja y su valor máximo es de alrededor de 40% ya que existen altas pérdidas de calor en los gases de combustión y la gran cantidad de calor desechada por el condensador que tiene que cederse en las torres de enfriamiento o en un río o lago en el caso de enfriamiento directo de condensadores.

Las centrales carboeléctricas tienen costo de generación bajos. Aunque su proceso origina importantes emisiones contaminantes esto se resuelve un poco implementando sistemas de captura y almacenamiento logrando mitigar un poco el impacto en el ambiente.

México cuenta con tres centrales de este tipo de tecnología con capacidad conjunta que suma 5378 MW que representan el 8.2% La capacidad instalada en el país. En el año de 2014 esta tecnología contribuyó con el 11.1% de la generación total de energía eléctrica.

### **Fuentes renovables de energía: tecnologías limpias**

Las fuentes renovables de energía juegan un papel cada vez más importante en la matriz energética del país ya que son más limpias, fáciles de usar y se prevé que sean viables económicamente con su creciente utilización, además ayudan a proteger el medio ambiente y son fundamentales para tener un desarrollo sustentable.

México cuenta con un amplio abanico de posibilidades en el desarrollo de energías limpias pues puede aprovechar en la generación de energía eléctrica los siguientes recursos: el viento, la radiación solar, los océanos, los ríos, los yacimientos geotérmicos, la biomasa, el biogás, el metano

y otros gases orgánicos, así como la energía nuclear y la energía que se genera en las centrales de cogeneración.

Sin embargo, uno de los problemas particulares de las energías renovables es su intermitencia, es decir, la disponibilidad de los recursos es variable y parcialmente impredecible.

### **Energía eólica**

Los vientos se crean esencialmente por el calentamiento solar de la atmósfera, desde la década pasada se han hecho intentos de usar el viento para generar energía eléctrica sin embargo la factibilidad técnico-económica aún se estudia para que pueda establecerse de satisfactoriamente este tipo de tecnología.

El viento como fuente de energía es altamente atractivo, porque es abundante, inagotable y no contamina además no impone cargas térmicas extra sobre el medio ambiente desafortunadamente es inestable y depende en gran medida de la zona geográfica donde se instalen este tipo de plantas. Tiene la restricción de la velocidad del viento y aunque se han encontrado métodos para generar energía de frecuencia constante y con velocidades variables no es práctica para grandes asentamientos y demandas de energía en sitios urbanos por lo que se debe usar en combinación con otros métodos de generación para asegurar la continuidad.

Las centrales eólicas aprovechan la energía cinética del viento para producir electricidad mediante turbinas eólicas también llamadas aerogeneradores. Los aerogeneradores son dispositivos que convierten la energía cinética en energía mecánica cuyo movimiento se convierte en energía eléctrica.

En el país se cuenta con una capacidad instalada de 2036 MW que representa el 3.1% (SENER S. d., 2016) de la capacidad total, distribuidos en 26 centrales eléctricas. En el año 2014 los parques eólicos reportaron una generación de 6426 GWh que fue el 2.1% del total nacional, la mayor construcción de este tipo de centrales se encuentra en los estados de Oaxaca y Baja California.

### **Energía solar**

La energía solar tiene la ventaja de ser libre de costos inagotable libre de contaminación, pero tiene muchos obstáculos está disponible sólo durante parte del día y las condiciones atmosféricas reducen mucho la energía recibida. Para aprovechar la energía solar de una forma eficiente hay que superar retos importantes y problemas tecnológicos por ejemplo a la recolección y concentración de la energía solar y su conversión a la forma eléctrica por medios eficientes y económicamente viables.

La energía solar consiste en convertir la luz solar en electricidad por medio de un dispositivo semiconductor (celdas fotovoltaicas) o mediante concentradores solares que elevan la temperatura de un fluido que pasa a una turbina conectada a un generador y así producir electricidad

Eso tecnología ha tenido costos de inversión mayores comparados con otras tecnologías renovables, en el país se cuenta con 9 centrales en operación, pero apenas participan con el 0.1% de la capacidad total y apenas el 0.03% de la generación. Se espera que con la apertura del mercado eléctrico derivado de la Reforma Energética y de la disminución de los costos, así como una mayor competencia que fomenta la inversión esta participación se incremente en gran medida en los años venideros.

### **Plantas generadoras geotérmicas**

En una planta geotérmica el calor del interior de la Tierra es la fuente de energía. La capacidad instalada geotérmica actual del mundo es alrededor de 500 MW y con un inmenso potencial, aunque este depende del calor que se genera en las regiones volcánicas se pueda utilizar. Como las presiones y temperaturas son bajas la eficiencia de una planta de este tipo es menor que la de las plantas convencionales de combustibles fósiles pero tiene la gran ventaja de que los costos de inversión son menores y el combustible está disponible sin costo.

Las centrales operan con los mismos principios que las centrales convencionales el vapor geotérmico es enviado a un separador de humedad una vez seco se conduce una turbina para transformar la energía cinética en mecánica, el movimiento se transmite al generador para producir energía eléctrica.

Este tipo de energía renovable proporciona la generación de carga base ya que su operación no es afectada por variaciones climatológicas o estacionales que la diferencia de otras tecnologías renovables debido a la alta disponibilidad del recurso. México se sitúa en el cuarto país con mayor capacidad instalada en centrales geotérmicas cuenta con 7 centrales eléctricas aunque sólo representan el 1.2% de la capacidad total del país, que contribuyó con el 2.0% de la generación total de electricidad.

### **Plantas eléctricas nucleares**

Este tipo de plantas es visto como una alternativa inmediata para la generación de energía eléctrica a gran escala en sustitución de las plantas térmicas que utilizan combustibles fósiles. Una planta nuclear es totalmente libre de contaminación del aire y necesita poco combustible con relación al volumen y peso para funcionar. Sin embargo, entre una lista de desventajas destaca que los reactores nucleares producen desperdicio de combustible radiactivo cuyo manejo presenta serios riesgos ambientales y requiere un costo de capital alto.

Una central nuclear tiene el mismo proceso de generación energía eléctrica que el de una central convencional con la diferencia de que no requieren el proceso de combustión para iniciar su funcionamiento. El vapor que se necesita para poner en marcha la turbina se obtiene mediante el proceso de fisión del uranio.

La fisión se produce al chocar un neutrón contra un núcleo de uranio o plutonio dentro de un reactor la división que sucede en los núcleos genera energía partículas subatómicas y neutrones que al chocar con otros núcleos de uranio o plutonio provocan una reacción en cadena la energía que se genera se aprovecha mediante un refrigerante que puede ser agua, sodio líquido, entre otros.

México cuenta con una sola central de este tipo ubicada en el estado de Veracruz que aporta el 2.1% de la capacidad total instalada y el 3.2% del total de generación total nacional.

### **Bioenergía y biocombustibles**

La materia que deriva de los compuestos orgánicos como plantas, madera, desechos agrícolas, cultivos herbáceos y cultivos energéticos leñosos; se conoce como biomasa. Esta se puede transformar por procesos químicos y biológicos para producir biocombustibles intermedios tales como gas metano, etano líquido o carbón sólido. La biomasa se quema para obtener calor para la

cocción, calefacción, secado de vegetales, procesos de fabricación y para la generación de vapor en la producción de electricidad y el transporte.

La tecnología tiene poco impacto en la capacidad total instalada del país con el 0.3% distribuida en 14 centrales que generan 516 GWh a partir de biocombustibles. Los estados de Veracruz, Nuevo León y Jalisco concentran casi el 60% de la capacidad total de esta tecnología ya que se aprovechan los residuos orgánicos en los ingenios azucareros y del procesamiento de los residuos sólidos urbanos.

## **Transmisión**

Las actividades de transmisión y distribución están consideradas como áreas estratégicas y por lo tanto están reservadas al Estado Mexicano. La Red Nacional de Transmisión (RNT) se conforma por 53 regiones de transmisión, de las cuales 45 están interconectadas entre sí; las 8 restantes están en aislados en la Península de Baja California.

### **Red Nacional de Transmisión (RNT)**

La longitud de las líneas de transmisión con tensión de 230 y 400 kV fue de 53,216 kilómetros en el año de 2015, mientras que la longitud de las líneas que operan en tensiones que van de 69 kV a 161 kV fue de 51,178 km.

### **Subestaciones**

En estas instalaciones tienen como finalidad modificar y regular los niveles de tensión de la infraestructura eléctrica para facilitar el transporte de la energía eléctrica entre las líneas de transmisión y distribución.

La capacidad de transformación de las subestaciones instaladas fue de 193,107 MVA, lo que represento un aumento de 2.5% con relación al año 2014.

### **Interconexiones Transfronterizas**

Hay 13 interconexiones de México con otros países, 11 están en la frontera de Estados Unidos de América y 2 con la región de Centroamérica.

### **Interconexiones con Norteamérica**

De las interconexiones con Norteamérica, 5 son de emergencia, las cuales son:

- Ribereña-Ascárate
- ANAPRA-Diablo
- Ojinaga-Presidio
- Matamoros-Brownsville
- Matamoros-Military

Las interconexiones restantes son permanentes y tienen capacidad para exportar e importar energía eléctrica:

- Tijuana-Miguel

- La Rosita-Imperial Valley
- Piedras Negras-Eagle Pass
- Nuevo Laredo-Laredo
- Cumbres F.-Planta Frontera
- Cumbres F.-Railroad

#### Interconexiones con Centroamérica

Existen dos conexiones con Centroamérica, una en Quintana Roo con Belice y la otra entre Chiapas y Guatemala.

- Xul Ha-West
- Tapachula-Los Brillantes

#### **Distribución**

Las Redes Generales de Distribución (RGD) se utilizan para el transporte de energía eléctrica al público en general y está formada por redes de media tensión, a niveles entre 1 kV a 35 kV y las redes de baja tensión cuyo suministro es igual o menor a 1 kV. La longitud total de las líneas de distribución a finales del año de 2016 fue de 831,087 km.

#### **Prospectiva del sector eléctrico (2017-2031)**

La SENER tiene el compromiso de diseñar y llevar a cabo la política energética, así como planeación del SEN en base a los resultados que arrojó el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) se ha puesto en marcha el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) y el Programa de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión.

La necesidad de desarrollar nuevas tecnologías y de actualizar las existentes ha provocado que el panorama energético mundial se diversifique, la expansión de la energía solar y eólica obliga a los países en incluirlas en sus planes de crecimiento México no es la excepción, la participación de las energías limpias va creciendo y aunque aún no juegan un papel fundamental en la generación de energía del país, se espera que se adicione 37.4% de energías limpias de un total de 55,840 MW, dicha cantidad es la que se prevé, crezca el SEN. Con el aumento de capacidad también se planea sacar de operación unidades de tecnología convencional que son poco eficientes y contaminantes.

## Capítulo 1.4 Reforma energética

La Reforma Energética de 2013 es una reforma constitucional propuesta por el Presidente de la República, Enrique Peña Nieto el 12 de agosto de 2013. Fue aprobada por el Senado de la República el 11 de diciembre de 2013 y por la Cámara de Diputados el 12 de diciembre del mismo año. Tiene como principal objetivo el modernizar el sector energético del país, sin privatizar las empresas públicas que se dedican a la producción y aprovechamiento de los recursos energéticos. La Reforma Energética plantea modificaciones a nivel constitucional y de legislaciones secundarias, surge del estudio de las necesidades energéticas del país en el contexto mundial.

Es sin duda un parteaguas en la historia del sector energético mexicano, pues incluye modificaciones legislativas en materia de petróleo, gas natural y en el sector eléctrico, además de cambios de rumbo en políticas energéticas.

Esta reforma tiene objetivos en los puntos clave del trilema energético pues tiene como finalidad promover la modernización y la inversión en el sector energético afín de impulsar:

- El apoyo a la economía familiar al reducirse los costos de la luz, el gas y de los alimentos, así como la creación de empleos competitivos.
- El desarrollo social, al destinar la renta petrolera a programas sociales que propicien proyectos productivos y de desarrollo tecnológico.

- El cuidado al medio ambiente, busca fomentar la generación de energía a partir de fuentes renovables y tecnologías limpias, busca además regular de forma más estricta la seguridad en el sector de los hidrocarburos.
- Transparencia y acceso a la información, que los mexicanos conozcan de manera detallada los ingresos generados por las exportaciones de hidrocarburos, y sea posible verificar que se destinen a programas que impulsen el desarrollo del país.
- Competitividad, que las empresas paraestatales del país se modernicen y utilicen tecnología de vanguardia para aprovechar de manera eficiente la infraestructura y recursos existentes.
- Aumentar la capacidad industrial y productiva de México, al disminuir los precios de los insumos energéticos, contribuye a fortalecer las exportaciones de energía y se busca reducir la dependencia a los energéticos importados.

### **Marco histórico**

En la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, se establece en el Artículo 27. “Pertencen a la nación las tierras, aguas y recursos naturales comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, ya sea debajo o encima de la tierra. Regula el manejo de las tierras y recursos de la Nación.”

La promulgación de la Constitución de 1917, brindaba al poder Ejecutivo Federal la posibilidad de concesionar a particulares los hidrocarburos. En el año de 1938, que el Presidente Lázaro Cárdenas del Río impulsa una Reforma Energética, la cual suprimía las concesiones sobre los hidrocarburos y otorga al Estado el derecho exclusivo de explotación de los recursos energéticos.

En 1958 se expide una modificación al artículo 27 constitucional que reserva todas las actividades del sector petrolero a Petróleos Mexicanos.

Las reformas a los artículos 26, 27, y 28 en febrero de 1983 establecieron que no deben ser consideradas como monopolios las funciones exclusivas que el estado ejerce sobre el sector petrolero.

En el año de 2008, se tiene un esbozo por reformar la legislación vigente de hidrocarburos, en una propuesta hecha por el entonces Presidente Felipe Calderón Hinojosa. Sin embargo el alcance de la propuesta se quedó corta ante las necesidades del sector, ya sea por pleitos políticos o porque los cambios no se aplicaron a la profundidad requerida para combatir el rezago de PEMEX y del sector energético en general.

El 28 de octubre de 2008, la Cámara de Diputados aprueba la reforma energética que consta de siete dictámenes, en los que se modificaban leyes reglamentarias para que PEMEX contratara servicios de empresas privadas, pero esto no implicaba que las empresas se involucraran en la producción y exploración. Las propuestas involucraban solo al sector petrolero, lo que dejaba en incertidumbre al sector eléctrico y al creciente mercado de gas natural.

### **Antecedentes**

Siendo aún candidato a la presidencia, Enrique Peña Nieto, que encabezaba la coalición Compromiso por México formada por el Partido Revolucionario Institucional y el Partido Verde

Ecologista de México, propone llevar a cabo una reforma en materia energética en beneficio del pueblo mexicano.

En el marco del “Pacto por México”, que implicó acuerdos políticos entre los tres principales partidos de México y sus representantes legislativos, se establecieron compromisos y propuestas para aprobar las reformas estructurales que el presidente proponía, entre los múltiples acuerdos destacan:

#### **a) Reforma Energética**

Se impulsará una Reforma Energética que convierta a ese 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.

#### **b) En el área de Petróleo y Gas se realizarán las siguientes acciones:**

Los hidrocarburos seguirán siendo propiedad de la Nación

PEMEX como empresa pública de carácter productivo

Multiplicar la exploración y producción de hidrocarburos

Competencia en los procesos de refinación, petroquímica y transporte de hidrocarburos

Fortalecer a la Comisión Nacional de Hidrocarburos

PEMEX como promotor de una cadena de proveedores nacionales

PEMEX como eje de la lucha contra el cambio climático

#### **c) Desarrollo sustentable**

El cambio climático es un reto global que se debe enfrentar con responsabilidad y realismo. Es necesaria una nueva cultura y compromiso ambiental que modifique nuestro estilo de vida, la forma en que se produce, consume e incluso se desecha. Para lograrlo, se realizarán las siguientes acciones:

Transitar hacia una economía baja en carbono

Replantear el manejo hídrico del país

Mejorar la gestión de residuos

### **Contenido de la Reforma Constitucional Energética**

La Reforma Energética ha centrado, el debate materia de la apertura de la industria petrolera nacional hacia nuevas inversiones, y así como las modificaciones a las empresas paraestatales que están involucradas en la explotación de los recursos energéticos; sin embargo también busca transformar el sector eléctrico, el cual es crucial en el desarrollo económico del país, y un servicio público fundamental para el bienestar social. Al igual que con el petróleo, la Reforma ha permitido la participación de empresas privadas, esto obliga a reconfigurar la empresa encargada de

suministrar energía eléctrica (CFE) y a crear nuevas instituciones que operen el mercado mayorista (como el Centro Nacional de Control de Energía-CENACE). La Reforma busca tener un enfoque integral, al tener beneficios económicos y a la vez incidir en el desarrollo sostenible y en la seguridad energética nacional.

Podemos afirmar también que la Reforma sigue objetivos precisos y muy bien definidos entre los que resaltan:

- 1. Mantener la propiedad de la Nación sobre los hidrocarburos que se encuentran en el subsuelo.*
- 2. Modernizar y fortalecer, sin privatizar, a Petróleos Mexicanos (Pemex) y a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) como Empresas Productivas del Estado, 100% públicas y 100% mexicanas.*
- 3. Reducir la exposición del país a los riesgos financieros, geológicos y ambientales en las actividades de exploración y extracción de petróleo y gas natural.*
- 4. Permitir que la Nación ejerza, de manera exclusiva, la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional, en beneficio de un sistema competitivo que permita reducir los precios de la energía eléctrica.*
- 5. Atraer mayor inversión al sector energético mexicano para impulsar el desarrollo del país.*
- 6. Contar con un mayor abasto de energéticos a mejores precios.*
- 7. Garantizar estándares internacionales de eficiencia, calidad y confiabilidad de suministro energético, así como transparencia y rendición de cuentas en las distintas actividades de la industria energética.*
- 8. Combatir de manera efectiva la corrupción en el sector energético.*
- 9. Fortalecer la administración de los ingresos petroleros e impulsar el ahorro de largo plazo en beneficio de las futuras generaciones.*
- 10. Impulsar el desarrollo, con responsabilidad social y ambiental.*

La Reforma Energética fue aprobada con la promesa de ver reflejada su implementación de manera rápida y concreta para los mexicanos, trayendo beneficios como:

- 1. Bajar las tarifas eléctricas y bajar el precio del gas natural.*
- 2. Lograr tasas de restitución de reservas probadas de petróleo y gas natural superiores a 100%.*
- 3. Aumentar la producción de petróleo de 2.5 millones de barriles diarios que se producen actualmente, a 3 millones de barriles en 2018, y a 3.5 millones en 2025, asimismo aumentar la producción de gas natural de los 5 mil 700 millones de pies cúbicos diarios producidos actualmente a 8 mil millones en 2018 y a 10 mil 400 millones en 2025.*
- 4. Generar cerca de un punto porcentual más de crecimiento económico en 2018 y aproximadamente 2 puntos porcentuales más para 2025.*
- 5. Crear cerca de medio millón de empleos adicionales en este sexenio, llegando a 2 millones y medio de empleos en 2025.*

*6. Sustituir las centrales eléctricas más contaminantes con tecnologías limpias y fomentar la utilización de gas natural en la generación eléctrica.*

### **Petróleo**

La importancia de la industria petrolera incide directamente en el desarrollo económico del país sin embargo en los últimos años; México dejó de ser competitivo. La disminución de precios de la mezcla de crudo mexicano en comparación con la década pasada, la caída de la producción, así como la creciente cantidad de gas natural que se importa hace ver que era urgente transformar a PEMEX.

A nivel constitucional en el artículo 27, se abre la posibilidad de que la Nación otorgue asignaciones o contratos a Pemex e incorpora la posibilidad de contratar a empresas privadas, con el supuesto de poner en producción yacimientos que no son aprovechados por falta de tecnología y de capacidad ejecutiva. Se establece que la propiedad de la Nación sobre los hidrocarburos en el subsuelo deberá afirmarse en las asignaciones.

En el Artículo 28 Constitucional que versa sobre la exploración y la extracción de petróleo y gas son actividades estratégicas, se establece que la ley regulará las actividades de exploración y extracción. El estado definirá el tipo de contrato que sea conveniente, así como la modalidad de contraprestación más benéfica para el desarrollo del país. La modificación también incluye un apartado sobre la transparencia de los contratos y que estos deben estar disponibles para su consulta para los mexicanos.

### **Petrolíferos y Petroquímicos**

El país es cada vez más dependiente de las gasolinas importadas, en el año de 2012 el 49% de la gasolina consumida provino del exterior. Una situación similar se presenta en el caso de los petroquímicos, para 2012 las importaciones representaron el 66% del consumo nacional.

En el Artículo 28 constitucional se elimina a la petroquímica como una actividad reservada para el Estado, y abre la posibilidad que Pemex y los particulares participen en actividades de refinación, procesamiento de gas natural y petroquímica. Los permisos para el tratamiento y refinación de petróleo serán otorgados por la Secretaría de Energía (SENER).

Antes de la modificación de la legislación, Pemex ya podía asociarse con particulares para la refinación y el procesamiento de gas natural, pero solo en el extranjero; con la Reforma se establecen las atribuciones para las instituciones del Estado en materia de permisos y regulación, al igual que se declara la petroquímica en todas sus fases como una actividad de libre competencia.

### **Transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos y sus derivados**

Debido a la poca atención que las administraciones pasadas le prestaron a mejorar la infraestructura y distribución de petróleo, el gas natural y sus derivados los precios de estos productos son elevados y esto a su vez restringe el crecimiento de la industria.

La reforma al Artículo 28 Constitucional hace posible la participación de particulares en el transporte, almacenamiento y distribuciones del petróleo, gas natural, petrolíferas y petroquímicas.

Para administrar, coordinar y gestionar de forma eficiente la red de ductos y el almacenamiento del gas natural se crea el Centro Nacional de Control del Gas Natural.

El Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENAGAS) creado en agosto de 2014, es un organismo descentralizado de la Administración Pública Federal, sectorizado a la SENER. Para el cumplimiento de su objeto opera con 2 roles, en el primero actuando como Gestor del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural (SISTRANGAS), en el segundo como transportista de gas natural, operando y manteniendo ductos propios.

Se transforma a la Comisión Reguladora de Energía (CRE), en un órgano regulador coordinado, con personalidad jurídica propia, autonomía técnica y de gestión, así como autosuficiente presupuestaria, con la finalidad de fortalecer las instituciones del Estado en materia de transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos.

La CRE tiene a su cargo el ejercicio de las atribuciones y el despacho de los asuntos que le encomiendan la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (LORCME), la Ley de Hidrocarburos, la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de Transición Energética, la Ley General de Cambio Climático y las demás disposiciones jurídicas aplicables, a fin de fomentar el desarrollo eficiente de la industria, promover la competencia en el sector, proteger los intereses de los usuarios, propiciar una adecuada cobertura nacional y atender a la confiabilidad, estabilidad y seguridad en el suministro y la prestación de los servicios.

De esta manera la SENER y la CRE son las encargadas de la regulación y expedición de permisos:

*Figura 3. Actividades de SENER y CRE.*

<b>SENER</b>	<b>CRE</b>
<p>Expide permisos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento y refinación de petróleo.</li> <li>- Procesamiento de gas natural.</li> <li>- Exportación e importación de hidrocarburos, petrolíferos y gas L.P.</li> </ul> <p>Determina la política pública sobre la garantía de suministro de petrolíferos y los niveles de requerimientos requeridos.</p>	<p>Regula ventas de primera mano y expide permisos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventas de primera mano, salvo que haya competencia efectiva.</li> <li>- Comercialización, transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos.</li> <li>- Expendio al público de petrolíferos (gasolinas y diésel).</li> <li>- Transporte, almacenamiento, distribución, compresión, licuefacción, descompresión, regasificación, comercialización y expendio al público de hidrocarburos.</li> </ul> <p>Establece los principios que regirán al acceso abierto a la infraestructura de ductos y</p>

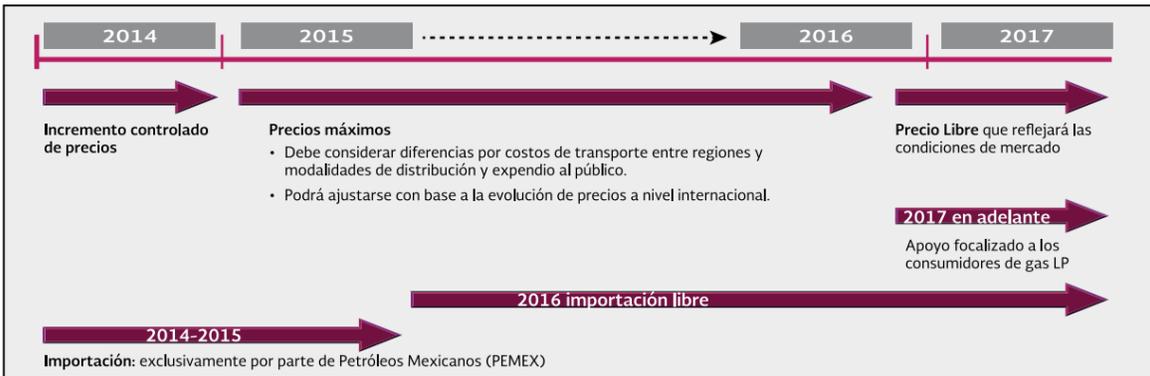
	almacenamiento y aprobara las tarifas correspondientes a dichos servicios
--	---

Fuente: Resumen de la explicación de la Reforma Energética. SENER 2016.

Los permisionarios que presten servicios de transporte y distribución por medio de ductos y almacenamiento de hidrocarburos quedan obligados de dar acceso abierto a sus instalaciones.

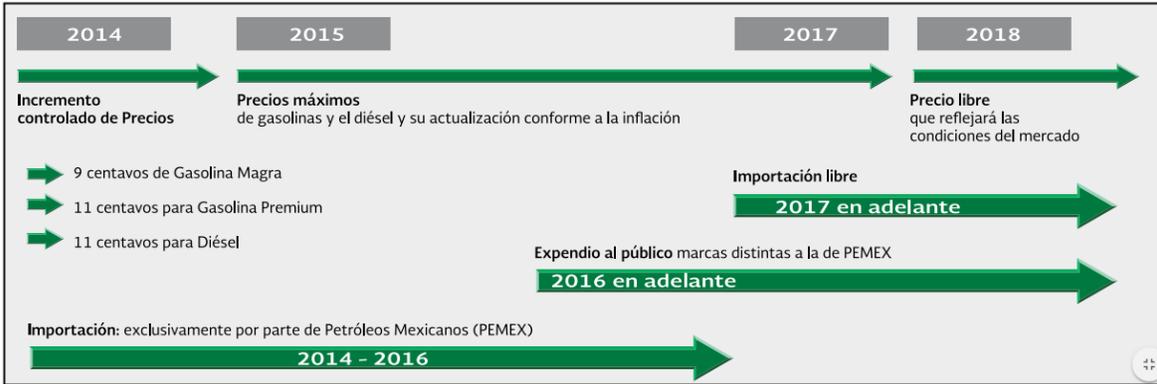
El CENAGAS es el gestor y administrador independiente del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional integrado de Gas Natural. La Reforma Energética permitió la apertura (gradual) de las actividades de expendio al público de gasolinas y diésel.

Figura 4. Apertura gradual en el mercado de gasolinas y diésel.



Fuente: Balance de energía SENER 2016.

Figura 5. Apertura gradual en gas Licuado de Petróleo (LP)



Fuente: Balance de energía SENER 2016.

**Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.**

Las tarifas eléctricas de México no son competitivas en relación con las de Estados Unidos. Sin el subsidio que se aplica a las tarifas eléctricas resultan 73% más caras. Se llegó a la conclusión que estos números constituyen un obstáculo para la economía, pues la electricidad es esencial para las actividades industriales y comerciales.

Uno de los retos que enfrenta el sector eléctrico mexicano respecto a la distribución, es la existencia de ineficiencias significativas. Las pérdidas técnicas y no técnicas de energía en México son de alrededor del doble del promedio de los países miembros de la OCDE, además aproximadamente el 15% de la energía producida por la CFE no es cobrada.

La Reforma al Artículo 25 Constitucional establece la categoría de Empresas Productivas del Estado para que la CFE pueda consolidarse como una empresa con altos estándares de competitividad.

En el Artículo 27 Constitucional se mantiene la prohibición expresa de otorgar concesiones en el área de planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de electricidad, pero permite que el Estado celebre contratos con particulares.

La planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y el servicio público de transmisión y distribución de electricidad son áreas exclusivas del Estado y esto queda de manifiesto en el Artículo 28 de la Constitución.

Con las modificaciones a los artículos de la Constitución la CFE mantiene las actividades de generación eléctrica que realiza desde antes de la Reforma Energética, y no está restringida para modernizar su base de generación. Así mismo puede realizar actividades de generación de energía eléctrica de forma libre, al igual que los particulares podrán instalar nuevas plantas sin requerir que CFE decida incluirlas dentro de la planeación de la empresa.

Se constituye al Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) como un organismo público descentralizado encargado del control operativo del SEN. El objetivo central del CENACE es ejercer el control operativo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN); la operación del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y garantizar imparcialidad en el acceso a la Red Nacional de Transmisión (RNT) y a las Redes Generales de Distribución (RGD).

Realiza la operación del Mercado Eléctrico Mayorista en condiciones que promueven la competencia, eficiencia e imparcialidad, mediante la asignación y despacho óptimos de las Centrales Eléctricas para satisfacer la demanda de energía del Sistema Eléctrico Nacional.

Es responsable de formular los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución, los cuales en caso de ser autorizados por la Secretaría de Energía (SENER) se incorporan al Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN).

Los contratos entre particulares y la CFE se pueden llevar a cabo para el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación, ampliación, modernización, vigilancia y conservación de la infraestructura del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica. Con la finalidad de reducir pérdidas y costos de operación se pretende usar la tecnología de los particulares.

Con la Reforma Energética, se invita a los operadores privados a extraer el gas natural que se necesita como insumo para generar electricidad de menor costo y más limpia.

La CRE es la entidad encargada de la regulación y el otorgamiento de permisos para la generación, así como de las tarifas de porteo para transmisión y distribución.

## **Legislación secundaria**

Se mantiene la exclusividad del Estado en la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional, pero se permite la participación de privados en la generación y comercialización de energía eléctrica.

La Ley de Energía Geotérmica que fue expedida a raíz de la Reforma, regula el reconocimiento, exploración y explotación de recursos geotérmicos para aprovecharlos en la generación de energía eléctrica o a distintos fines. Esta nueva ley propone que CFE indique a SENER las áreas geotérmicas que se pueden aprovechar y que puedan resultar de interés para el otorgamiento de permisos y concesiones adecuadas.

El CENACE que hasta antes de la Reforma era parte de CFE mantiene la coordinación que se necesita para dar respuesta las demandas de energía eléctrica competitiva y es también la encargada de mantener la calidad de la energía eléctrica. La descentralización del CENACE garantiza la imparcialidad necesaria al momento de despachar energía eléctrica.

## **Mercado eléctrico**

El mercado eléctrico establecerá el precio spot, el cual es aquel que se determina en el mercado diario de energía eléctrica también llamado precio de bolsa, forma la componente, junto con el precio en el mercado mayorista de contratos de electricidad, el precio en el mercado mayorista de contratos de electricidad. En otras palabras, define lo que pagan los consumidores por cada kilowatt de energía eléctrica.

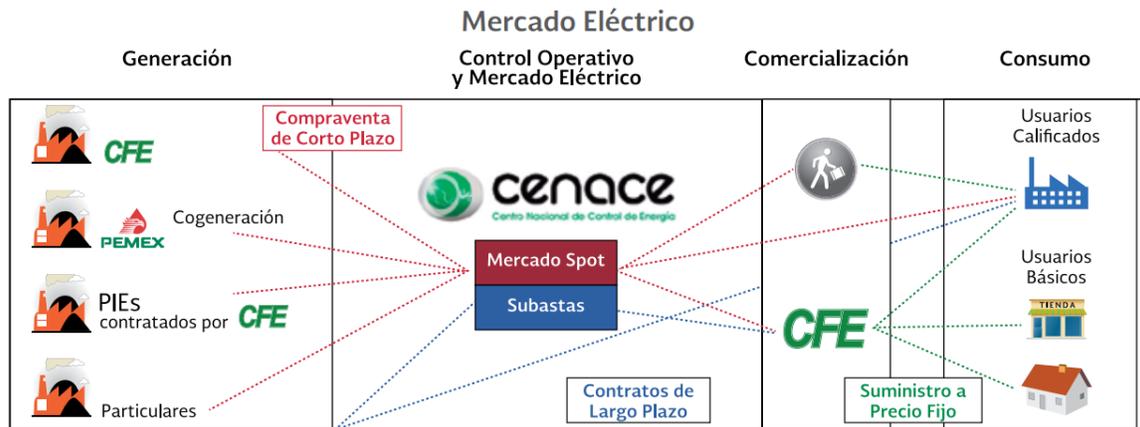
Los participantes pueden celebrar contratos de largo plazo entre ellos con precios energéticos negociado libremente. Los usuarios calificados tienen capacidad de contratar su servicio a través de suministradores calificados, quienes fijaran sus precios a fin de competir por clientes.

La CRE regulará las tarifas de transmisión y distribución, mientras que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público conserva la facultad de fijar las tarifas finales de los usuarios de servicio básico.

Para financiar la electrificación de las comunidades rurales y zonas urbanas marginadas, se propone la creación de un Fondo de Servicio Universal Eléctrico, integrado por los excedentes que resulten de la disminución de pérdidas de energía en el mercado eléctrico.

Se presenta un esquema de Certificado de Energías Limpias, el cual a través de la SENER determina el porcentaje de energía que debe generarse cada año a partir de fuentes limpias. Se deberá comprar un Certificado de Energías Limpias para acreditar el cumplimiento.

Figura 6. Mercado eléctrico en México



Fuente: Balance de energía SENER 2016.

### Órganos reguladores coordinados en hidrocarburos y electricidad

En los años anteriores a la Reforma, la regulación del sector era tarea de la SENER, esta responsabilidad recaía en sus órganos desconcentrados (CNH y CRE). No existía una separación clara entre la entidad encargada de promover una operación adecuada y la responsable de diseñar una política energética. Estos órganos trabajaban en un entorno en la que los principales proyectos de la industria de hidrocarburos y de electricidad eran obligación de las empresas paraestatales: Pemex y CFE.

Los principales cambios en la Constitución establecen en el Artículo 28 que la CNH y la CRE serán Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética, dotándoles de personalidad jurídica propia y autosuficiencia presupuestaria, podrán disponer de los ingresos derivados de las contribuciones y aprovechamientos por sus servicios a través de un fideicomiso público.

En la legislación secundaria se proponen algunas atribuciones de los órganos coordinados: i) regular, supervisar y sancionar en las materias de su competencia; ii) aportar elementos técnicos al Ejecutivo Federal sobre la formulación de políticas energéticas y iii) aprobar su anteproyecto de presupuesto.

El titular y los subsecretarios de la SENER, así como los directores generales del CENAGAS y del CENACE conformarán un Consejo de Coordinación del Sector Energético, el cual coordinará a los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética. Entre las funciones del Consejo de Coordinación están: i) dar a conocer la política energética establecida por la SENER, ii) analizar los programas anuales de trabajo de CNH y CRE, iii) implementar sistemas de información compartida y de cooperación institucional, y iv) analizar casos específicos que afecten el desarrollo y el cumplimiento de la política energética.

## Capítulo 1.5 Compromisos sostenibles de la Reforma Energética

En el marco de los acuerdos y tratados internacionales, y de la importancia de las energías renovables que son claves para la seguridad energética en México se espera un avance sumamente importante, pues representan una alternativa a los combustibles fósiles, y por consiguiente representan la diversificación de la producción de energía.

La Reforma Energética, se precia de ser una reforma integral por lo tanto debe hacer frente a los retos que exige el cambio climático y sienta las bases para la sostenibilidad energética. Auspiciado en el marco legal que proporciona dicha Reforma, el sector energético pretende lograr el fortalecimiento de la soberanía nacional a través de lograr una menor independencia a las importaciones de energía.

La Reforma pretende innovar y lograr una menor dependencia de los combustibles fósiles en la diversidad de productos energéticos. Las necesidades del sector eléctrico son varias y de diversa complejidad, diversos análisis coinciden en la necesidad de mantener el equilibrio ecológico, hay diferentes motivos que deben ser considerados para la transformación del sector: eficiencia

económica, protección al consumidor, protección del medio ambiente, justicia social así como asegurar el abastecimiento del recurso.

Las energías renovables tienen cada vez más presencia en la generación de energía eléctrica, aunque en el país existen opciones para disminuir el consumo de combustible fósiles, las energías limpias no han tenido gran auge, y algunas han crecido muy poco en la última década, lo que deja en desventaja al país respecto a otros países.

Se pretende que la generación de energía eléctrica con alternativas limpias sea una opción más viable en comparación con proyectos convencionales, los retos son muchos, generalmente las zonas con gran potencial se encuentran en zonas alejadas de los centros urbanos industriales y se requiere una gran infraestructura para ser integrados al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

La responsabilidad de garantizar un medio ambiente sano y la conservación de los recursos naturales para que las generaciones futuras puedan aprovecharlas es algo imprescindible, por ello es fundamental que se tomen acciones para impedir el deterioro ambiental, y en caso de que ocurran daños al medio ambiente llevar a cabo sanciones y las medidas pertinentes para obtener la reparación de los daños. El Artículo 4° de la Constitución determina: *“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho”*.

Existe el reto para evitar que un mayor desarrollo en el sector de los hidrocarburos propicie el deterioro de las condiciones medioambientales. Un problema similar se tiene en el sector eléctrico, impulsar el uso de energías limpias en el sector y reducir las emisiones contaminantes que están asociados a la generación de electricidad.

### **Antecedentes**

Entre los acuerdos políticos hasta antes de la propuesta de la Reforma Energética, se ha tomado en cuenta el desarrollo sustentable, en el Pacto por México, el cual es un importante acuerdo entre las principales fuerzas políticas, se incluye un apartado y proporciona algunas propuestas para ser consideradas en la Reforma Energética.

En el supuesto de que el crecimiento económico va de la mano con las inversiones públicas y privadas que resulten en empleos, es necesario impulsar leyes y reformas que conserven el medio ambiente y los recursos naturales en aras de lograr el desarrollo sostenible.

El pacto por México propone, como medida hacia los retos que enfrenta el país:

- Transitar hacia una economía baja en carbono

Para reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles, se impulsará la inversión para la investigación y el desarrollo de proyectos de energías a partir de fuentes renovables, como la energía solar y la eólica. (Compromiso 49)

- Replantear el manejo hídrico del país

El agua es un recurso estratégico en todo el mundo, México no es la excepción. Su futuro depende de su manejo inteligente y sustentable.

El agua de lluvia debe ser un recurso, no una amenaza. Por ello, se creará un programa para el impulso de la infraestructura para la captación y el almacenamiento del agua pluvial. Asimismo, se concluirán las obras de control de inundaciones en diversos estados del país. (Compromiso 50)

Se incrementarán las coberturas de agua, drenaje y tratamiento. Se llevará a cabo la revisión y rehabilitación de 115 presas con alto riesgo, se inspeccionarán 5,000 km de bordos y se realizarán las acciones correctivas correspondientes. (Compromiso 51)

Se atenderán de manera prioritaria y oportuna las sequías que afectan el norte y centro del país. Se impulsará el agua de mar como fuente de abastecimiento con plantas desalinizadoras. Para llevar a cabo todo lo anterior se impulsará la aprobación de la nueva Ley de Agua Potable y Saneamiento y reformar la Ley de Aguas Nacionales. (Compromiso 52)

- Mejorar la gestión de residuos.

Se creará un programa para aumentar la infraestructura para recolectar, separar, reciclar y aprovechar el potencial de los residuos en todo el país. (Compromiso 53).

Si bien son propuestas poco específicas, estas muestran algunos indicios de la necesidad de contar con un manejo responsable y no anteponer el desarrollo económico sobre los recursos naturales que pongan en riesgo su disponibilidad en años siguientes.

### **La Reforma Energética Constitucional**

Con la Reforma Energética el principio de sostenibilidad se eleva a rango constitucional, como uno de los criterios para el desarrollo de los proyectos de infraestructura energética. Las nuevas leyes buscan impulsar el desarrollo sostenible y el cuidado del medio ambiente. Con la nueva legislación se definen claramente el papel de los participantes públicos y privados en temas como la eficiencia en el uso de energía y recursos naturales, la disminución en la generación de residuos, emisiones y huella de carbono en todos sus procesos y la disminución de gases y compuestos de efecto invernadero. Específicamente en el sector eléctrico se establecen obligaciones para el uso de energías limpias, y cumplir con las perspectivas del sector eléctrico.

La necesidad de mitigar los efectos negativos secundarios que están asociados a la explotación de combustibles fósiles obliga a incluir en el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía las condiciones de operación y financiamiento aplicables para promover el uso de tecnologías limpias.

Con la finalidad de generar energía eléctrica, se emite una ley para regular el reconocimiento, la exploración y la explotación de recursos geotérmicos y así aprovechar la energía del subsuelo dentro de los límites del territorio nacional.

Con el objetivo de regular y establecer estándares de seguridad industrial y operativa de nivel internacional que disminuya el riesgo de accidentes en instalaciones o afectaciones al medio ambiente, se instruyó a la creación de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos como órgano desconcentrado de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Los artículos 25, 26 y 28 fueron modificados con la Reforma Energética pero el artículo 27 el cual se refiere a la conservación del equilibrio ecológico solo fue ligeramente modificado. En mayor relación con el artículo 4° se puede ahondar en el artículo 25 que una vez reformado se puede destacar, que *“bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente”*.

### **La Legislación Secundaria**

La ley de hidrocarburos en el artículo 118 establece que el desarrollo del sector energético se debe realizar con sustento en los principios de sostenibilidad y respeto a los derechos humanos. Para lograrlo se disponen de tres instrumentos principales: mecanismo para los términos y condiciones del uso superficial de las tierras, estudios y evaluaciones de impacto social.

La Ley de Hidrocarburos, en su capítulo V, Del impacto Social, contempla a grupos poblacionales en situación de vulnerabilidad y la necesidad de realizar acciones para salvaguardar sus derechos, mediante una consulta y un estudio de impacto social respecto a una asignación o contrato. Además, en el artículo 121 obliga a los interesados en desarrollar proyectos en el sector hidrocarburos a presentar ante la SENER, una evaluación de impacto social que debe contener la identificación, caracterización, predicción y valoración de los impactos sociales que podrían derivarse de las actividades que se pretenden desarrollar, así como las medidas de mitigación correspondientes.

En el artículo 120, con la finalidad de salvaguardar los intereses y los derechos de las comunidades en las que las se desarrollen proyectos energéticos del sector hidrocarburos, se establecen los procedimientos de consulta, en los cuales podrán participar las Empresas Productivas del Estado y sus subsidiarias y filiales, así como los inversores particulares, conforme a la normatividad vigente.

Se prevé que la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos sea la responsable de regular, supervisar y sancionar en materia de seguridad industrial y operativa, así como de protección al medio ambiente. Se pretende que dicha agencia sea un órgano desconcentrado de la SEMARNAT, especializado técnica y que contara con autonomía de gestión, pero en coordinación constante con la Secretaría de Marina y la SERMARNAT en caso de desastres ambientales y contingencias en el sector hidrocarburos.

En el sector eléctrico, La ley de la Industria eléctrica, establece un esquema de obligaciones para usuarios calificados y empresas participantes en el mercado eléctrico, y con relación al marco legal anterior expedir Certificados de Energía limpia a los titulares de permisos de generación. En el caso

de los pequeños generadores de electricidad que trabajen con energías renovables se idean mecanismos que garanticen condiciones de mercado idóneas y contraprestaciones reguladas.

## Capítulo I.6 Problema de investigación

Como cualquier otro país en vías de desarrollo, México enfrenta serias amenazas y dificultades para solucionar sus problemas económicos, sociales y ambientales. El sector energético es un área estratégica y fundamental que puede apoyar fuertemente para mitigar los problemas mencionados. Hoy día, el Sector Energético Mexicano enfrenta retos y oportunidades para lograr que la energía eléctrica llegue a toda la población de manera accesible y deteriorando lo menos posible el medio ambiente. En la búsqueda de lograr un Sector Energético sostenible<sup>3</sup> (o sustentable) y antes los grandes retos que enfrenta el país en materia de uso eficiente de energía, en diciembre de 2013, el Jefe del Ejecutivo Federal publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos en materia de Energía, lo que se conoce como Reforma Energética (SENER, 2016: p. 20) que transforma la estructura del Sector Energético en México, permitiendo la inversión privada en varios sectores.

Por su parte, el consumo de energía eléctrica es una necesidad indispensable y su importancia radica en que actualmente es una de las principales formas de energía usadas en el mundo. Las comunicaciones, el transporte, el abasto de alimentos y la mayoría de los servicios en hogares, oficinas e industrias dependen de un suministro seguro y confiable de energía eléctrica. Según estudios realizados, el promedio del consumo de electricidad por habitante es alrededor de diez veces mayor en los países industrializados que en los países en desarrollo por lo que se puede decir que el consumo de energía eléctrica está fuertemente ligado al desempeño de la economía de un país. En México, tal consumo ha aumentado muy rápidamente en los últimos años; por tal motivo, se espera que una mayor apertura del sector eléctrico a la participación privada ayudará a movilizar los 10,000 millones de dólares anuales que México necesita para cubrir el aumento de 85% de la demanda de electricidad para el 2040 (OECD/IEA, 2016). El gobierno mexicano ha argumentado que con la Reforma Energética, el Sector Eléctrico tendría una estructura nueva que atraerá mayores inversiones y con ello impulsará la creación de nuevos empleos, se tendrán tarifas más accesibles para los hogares y las industrias, además de fomentar la transición hacia un sector más responsable con el medio ambiente (SENER, 2015).

Sin embargo, apenas unos años después de la puesta en marcha de la denominada Reforma Energética, se ha resentido el alza de varios precios en energéticos, a diferencia de lo que se ofrecía en su promulgación. Para varios expertos en el área de Energía (Cárdenas, 2015) esta Reforma es contraria a los intereses del pueblo mexicano y la seguridad energética ofrecida está orientada hacia los países inversionistas no hacia el país. En contraste, algunos organismos institucionales extranjeros, como la Agencia Internacional de Energía (OECD/IEA ,2016) destacan que dicha Reforma no sólo era necesaria sino que permitirá mejoras sustanciales en el desarrollo económico y social de nuestro país.

Ante estos puntos de vista contrastados, es conveniente realizar un análisis de los primeros impactos de dicha Reforma en el Sector Energético, particularmente en el Sector Eléctrico para valorar en qué forma ha impactado y con ello emitir una serie de recomendaciones. Es decir, identificar si la Reforma Energética muestra evidencias tanto cuantitativas como cualitativas positivas del desarrollo sostenible del Sector Eléctrico en nuestro país.

---

<sup>3</sup> Equilibrio entre las dimensiones: seguridad energética (disponibilidad presente y futura de energía a precios asequibles), equidad social y mitigación del impacto ambiental (World Energy Council, 2011).

## MARCO TEÓRICO

### Capítulo II.1 Descripción de los indicadores asociados a la sostenibilidad.

El desarrollo de un país es subjetivo y muchas veces se tienen visiones distintas del avance que se logra en él. Una forma confiable de medir el estado del desarrollo de un país en el presente y a lo largo del tiempo es mediante indicadores, por ejemplo, el consumo per cápita de energía eléctrica de México es indicativo del acceso que tiene la población a este servicio y podemos compararlo con otras naciones nuestro lugar en el mundo. Las cifras según datos del Banco Mundial para el año 2014 son de 2 090 kWh para México, 805 kWh para la India y 12 986 kWh para Estados Unidos. Además, los indicadores energéticos se suelen asociar a factores económicos y de esta manera las industrias se pueden ver motivadas a efectuar nuevas inversiones.

Los indicadores son fundamentales cuando se trata de diseñar políticas energéticas y además de que monitorizan el avance de la implementación de las reformas que se hacen en la industria energética del país. Ante el reto de combatir el cambio climático, de perseguir el crecimiento económico además de lograr eficiencia energética, los indicadores son cruciales para lograr la transición energética y deben regir la política energética del país.

Los balances de energía por sí solos son insuficientes por sí solos para monitorear los avances en la eficiencia energética, la cual es un pilar dentro de cualquier política energética sólida, por lo tanto existe la necesidad de ir más allá para evaluar los resultados de las acciones tomadas y es debido a la gran importancia de los indicadores es que la SENER y la Agencia Internacional de Energía (AIE) iniciaron un proyecto en 2008 denominado "Strengthening Mexican Energy Indicators" el cual tiene como objetivo principal el construir indicadores de eficiencia energética.

Con la construcción de los indicadores se puede evaluar los resultados de políticas públicas y las acciones que se deben tomar de manera que respondan a las necesidades de cada sector de la economía. Es por eso que los indicadores deben basarse en fuentes confiables y en bases de datos que sean congruentes, veraces y en constante actualización. Al contar con indicadores adecuados se han identificado áreas de oportunidad de mejora de la eficiencia, al mismo tiempo que se hace uso de la tecnología para que la implantación sea más eficiente.

La importancia de que el desarrollo económico y social de un país se impulsen de manera conjunta exige cambios en la producción y el consumo de la energía para que se garantice un desarrollo económico sustentable. Los indicadores de eficiencia energética son una herramienta útil para ello, ya que muestran de forma detallada y accesible cómo ciertos factores determinan el uso de la energía en los distintos sectores económicos. La Secretaría de Energía (SENER) hizo la clasificación en cinco sectores: Transporte, Industria y sector primario, Sector Residencial, Generación de Electricidad, Servicios y Comercio. Cada uno de estos sectores tienen indicadores específicos útiles para un análisis detallado y están en función de las necesidades que se propias de la naturaleza del estudio.

## **Transporte**

El sector transporte está compuesto por los vehículos de motor que se mueven dentro del territorio nacional y se dividen de acuerdo con su uso: de pasajeros o de carga; y a la vez en cuatro modalidades: autotransporte, ferroviario (incluye transporte eléctrico), aéreo y marítimo.

Este sector es uno de los principales consumidores energía en el país y también a nivel global, además representa una gran área de mejora pues tiene el potencial para un gran ahorro de energía y de la disminución de gases de efecto invernadero (GEI).

## **Industria y sector primario**

Dentro de este sector se pueden encontrar cuatro ramas principales: las manufacturas, la minería, la construcción y el suministro de electricidad, agua y gas al consumidor final. Es un sector que contribuye en gran manera al PIB y fue el segundo consumidor de energía solo por detrás del sector transporte.

El consumo de gran parte de los subsectores de la industria se desconoce por lo tanto se debe fortalecer la cooperación entre las cámaras industriales y así recopilar la información de esta manera se puede determinar de mejor forma el consumo de energía de la industria.

## **Sector residencial**

Este sector se ubica en el lugar número tres como consumidor de energía, tanto a nivel mundial, como a nivel nacional.

Para analizar el consumo de energía en este sector se deben considerar los siguientes usos finales y actividades: calentamiento de agua, cocción de alimentos, calefacción y enfriamiento del espacio, iluminación, refrigeración y uso de equipos domésticos; y por los siguientes indicadores: consumo de energía per cápita, consumo de energía por hogar y consumo de energía por tamaño de la superficie.

Al monitorear y dar seguimiento a los programas de eficiencia energética es que el gobierno puede implementar políticas y programas que incidan directamente en la economía de los hogares mexicanos.

## **Generación de electricidad**

En la construcción de los indicadores para este sector, se dividió al sector en dos categorías: plantas de servicio público y auto productores.

La información de este sector es muy detallada gracias a que la CFE es predominante en el sector eléctrico de México, por lo tanto, estos indicadores tienen un mayor nivel de profundización; por ejemplo se cuenta con información de generación por tipo de planta, incluyendo costos de inversión y operación así como emisión de gases efecto invernadero, etc.

## **Servicios y Comercio**

Este sector es el más importante en relación al PIB, pues constituye el 64.0% (INEGI, 2016). Sin embargo, apenas participa con el 3.3% del consumo de energía. Los indicadores de energía calculados para este sector fueron: consumo de energía por usos finales, intensidad energética por unidad de VA y consumo energético por m<sup>2</sup>.

Debido a la gran importancia de este sector dentro de la economía nacional, es necesario entender y monitorear su comportamiento respecto al consumo de energía, ya que es necesario impulsar el uso racional de energía.

### **Los indicadores como medida de progreso**

Algunos indicadores ilustran los progresos realizados y muestran tendencias futuras. Sin embargo, éstos deben analizarse en el contexto adecuado y existen indicadores muy específicos que solo sirven en determinado ámbito; otros indicadores no están diseñados para definir si una política o acción determinada fue buena o mala y deben acompañarse del análisis de otros indicadores que describan realmente el impacto sobre los aspectos que se desean estudiar. Es el caso de las estadísticas y datos económicos que por sí solos no describen la forma del consumo de energía, por lo tanto deben ser componentes de indicadores más específicos, por ejemplo el número de habitantes de un país en conjunto con el uso total de energía pueden ser usados para calcular un indicador que ilustre el uso de energía per cápita. Este indicador al ser más específico para el objetivo del estudio de las políticas energéticas se ajusta a los propósitos de análisis, sin embargo aún se debe tener cuidado al trabajar con estos indicadores, en este caso, en un país dado, el uso de energía per cápita puede ser bajo debido a que el país tiene una alta eficiencia energética, lo cual es deseable, pero igual existe la posibilidad de que se trate de un país pobre y/o que base su economía en servicios más que en el sector industrial.

Los indicadores deben usarse y ser interpretados tomando en cuenta la situación económica de cada país, así como sus recursos energéticos. Por lo tanto, no se deben aislar los indicadores al momento de fijar políticas o evaluar las reformas al sector, los indicadores en conjunto y en el contexto correcto se convertirán en excelentes marcadores del progreso en todos los sectores.

Es común que algunos indicadores sean similares y solo difieran en las unidades de medición, a menudo existen discrepancias entre fuentes de consulta y es por eso que el análisis no se debe basar solo en bases de datos del país que se evalúa, sino que es necesario hacer uso de organismos internacionales y sus bases de datos que nos dan verdadera cuenta del lugar en el que se encuentra el país. Inclusive es posible comparar indicadores entre países con economías parecidas, o el lugar específico del indicador con países de la región. Algunos indicadores son difíciles de cuantificar, y frecuentemente se asumen datos y estos serán más o menos correctos en función de la metodología que usan.

El desarrollo de indicadores de desarrollo sostenible del que se habla en el trilema obliga a separar a los indicadores y después evaluarlos en conjunto. Es preciso recordar que se intenta hacer un

cambio en la forma actual del consumo de energía y es necesario estudiar los indicadores con base en las dimensiones del desarrollo sostenible que trabaja el World Energy Council (WEC) en el Trilema Energético (WEC, 2017): social, ambiental y económica.

Dimensiones del desarrollo sostenible en el desarrollo de indicadores

La Reforma Energética del país se jacta de ser moderna y basada en el desarrollo sostenible, además México estableció compromisos puntuales con organismos internacionales acerca de reducir sus emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) efecto directo de implementar tecnologías de generación de energía que sean amigables con el medio ambiente. El concepto de sostenibilidad abarca tres dimensiones y si se pretende analizar el impacto de la nueva política en materia de energía es preciso clasificar los indicadores con relación a estas.

### **Dimensión social**

La disponibilidad de energía y su forma de uso tienen incidencia directa en la pobreza, en oportunidades de empleo, en calidad de la educación, contaminación y daños a la salud. En zonas marginadas que no cuentan con un suministro confiable de energía, se hacen uso de tecnologías antiguas para satisfacer la demanda energética de la población, por ejemplo, para calefacción se suele quemar leña a diferencia de las zonas urbanas en las que se utilizan calefactores, estas diferencias implican daños a la salud e incluso disminución de la productividad de los habitantes de la zonas más pobres, es por eso que la dimensión social es pilar fundamental para lograr la sostenibilidad.

Las políticas y programas gubernamentales deben perseguir la equidad social, pues a la vez que se garantiza acceso a una energía asequible, se asegura de que los niveles de marginación se reduzcan. La energía debe ser un bien al alcance de todos, a precio justo.

Los indicadores de equidad incluyen los subtemas de accesibilidad y asequibilidad. Las diferencias entre zonas geográficas del país son limitantes del desarrollo económico. La falta de electricidad limita el desarrollo de empleos, y obliga a destinar un gran porcentaje del ingreso económico a comprar fuentes de energía como el carbón y la leña. En ocasiones también es una limitante de las comunicaciones y de que no exista iluminación pública.

Los indicadores accesibilidad y asequibilidad son representativos del progreso de países como México, en el cual se aspira a mejorar las condiciones de vida de sectores en pobreza y a la vez que se busca el crecimiento económico. Están ligados fuertemente a las condiciones de salud y empleo. Con una energía de fácil obtención la calidad de vida se incrementa considerablemente.

### **Dimensión Económica**

Todos los sectores dependen de la energía, ésta debe ser segura y adecuada a los requerimientos de los habitantes, para un país en vías de desarrollo es imprescindible que el suministro de energía esté garantizado para el sector industrial. A su vez, los demás sectores elevarán su productividad y desarrollo ya que el suministro de energía afecta a todos los puestos de trabajo. La generación de electricidad juega un papel fundamental en las comunicaciones, en las manufacturas y servicios por lo cual, esta forma de energía debe ser de gran calidad.

Los indicadores que están dentro de esta dimensión evalúan la eficiencia en el uso de la energía y es posible profundizar en la eficiencia por sector. Hay indicadores como el de la intensidad energética, que describen bien a la estructura económica y el equipamiento de un sector en particular, pero son dependientes de las fluctuaciones de la moneda nacional, y cotizaciones mundiales de las fuentes energéticas, por lo que es posible que presenten grandes oscilaciones sin que se hayan realizado modificaciones en el sector. Por ello, estos indicadores deben interpretarse con cuidado y se debe contar con un marco de referencia idóneo.

Los precios de la energía, tienen gran importancia, y en específico en el contexto nacional, en el que se prometió que con la Reforma Energética los precios de algunos energéticos disminuirían o al menos no presentarían elevaciones drásticas, además de que, al ajustarse los precios al contexto mundial, se esperan grandes inversiones en el sector energético mexicano.

Esta dimensión también toma en cuenta la seguridad energética, referente al número de reservas de hidrocarburos, al potencial de energías renovables, o de la dependencia a las importaciones (autarquía) de electricidad o gasolinas. Las interrupciones de electricidad significan grandes pérdidas económicas y disminución en la confianza de inversores. Es imprescindible que haya energía en todo momento, que sea asequible y que se garantice, por lo menos, a mediano plazo el abastecimiento.

### **Dimensión ambiental**

La generación de energía o la explotación de recursos naturales inevitablemente provocan un deterioro ambiental y en caso de que exista sobreexplotación en el aprovechamiento de los recursos, estos pueden agotarse, lo que ocasionará graves problemas al país, al disminuir su capacidad de autosuficiencia energética.

Este común que los indicadores asociados a esta dimensión se clasifique en tres temas: agua, atmósfera y tierra.

En el caso de la atmósfera se analiza la calidad del aire, y los relacionados con el cambio climático, como las emisiones de GEI y el daño a la capa de ozono. Algunos contaminantes pueden ser nocivos para salud, por lo que es fundamental determinar el nivel de contaminación del aire, y la contaminación que se hace al generar energía eléctrica.

El uso de fuentes renovables de energía y menos contaminantes es indicativo del nivel tecnológico, industrial y de equidad social que tiene determinado país. Es por eso que existen indicadores que muestran el avance en la transición energética del país, basados en los objetivos y compromisos trazados en las políticas gubernamentales.

### **Indicadores energéticos para evaluar los primeros impactos de la Reforma Energética en el sector eléctrico en México**

Para realizar la evaluación de las modificaciones en el sector energético a causa de la Reforma Energética, es requisito seleccionar indicadores adecuados que describan el estado actual del sector. No todos los indicadores son útiles para el objetivo de este trabajo o bien tienen una participación muy escasa. Los indicadores que se eligieron están basados en el balance nacional de energía de la SENER, en el Trilema Energético del World Energy Council (WEC) y en documentos

proporcionados por agencias energéticas internacionales y organismos autónomos encargados de medir el desarrollo integral, por ejemplo, el Banco Mundial, OLADE, ONU, etc.

### Datos y estadísticas auxiliares para el desarrollo de los indicadores energéticos

Para que los indicadores energéticos muestren verdaderamente el estado del Sector Energético es necesario que los datos en los que se basan estén fundamentados en bases de datos confiables, sólidas y que estén en constante actualización, esto con la finalidad de facilitar la presentación de información y sea más fácil tomar decisiones por parte de los actores interesados en el sector energético.

Los países tienen prioridades energéticas diferentes, por lo que los indicadores contribuyen a que las naciones concentren su atención a los sectores idóneos. Dado que los indicadores energéticos abarcan tendencias sociales, ambientales y económicas es necesario que un país, tenga registro y disponga de bases de datos estadísticos que estén en constante mejora.

El desarrollo de los indicadores energéticos requiere el uso de series de estadísticas auxiliares que midan, por ejemplo, número de habitantes, demografía, zonas geográficas, desarrollo económico, nivel de urbanización, el transporte, etc. Algunas de estas estadísticas abarcan:

- la población;
- el PIB per cápita;
- el porcentaje correspondiente a los sectores en el valor agregado del PIB;
- la actividad en el sector del transporte de carga;
- la superficie edificada per cápita;
- el valor agregado de determinadas industrias de manufacturas;
- las desigualdades en los ingresos.

Algunas de estas estadísticas son descriptivas por sí solas, otras en cambio deben ser componentes de indicadores y completaran su interpretación.

### Indicadores Energéticos

Basados en las dimensiones que menciona el Consejo Mundial de Energía, en el Trilema Energético y tomando en cuenta las necesidades y propósitos que para analizar la Reforma Energética en el sector eléctrico se necesitan, se seleccionaron algunos indicadores los cuales a su vez se pueden clasificar en temas y que se forman por componentes específicos y con indicadores al sector energético mexicano, en específico al sector eléctrico. La siguiente tabla muestra los temas y sus respectivos indicadores, los cuales se eligieron para este trabajo.

Tabla 5. Indicadores de dimensión social.

SOCIAL			
Tema	Subtema	Indicador	Componentes
Equidad	Cobertura eléctrica	Porcentaje de hogares (o de población) con acceso a energía eléctrica	Consumo de electricidad per cápita (kWh per cápita)
			Acceso a la electricidad (% de población)
			Usuarios de energía eléctrica por sector tarifario (Núm. Usuarios)

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, CEPAL, OCDE, INEGI, EIA y Banco Mundial.

Tabla 6. Indicadores de dimensión económica.

Económico			
Tema	Subtema	Indicador	Componentes
Seguridad	Autarquía Energética	Dependencia de las importaciones de energía	Importaciones de energía, valor neto (% del uso de energía)
			Autosuficiencia energética general %
			Importación de Electricidad [PJ]
			Exportación de Electricidad [PJ]
			Oferta interna bruta de energía cubierta con importaciones
		Reservas de combustibles	Relación reservas 1P - producción
			Índice de independencia energética
			Margen de Reserva del Sistema Interconectado Nacional
			Oferta interna bruta de energía (PJ)

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, CEPAL, OCDE, INEGI, EIA y Banco Mundial.

Económico			
Tema	Subtema	Indicador	Componentes
Seguridad	Autarquía Energética	Dependencia de las importaciones de energía	Importaciones de energía, valor neto (%)
			Autosuficiencia energética general %
			Importación de Electricidad [PJ]
			Exportación de Electricidad [PJ]
			Oferta interna bruta de energía cubierta
		Reservas de combustibles	Relación reservas 1P - producción
			Índice de independencia energética
			Margen de Reserva del Sistema Interconectado Nacional
			Oferta interna bruta de energía (PJ)

Tabla 7. Indicadores de dimensión económica.

Económico			
Tema	Subtema	Indicador	Componentes
Patrones de uso y producción	Productividad energética	Uso de energía per cápita	Consumo nacional de energía (petajoules)
			PIB nacional (miles de millones de pesos de 2008)
			Población nacional (millones de habitantes)
		Eficiencia de la conversión y distribución de energía	Intensidad energética (KJ/\$ producido)
			Consumo per cápita de energía (GJ/hab.)
			Consumo de electricidad (GWh)
		Relación recursos/producción	Consumo de electricidad per cápita (kWh/hab.)
			Producción (petajoules)
		Intensidades energéticas	Consumo final total [PJ]
			Generación bruta de electricidad total [MW-H]
	PIB por unidad de uso de energía		
	Uso de energía por unidad de PIB	Producción total de energía (M toneladas equivalentes de petróleo)	
		Intensidad energética (toe/miles USD 2005)	
		Oferta total de energía primaria/ población (toe per cápita)	
		Generación de electricidad (GWh)	
Generación de electricidad por Termoeléctricas			
Alcance recursos fósiles y leña	Porcentajes de combustibles en la generación de electricidad	Generación Dual	
		Generación Carboeléctrica	
		Consumo de Combustóleo para generación de electricidad (l)	
		Consumo de Diésel para generación de electricidad (l)	
		Consumo de Carbón para generación de electricidad (kg)	
		Consumo de Gas Natural para generación de electricidad (metros cúbicos)	
		Consumo de energía de combustibles fósiles (% del total)	

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, CEPAL, OCDE, INEGI, EIA y Banco Mundial.

Tabla 8. Indicadores de dimensión ambiental.

Ambiental			
Tema	Subtema	Indicador	Componentes
Diversificación de combustibles	Uso de energías renovables	Porcentaje de energías no basadas en combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica	Generación bruta de electricidad con energías renovables
			Energía nuclear y alternativa (% del uso total de energía)
			Participación de combustibles fósiles en la generación de Combustibles renovables y residuos (% del total de energía)
		Porcentaje de energías renovables en la generación de energía eléctrica	Generación Geotermoléctrica
			Generación Nucleoeléctrica
			Generación Eólica
Contaminación atmosférica	Emisiones de contaminantes	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por la producción y uso de energía, per cápita y por unidad de PIB	Generación Hidroeléctrica
			Generación Fotovoltaica
			Emisiones GEI (miles de toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> )
			Emisiones de CO <sub>2</sub> por generación de electricidad (% de la Emisiones de CO <sub>2</sub> por generación de electricidad (g/kWh)
			Emisiones GEI (miles de toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> )
			Emisiones de CO <sub>2</sub> per capita

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, CEPAL, OCDE, INEGI, EIA y Banco Mundial.

## Capítulo II.2 Alcances y limitaciones de los indicadores energéticos

El sector energético del país es primordial para su desarrollo económico y le permite orientar una adecuada transición de una economía agrícola a una sociedad moderna que cuente con suministro de energía adecuado y asequible. Sin embargo, todas las formas de energía tienen ventajas y desventajas inherentes y todas tienen un impacto negativo de alguna manera; cada una de ellas vale sólo en la medida en que cumpla los fines para los que ha sido creada. Actualmente el mundo basa su desarrollo en combustibles fósiles y México no es la excepción además muchas personas no tienen acceso a la electricidad. Hay zonas en el país que carecen de suministro fiable y seguro de energía. Estos problemas son limitantes del desarrollo socioeconómico y por lo tanto del desarrollo sostenible. Sin embargo, mediante el desarrollo de la tecnología y el nivel de conocimientos de la actualidad nuestro país puede transitar del actual modelo de desarrollo hacia un modelo de desarrollo sostenible.

Si se pretende alcanzar un desarrollo económico sostenible, es necesario un control continuo de los impactos de determinadas políticas y estrategias seleccionadas, a fin de comprobar si están promoviendo un desarrollo sostenible, o si es necesario reorientarlas para lograr los objetivos de desarrollo. Es importante mencionar que los objetivos son distintos para cada país, por lo que la forma de medir el estado de desarrollo de cada uno debe ajustarse a las necesidades de cada región. Se necesita conocer la situación actual del país en lo referente a la energía y a la sostenibilidad económica, también es preciso conocer las implicaciones que tienen determinados programas, políticas y planes energéticos, ambientales y económicos en las pautas de desarrollo.

Diversos actores gubernamentales y de la sociedad civil han manifestado su preocupación respecto a la forma de generar riqueza en detrimento del ambiente y en algunos casos en contra de algunos de los sectores de la población más marginados. Es por eso que, ante la necesidad de involucrar el desarrollo social, el estado ambiental y el bienestar económico es que se desarrollan indicadores que puedan considerar estas tres dimensiones; además, en el caso de la Reforma Energética que se dio en el país, se espera poder evaluar en la agenda política el impacto que ésta tiene y si ha resultado benéfica para la nación.

La importancia de los indicadores radica en que no son meros datos ya que trasciende lo que es la estadística básica al promover un entendimiento más a fondo de los principales problemas y se espera que puedan relacionar datos valiosos que no son evidentes si solo se emplean estadísticas básicas. Al existir indicadores en todas las dimensiones (sociales, económicas, ambientales) son herramientas esenciales al momento de tomar decisiones y fomentar el diálogo entre sociedad, gobierno e instituciones no gubernamentales. Los indicadores ofrecen un amplio panorama del impacto de las decisiones tomadas por un país a lo largo del tiempo, y muestran los avances o retrocesos para los objetivos de desarrollo sostenible trazados por el país.

El significado e interpretación de un indicador debe ser analizado cuidadosamente pues es posible que el mismo valor no signifique lo mismo para dos países diferentes. Al momento del análisis es necesario tomar en cuenta el grado de desarrollo de cada país, de la naturaleza de su economía, de su geografía, de la cantidad de recursos energéticos, del grado de interés de las autoridades en lograr objetivos de sostenibilidad, etc.

Debido que el objetivo de este trabajo es evaluar los primeros impactos de la Reforma Energética en el Sector Eléctrico Mexicano es preciso seleccionar indicadores específicos y que aborden las tres dimensiones que se plantean en el Trilema Energético (Social, Económica y Ambiental). Sin embargo, algunos indicadores no son de relevancia para el propósito de este análisis por lo tanto es que se propone una clasificación de los indicadores con base en el tema en específico sobre el que trata pero dentro de las dimensiones del Trilema en donde a partir de diversas fuentes bibliográficas se seleccionaron los indicadores apropiados para llevar a cabo este trabajo.

Tomando como base la propuesta que marca la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) se clasificó a los indicadores en las siguientes categorías: autarquía energética, productividad energética, cobertura de necesidades energéticas básicas, cobertura eléctrica, alcance de recursos fósiles y leña y uso de energías renovables.

### Alcance de recursos fósiles y leña

#### Generación de electricidad por tipo de combustible (Por tipo de tecnología)

<b>Breve definición</b>	Estructura del suministro de energía en términos de porcentajes de los combustibles energéticos en la generación de electricidad y capacidad de generación eléctrica.
<b>Unidades</b>	Porcentaje

#### a) Definiciones y conceptos básicos

Este indicador desglosa el suministro energético por fuente de combustible con respecto a la generación de electricidad y capacidad de generación. Los componentes de este indicador son el consumo de varios combustibles fósiles (carbón, petróleo crudo, productos del petróleo, gas); electricidad primaria y calor; energías renovables no combustibles; y energías renovables combustibles y desechos (CRW).

#### b) Métodos de medición

Para la capacidad de generación de electricidad, el indicador corresponde a los porcentajes de capacidad por combustible.

#### c) Limitaciones de los indicadores

Los datos sobre determinados combustibles pueden ser una limitación.

#### d) Datos necesarios para compilar el indicador

Generación de electricidad, total y por combustible.  
Capacidad de generación, total y por combustible.

- Generación de electricidad por Termoeléctricas
- Generación Dual
- Generación Carboeléctrica
- Consumo de Combustóleo para generación de electricidad (l)
- Consumo de Diésel para generación de electricidad (l)
- Consumo de Carbón para generación de electricidad (kg)

- Consumo de Gas Natural para generación de electricidad (m3)
- Consumo de energía de combustibles fósiles (% del total)
- Generación bruta de electricidad con energías renovables
- Energía nuclear y alternativa (% del uso total de energía)
- Participación de combustibles fósiles en la generación de electricidad (%)
- Combustibles renovables y residuos (% del total de energía)
- Generación Geotermolétrica
- Generación Nucleoeléctrica
- Generación Eólica
- Generación Hidroeléctrica
- Generación Fotovoltaica

**e) Disponibilidad y fuentes de datos nacionales e internacionales**

En los institutos nacionales de estadística y publicaciones de los correspondientes países, así como en varias fuentes internacionales, como la Agencia Internacional de Energía (AIE).

**Diversificación de combustibles**

**Porcentaje de energías no basadas en combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica**

<b>Breve definición</b>	Porcentaje de fuentes de energía no basadas en el carbono en el suministro de energía primaria (STEP) y en la generación de electricidad y capacidad de generación
<b>Unidades</b>	Porcentaje

**a) Definiciones y conceptos básicos**

Este indicador mide el porcentaje de fuentes de energía no basadas en el carbono en el STEP y la generación de electricidad y capacidad de generación.

**b) Métodos de medición**

Este indicador registra la generación de energía por tipo de combustible en datos de la CFE y toma en cuenta a los pequeños productores, autogeneración, y cogeneración de electricidad por combustibles fósiles.

**c) Limitaciones de los indicadores**

En lo que respecta a un cierto número de países, los datos sobre las fuentes de energía no basadas en el carbono pueden ser una limitación.

**d) Datos necesarios para compilar el indicador**

La generación total de electricidad y capacidad de generación. La energía primaria de las modalidades energéticas basadas en el carbono y la generación de electricidad y capacidad de generación procedente de fuentes convencionales.

- Generación bruta de electricidad con energías renovables
- Energía nuclear y alternativa (% del uso total de energía)
- Participación de combustibles fósiles en la generación de electricidad (%)

- Combustibles renovables y residuos (% del total de energía)
- Generación Geotérmica
- Generación Nucleoeléctrica
- Generación Eólica
- Generación Hidroeléctrica
- Generación Fotovoltaica

**e) Disponibilidad y fuentes de datos nacionales e internacionales**

Cabe obtener los datos sobre el suministro de energía desglosada por combustible en los institutos nacionales de estadística y publicaciones de los países y en varias fuentes internacionales, como la Agencia Internacional de Energía (AIE) y el Banco Mundial.

**Porcentaje de energías renovables en la generación de energía y en la generación de electricidad.**

<b>Breve definición</b>	Energía nuclear y alternativa (% del uso total de energía). La energía limpia es la energía sin carbohidratos que no produce dióxido de carbono cuando se genera. Incluye la energía hidroeléctrica y la energía nuclear, geotérmica y solar, entre otras.
<b>Unidades</b>	Porcentaje

**f) Definiciones y conceptos básicos**

Porcentaje de las energías renovables en el suministro total de energía primaria (STEP), consumo final total (CFT) y generación de electricidad y capacidad de generación (con exclusión de la energía no comercial).

**g) Métodos de medición**

Este indicador engloba las modalidades de energías renovables con respecto al STEP, el CFT y la generación de electricidad y capacidad de generación.

Las fuentes de energía renovable abarcan tanto las materias combustibles como las no combustibles. Entre las energías renovables no combustibles figuran la geotérmica, la solar, la eólica, la hidráulica, las mareas y las olas. Las energías renovables combustibles y los desechos están formados por biomasa (leña, residuos vegetales, etanol) y productos animales.

**h) Limitaciones de los indicadores**

Para países como México, en donde las tecnologías renovables son relativamente nuevas, la obtención de datos sobre determinadas fuentes renovables puede ser una limitación en las series de datos y bases de datos.

**i) Datos necesarios para compilar el indicador**

El STEP, el CFT y la generación total de electricidad y capacidad de generación. La energía primaria de fuentes renovables, la generación de electricidad y capacidad de generación procedente de modalidades de energía renovable.

- Generación bruta de electricidad con energías renovables
- Energía nuclear y alternativa (% del uso total de energía)

- Participación de combustibles fósiles en la generación de electricidad (%)
- Combustibles renovables y residuos (% del total de energía)
- Generación Geotermolétrica
- Generación Nucleoeléctrica
- Generación Eólica
- Generación Hidroeléctrica
- Generación Fotovoltaica

**j) Disponibilidad y fuentes de datos nacionales e internacionales**

Cabe obtener los datos sobre el suministro de energía desglosada por combustible en los institutos nacionales de estadística y publicaciones de los países y en varias fuentes internacionales, como la Agencia Internacional de Energía (AIE) y el Banco Mundial.

**Contaminación atmosférica**

**Emisiones GEI (miles de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>)**

<b>Breve definición</b>	Emisiones totales de gases de efecto invernadero - excluyendo el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura.
<b>Unidades</b>	miles de toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub>

**a) Definiciones y conceptos básicos**

Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de la producción y uso de energía, per cápita y por unidad de producto interno bruto (PIB), incluido el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

**b) Métodos de medición**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles se calculan multiplicando el uso de energía para cada tipo de combustible por el coeficiente de emisión de CO<sub>2</sub> relacionado con el combustible. Siempre que sea posible, deberán medirse directamente las emisiones de gases de efecto invernadero en la fuente de uso de la energía.

**c) Limitaciones de los indicadores**

Este indicador muestra la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera, procedentes únicamente del consumo de energía. Para algunos GEI (por ejemplo, el N<sub>2</sub>O), las fuentes no energéticas (por ejemplo, la agricultura) pueden producir niveles significativos de emisiones. Este indicador no muestra en qué grado se verá afectado el clima debido a la acumulación creciente de GEI, o el efecto consiguiente del cambio climático sobre los países. En algunos de ellos, es posible que no se puedan obtener datos respecto de algunas fuentes.

**d) Datos necesarios para compilar el indicador**

Datos sobre las emisiones totales de GEI procedentes de las fuentes de energía y su desglose por componentes:

- Emisiones de  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$ .
- Emisiones de GEI procedentes de la producción y uso de energía.
- Emisiones de GEI procedentes del transporte.
- Población total para la normalización de las emisiones totales de GEI per cápita, unidad: toneladas de  $CO_2$ /per cápita.
- PIB en moneda nacional o convertida a dólares estadounidenses (\$) empleando la paridad del poder adquisitivo para normalizar las emisiones totales de GEI por unidad de PIB, unidad: toneladas de  $CO_2$ /1 000 dólares de los EE.UU.

**e) Disponibilidad y fuentes de datos nacionales e internacionales**

La Agencia Internacional de Energía (AIE) suministra datos sobre emisiones de  $CO_2$  por combustible y sector, y sobre los combustibles fósiles consumidos para generación de electricidad, generación combinada de calor y electricidad, y calefacción centralizada de núcleos urbanos.

El Banco Mundial compila datos sobre las emisiones anuales de  $CO_2$ .

Estos datos son fruto de los cálculos realizados por el Centro de Análisis de la Información sobre dióxido de carbono (CDIAC), patrocinado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos de América. Los cálculos se han efectuado a partir de los datos sobre la combustión de combustibles fósiles, basados en la Serie de Datos Mundiales de Energía recopilada por la División de Estadística de las Naciones Unidas, y en los datos sobre la manufactura mundial de cemento, basados en la Serie de Datos de la Manufactura de Cemento.

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, contiene la estimación de las emisiones antropogénicas de gases y compuestos de efecto invernadero y de la absorción por los sumideros en México.

**Cobertura Eléctrica**

**Acceso a la electricidad (% de población)**

<b>Breve definición</b>	Porcentaje de población que cuenta con acceso a la electricidad en el país.
<b>Unidades</b>	Porcentaje

**a) Definiciones y conceptos básicos**

Este indicador se define por el porcentaje de población que cuenta con acceso a la energía comercial o a la electricidad.

**b) Métodos de medición**

Este indicador se define por el porcentaje de hogares (o de población) con acceso a la electricidad y con el número de usuarios por sector.

**c) Limitaciones de los indicadores**

La disponibilidad de datos sobre el número de hogares o el porcentaje de la población sin acceso a la energía comercial o a la electricidad puede ser una limitación.

**d) Datos necesarios para compilar el indicador**

- Número de hogares o porcentaje de población sin acceso a la electricidad o a la energía comercial.
- Consumo de electricidad per cápita (kWh per cápita)
- Acceso a la electricidad (% de población)
- Usuarios de energía eléctrica por sector tarifario (Núm. usuarios)

**e) Disponibilidad y fuentes de datos nacionales e internacionales**

La fuente de datos más importante sobre consumo de combustibles comerciales y no comerciales de electricidad está constituida por las encuestas a los hogares. Cabe obtener los resultados de estas encuestas en los informes publicados por los institutos oficiales de estadística. Alrededor de las dos terceras partes de los países en desarrollo han realizado muestreos mediante encuestas a los hogares que son representativos a escala nacional y algunos de éstos proporcionan datos de alta calidad sobre los niveles de vida.

**Autarquía Energética**

La definición de autarquía que brinda la RAE es: “Política de un Estado que intenta bastarse con sus propios recursos” (RAE,2017). De manera que, al decir Autarquía Energética, es posible definirla como autosuficiencia en materia energética, toma en cuenta la capacidad de satisfacer las necesidades energéticas de la población. Incluyen exportaciones e importaciones de energía específicamente energía eléctrica, reservas de energéticos, y también se tomaron indicadores desarrollados por agencias especializadas, es el caso del indicador de Autosuficiencia energética general % (Overall Energy Self-sufficiency %) desarrollado por la U.S. Energy Information Administration (EIA).

**Dependencia de las importaciones de energía**

<b>Breve definición</b>	Comercio exterior de energía. Las importaciones y exportaciones son las cantidades que han cruzado las fronteras territoriales de un país dado
<b>Unidades</b>	Porcentaje

**a) Definiciones y conceptos básicos**

Las importaciones netas de energía se calculan como el uso de energía menos la producción, ambas medidas en equivalentes de petróleo. Un valor negativo indica que el país es exportador neto. El uso de energía se refiere al consumo de energía primaria antes de la transformación en otros combustibles finales, lo que equivale a la producción nacional más las importaciones y las variaciones de existencias, menos las exportaciones y los combustibles suministrados a barcos y aviones afectados al transporte internacional.

**b) Métodos de medición**

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) compila los datos esenciales. Los datos de la IEA para las economías que no son miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) se basan en los datos nacionales de energía ajustados para cumplir con los cuestionarios anuales completados por los gobiernos miembros de la OCDE. Un valor negativo en las importaciones de energía indica que el país es un exportador neto. El uso de energía se refiere al uso de energía primaria antes de la transformación a otros combustibles de uso final, que es igual a la producción indígena más las importaciones y los cambios en las existencias, menos las exportaciones y los combustibles suministrados a los buques y aeronaves dedicados al transporte internacional. Si no se dispone de datos exactos sobre las importaciones o exportaciones, cabe estimar las importaciones netas como la energía utilizada menos la producción, medidas ambas en equivalentes de petróleo.

**c) Limitaciones de los indicadores**

La AIE realiza estas estimaciones en consulta con las oficinas nacionales de estadística, las compañías petroleras, los servicios eléctricos y los expertos nacionales en energía. La IEA ocasionalmente revisa el intervalo de tiempo para reflejar los cambios en las políticas energéticas, y las estadísticas de energía se someten a cambios continuos en la cobertura o la metodología a medida que se vuelven disponibles informes y balances de energía más detallados. Las lagunas en algunos datos de la serie son inevitables. En algunos países, tal vez no sea fácil obtener datos sobre las importaciones de un cierto número de combustibles.

**d) Datos necesarios para compilar el indicador**

Los datos necesarios para compilar este indicador son el uso de energía y la producción, ambas medidas en equivalentes de petróleo. Los datos de la IEA para las economías que no son miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) se basan en los datos nacionales de energía ajustados para cumplir con los cuestionarios anuales completados por los gobiernos miembros de la OCDE. Un valor negativo en las importaciones de energía indica que el país es un exportador neto. El uso de energía se refiere al uso de energía primaria antes de la transformación a otros combustibles de uso final, que es igual a la producción indígena más las importaciones y los cambios en las existencias, menos las exportaciones y los combustibles suministrados a los buques y aeronaves dedicados al transporte internacional.

- Importaciones de energía, valor neto (% del uso de energía)
- Autosuficiencia energética general %
- Importación de Electricidad [PJ]
- Exportación de Electricidad [PJ]

## Reservas de combustibles

### a) Definiciones y conceptos básicos

La finalidad de este indicador reside en medir la disponibilidad de las reservas nacionales de combustibles críticos, como el petróleo, con respecto al consumo del combustible correspondiente.

### b) Métodos de medición

Este indicador se define dividiendo las existencias de combustibles críticos mantenidas por los países por el consumo diario, mensual o anual del combustible de que se trate.

### c) Limitaciones de los indicadores

La tasa de utilización de los combustibles y, en especial, del petróleo, depende de muchos factores, incluidas las condiciones económicas, los precios y los progresos tecnológicos. Por lo tanto, este indicador representa únicamente una medida relativa de la seguridad del suministro energético. Muchos países no pueden permitirse todavía mantener niveles adecuados de existencias de combustibles. Por lo tanto, se incluyen tecnologías en los que hay faltantes en series de datos además estas tecnologías son relativamente nuevas por lo que no existen datos de años atrás. Es necesario ampliar las bases de datos nacionales.

### d) Datos necesarios para compilar el indicador

Este indicador requiere de la producción nacional de energía primaria (carbón, petróleo, gas natural, energía nuclear, hidráulica y energías renovables) y el consumo de energía primaria en un periodo de tiempo determinado.

- Relación reservas-producción
- Índice de independencia energética
- Margen de Reserva del Sistema Interconectado Nacional
- Oferta interna bruta de energía (PJ)

## Productividad energética

### Uso de energía por unidad de PIB

<b>Breve definición</b>	Razón del suministro total de energía primaria (STEP), consumo final total (CFT) y uso de la electricidad respecto del producto interno bruto (PIB)
<b>Unidades</b>	Porcentaje

### a) Definiciones y conceptos básicos

Este indicador refleja las tendencias en el uso total de energía con respecto al PIB y expresa la relación general entre la utilización de la energía y el desarrollo económico.

**b) Métodos de medición**

Este indicador se calcula como la división del uso de energía respecto de la producción económica.

Uso de energía: El STEP, el CFT y el consumo final de electricidad se obtienen de los balances nacionales de energía y de las fuentes internacionales de estadística. El STEP y el CFT se miden en tep; el uso de electricidad en kWh.

Producto: El PIB se puede medir en dólares estadounidenses, convertidos de la moneda nacional a la paridad del poder adquisitivo (PPA) correspondiente al año base para el cual se deflactó la moneda nacional.

**c) Limitaciones de los indicadores**

La razón del uso de la energía agregada respecto del PIB no es un indicador ideal de la eficiencia energética, de la sostenibilidad del uso de la energía o del desarrollo tecnológico, como se ha venido utilizando. La razón agregada depende de la intensidad energética de los sectores o actividades, pero también de factores como el clima, la geografía y la estructura de la economía. Por consiguiente, hay factores que influyen en la variación de la razón con el tiempo, factores que no están relacionados con los cambios en la eficiencia energética (como los que se producen en la estructura económica). Por ello, es importante complementar el indicador del uso de energía respecto del PIB con la intensidad energética desglosada por sectores, ya que los indicadores desagregados son un reflejo más fiel de la evolución de la eficiencia energética. Los factores geográficos complican la comparación entre países de la razón del uso de energía respecto del PIB. Por ejemplo, los países grandes tienden a tener niveles altos de transporte de carga, ya que muchos productos se distribuyen a lo largo y ancho del país.

Dado el gran número de factores que afectan a la utilización de la energía, no debería emplearse exclusivamente la razón del uso total de energía respecto del PIB como indicador de la eficiencia energética o de la sostenibilidad, a los efectos de la adopción de decisiones.

**d) Datos necesarios para compilar el indicador**

Uso de la energía en términos de STEP, CFT y consumo de electricidad y PIB real en dólares estadounidenses o moneda nacional en PPA para los años correspondientes y para el año base.

- Intensidad energética (toneladas equivalentes de petróleo / miles dólares 2005)
- Oferta total de energía primaria/ población (toneladas equivalentes de petróleo per capital)
- Generación de electricidad (GWh)

**e) Disponibilidad y fuentes de datos nacionales e internacionales**

Los organismos internacionales publican los datos del PIB y del valor agregado de la industria. Las Estadísticas Financieras Internacionales del Fondo Monetario Internacional (FMI) dan a conocer el PIB nominal y real de la mayoría de los países. Los bancos regionales de desarrollo o las fuentes nacionales facilitan a menudo datos sobre los componentes del PIB.

**Relación recursos/producción**

<b>Breve definición</b>	Razón de los recursos energéticos restantes al final de un año respecto de la producción de energía de ese mismo año También, duración de los recursos comprobados de energía
<b>Unidades</b>	Años

**a) Definiciones y conceptos básicos**

El objetivo de este indicador estriba en medir la disponibilidad de los recursos nacionales de energía con respecto a la producción correspondiente de petróleo. Generalmente, los recursos se definen como concentraciones de materiales sólidos, líquidos o gaseosos, de origen natural, situados en la corteza de la tierra o sobre ella, de manera que su extracción económica pueda resultar factible. Entre los recursos totales hay que mencionar las reservas y los recursos hipotéticos y especulativos aún no descubiertos.

**b) Métodos de medición**

La duración de los recursos de combustibles en términos del coeficiente recursos/producción se calcula dividiendo los recursos energéticos totales de un producto a finales de año por la producción total de ese producto en el mismo año.

**c) Limitaciones de los indicadores**

La tasa de utilización de los recursos energéticos depende de muchos factores, incluidas las condiciones económicas, los precios, el progreso tecnológico y las prospecciones. En consecuencia, este indicador representa únicamente una medida relativa de la disponibilidad de recursos.

**d) Datos necesarios para compilar el indicador**

Datos sobre la producción y los recursos de energía disponibles.

**e) Disponibilidad y fuentes de datos nacionales e internacionales**

Se pueden obtener datos sobre los recursos de combustibles fósiles en la publicación anual Survey of Energy Resources del Consejo Mundial de la Energía , que son objeto de revisiones frecuentes. También cabe encontrar datos a través de las compañías nacionales e internacionales de petróleo y gas.

**Eficiencia de la conversión y distribución de energía**

<b>Breve definición</b>	Eficiencia de la conversión y distribución de energía, incluida la eficiencia de los combustibles fósiles para la generación de electricidad, eficiencia de la refinación de petróleo y las pérdidas producidas durante la transmisión y distribución de electricidad y el transporte y distribución de gas
<b>Unidades</b>	Porcentaje

#### **a) Definiciones y conceptos básicos**

Este indicador mide la eficiencia de los sistemas de conversión y distribución en las diversas cadenas de suministro de energía, incluidas las pérdidas producidas durante la transmisión y distribución de electricidad y el transporte y distribución de gas.

#### **b) Métodos de medición**

*Eficiencia de los combustibles fósiles para la generación de electricidad*, definida como la producción bruta de electricidad (incluido el propio consumo eléctrico de las instalaciones de electricidad) de las fábricas alimentadas por combustibles fósiles en relación con los insumos de combustibles fósiles. El cambio de combustibles da origen a importantes mejoras en la eficiencia media de las instalaciones térmicas, así como la puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones de generación de electricidad de alto rendimiento y el desmantelamiento de las más antiguas e ineficientes. En particular, el cambio de carbón a gas, un combustible usado en el ciclo combinado gas-vapor de elevada eficiencia, redundo, por lo general, en una intensificación del rendimiento. Cabe elaborar distintos indicadores aplicables a la generación de electricidad para el petróleo, el gas o el carbón, a fin de delimitar el efecto del cambio de combustibles.

*Eficiencia de la transmisión y distribución de electricidad*, definida como la razón del consumo final de electricidad respecto del suministro de la misma. En las pérdidas de transmisión y distribución de la electricidad se incluyen las pérdidas ocurridas durante la transmisión entre las fuentes de suministro y los puntos de distribución y durante la distribución a los consumidores, incluyendo los robos.

Cabe calcular la cantidad de energía producida, suministrada y usada a partir de las estadísticas y los balances de energía publicados por los distintos países u organizaciones internacionales y regionales. Es preciso examinar las cantidades de todas las modalidades de energía primaria, como los combustibles fósiles, la electricidad y el calor.

#### **c) Limitaciones de los indicadores**

Para algunos países, no es fácil obtener los datos sobre la eficiencia de la conversión y distribución de energía.

#### **d) Datos necesarios para compilar el indicador**

Datos de los productos energéticos referentes a la producción y el uso (balances de energía); insumos y productos de las refinerías; consumo y suministro de gas; y estructura del suministro de electricidad.

- Consumo nacional de energía (petajoules)
- PIB nacional (miles de millones de pesos de 2008)
- Población nacional (millones de habitantes)
- Intensidad energética (kJ/\$ producido)
- Consumo per cápita de energía (GJ/hab.)
- Consumo de electricidad (GWh)
- Consumo de electricidad per cápita (kWh/hab.)
- Producción (petajoules)
- Consumo final total [PJ]

- Generación bruta de electricidad total [MW-H]
- PIB por unidad de uso de energía (PPA en dólares constantes del año 2005 por kg de equivalente de petróleo)
- Producción total de energía (M toneladas equivalentes de petróleo)
- Intensidad energética (toe/miles de dólares 2005)
- Oferta total de energía primaria/ población (toe per cápita)
- Generación de electricidad (GWh)
- Generación de electricidad por Termoeléctricas
- Generación Dual
- Generación Carboeléctrica
- Consumo de Combustóleo para generación de electricidad (l)
- Consumo de Diésel para generación de electricidad (l)
- Consumo de Carbón para generación de electricidad (kg)
- Consumo de Gas Natural para generación de electricidad (m3)
- Consumo de energía de combustibles fósiles (% del total)

#### Intensidad energética (kJ/\$ producido)

<b>Breve definición</b>	Cantidad de energía que se requirió para generar una unidad monetaria del producto interno bruto.
<b>Unidades</b>	kilojoule/\$ producido, Toneladas equivalentes de petróleo por unidad monetaria producida.

#### a) Definiciones y conceptos básicos

Este indicador refleja las tendencias en el uso total de energía con respecto al PIB y expresa la relación general entre la utilización de la energía y el desarrollo económico.

La razón de la energía usada con respecto al PIB se denomina así mismo 'intensidad energética agregada' o 'intensidad energética de la economía'. La proporción entre la energía utilizada y el PIB indica la energía total que se está empleando para apoyar a los sectores económico y social. Representa la suma de la energía usada en una amplia gama de actividades de producción y consumo. En sectores y subsectores económicos específicos, la razón de utilización de energía con respecto a la producción o actividad es la 'intensidad energética' (si el producto se mide en unidades económicas) o la 'necesidad específica de energía' (si el producto se mide en unidades físicas como toneladas o pasajero/kilómetros [km]).

#### b) Métodos de medición

*Uso de energía:* El consumo energético se obtiene de los balances nacionales de energía y de las fuentes internacionales de estadística.

*Producto:* El PIB se puede medir en dólares estadounidenses, convertidos de la moneda nacional a la paridad del poder adquisitivo (PPA) correspondiente al año base para el cual se deflactó la moneda nacional.

**c) Limitaciones de los indicadores**

La razón del uso de la energía agregada respecto del PIB no es un indicador ideal de la eficiencia energética, de la sostenibilidad del uso de la energía o del desarrollo tecnológico, como se ha venido utilizando. La razón agregada depende de la intensidad energética de los sectores o actividades, pero también de factores como el clima, la geografía y la estructura de la economía.

**d) Datos necesarios para compilar el indicador**

Uso de la energía y consumo de electricidad y PIB real en dólares estadounidenses o moneda nacional en PPA para los años correspondientes y para el año base.

**e) Disponibilidad y fuentes de datos nacionales e internacionales**

La Agencia Internacional de Energía (AIE) y Eurostat son las instituciones que mantienen las series más completas de balances de energía y contabilidad energética, basadas primordialmente en datos nacionales o recopilados por organismos e institutos de estadística regionales dignos de confianza. Los datos del PIB se obtienen fundamentalmente de las Cuentas Nacionales.

Los organismos internacionales publican los datos del PIB y del valor agregado de la industria. Las Estadísticas Financieras Internacionales del Fondo Monetario Internacional (FMI) dan a conocer el PIB nominal y real de la mayoría de los países. Los bancos regionales de desarrollo o las fuentes nacionales facilitan a menudo datos sobre los componentes del PIB. Pueden conseguirse datos regionales a través de organizaciones regionales como el Centro de Investigaciones Energéticas para Asia y el Pacífico (APERC) y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

**Uso de energía per cápita**

<b>Breve definición</b>	Representa la disponibilidad, en el territorio nacional, de la energía que puede ser destinada a los procesos de transformación, distribución y consumo
<b>Unidades</b>	Energía: toneladas equivalentes de petróleo (tep) per cápita, Petajoules per cápita Electricidad: kilovatios/hora (kWh) per cápita

**a) Definiciones y conceptos básicos**

Este indicador mide el nivel de utilización de la energía sobre una base per cápita y refleja las pautas de uso de la energía

**b) Métodos de medición**

Este indicador muestra la relación entre la producción energética sobre el consumo en el país. Si este indicador es mayor a uno, el país se considera independiente de energía. El índice de independencia energética, que muestra la relación entre la producción y el consumo nacional de energía.

**c) Limitaciones de los indicadores**

Hay una multitud de factores económicos, sociales y geográficos que influyen enormemente sobre el valor real del indicador.

**d) Datos necesarios para compilar el indicador**

Datos de productos energéticos para la producción y uso (balances de energía) y para las estimaciones de la población a mediados del año.

- Consumo nacional de energía (petajoules)
- PIB nacional (miles de millones de pesos de 2008)
- Población nacional (millones de habitantes)
- Consumo de electricidad per cápita
- Consumo total de electricidad
- Consumo nacional de energía (petajoules)
- PIB nacional (miles de millones de pesos de 2008)
- Población nacional (millones de habitantes)
- Intensidad energética (kJ/\$ producido)
- Consumo per cápita de energía (GJ/hab.)
- Consumo de electricidad (GWh)
- Consumo de electricidad per cápita (kWh/hab.)
- Producción (petajoules)
- Consumo final total [PJ]
- Generación bruta de electricidad total [MW-H]
- PIB por unidad de uso de energía (PPA en dólares constantes del año 2005 por kg de equivalente de petróleo)
- Producción total de energía (M toneladas equivalentes de petróleo)
- Intensidad energética (toe/miles de dólares 2005)
- Oferta total de energía primaria/ población (toe per cápita)
- Generación de electricidad (GWh)

## Capítulo III.1 Tendencia histórica de los indicadores.

### Dimensión Social

#### Equidad

##### Porcentaje de población con acceso a energía eléctrica

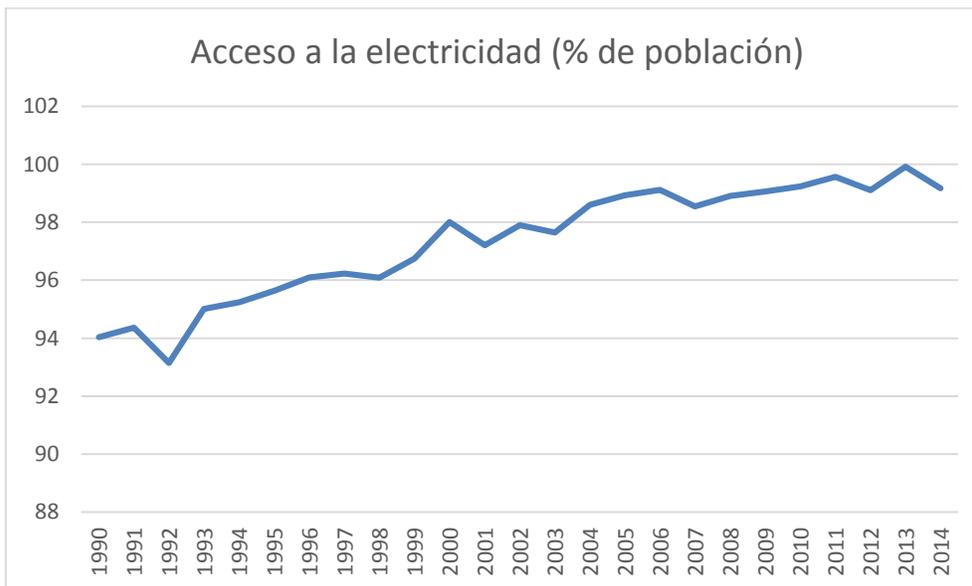
El acceso de la población a los servicios de energía, en específico de la energía eléctrica, es un factor para facilitar alimentos, vivienda, agua y educación. La falta de acceso a la electricidad contribuye directamente a la pobreza y dificulta el desarrollo económico. Algunas poblaciones si tienen acceso a la energía eléctrica, sin embargo, está no es asequible y en muchos casos es altamente contaminante.

Tabla 9. Evolución del porcentaje de población con acceso a la electricidad

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Acceso a la electricidad	98.01	97.21	97.9	97.64	98.6	98.93	99.11	98.55	98.91	99.06	99.24	99.57	99.11	99.91	99.17	99.63	99.92

Fuente: Con datos de INEGI y Banco Mundial.

Figura 7. Evolución del porcentaje de población con acceso a la electricidad



Fuente: Banco Mundial.

Según estimaciones, a nivel mundial 1700 millones de personas carecen de electricidad. Este se puede explicar debido a que en determinadas zonas geográficas, el crecimiento demográfico supera el ritmo de electrificación. Una de las metas del desarrollo sostenible, reside en garantizar los servicios de energía a sectores de población marginados, con la finalidad de garantizar un desarrollo económico.

Sin embargo, tal como se puede constatar en la Tabla 1, la población nacional sigue creciendo, en el año 2000 se contabilizó que la población era de 100 millones y en tan solo 16 años creció 22

millones, al tener contabilizados 122 millones de habitantes, debido al crecimiento demográfico se deben mantener los esfuerzos para garantizar el acceso y disponibilidad de energía eléctrica a todos los sectores de la población.

Este indicador está relacionado estrechamente con la economía y es necesaria una política fiscal que se adapte a las necesidades de la creciente población. Alrededor de la mitad de la población está debajo de los 30 años de edad, lo que representa una joven y fuerte fuerza laboral que puede aportar una base de recaudación de impuestos que garanticen el mantenimiento de la infraestructura de salud y servicios para mejoren las condiciones de vida. Sin embargo, el incremento de la población también implica retos, como la creación de 4000 nuevos empleos por día y la necesidad de lidiar con la contaminación en las grandes urbes, así como el tráfico y la escasez de agua.

## **Dimensión económica**

### **Seguridad**

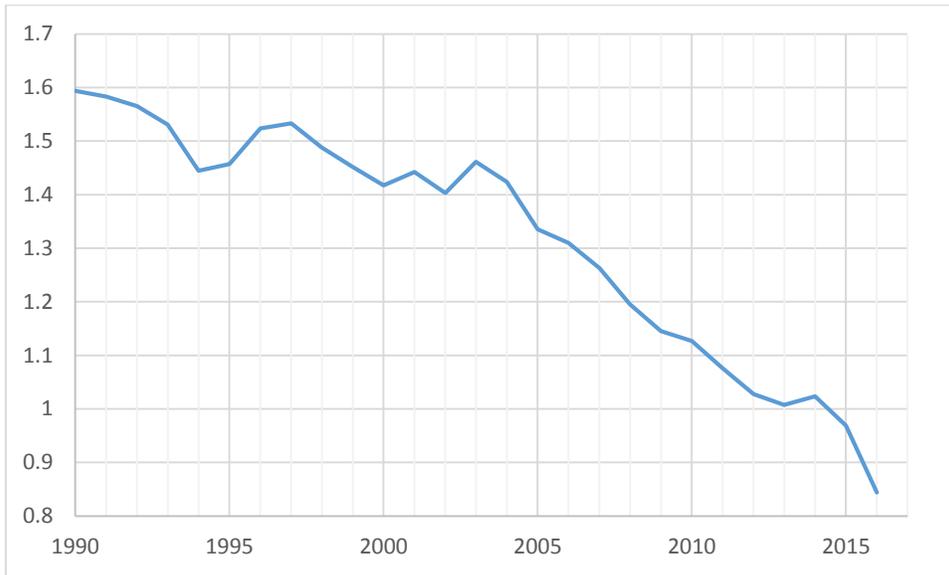
#### **Independencia de las importaciones de energía**

Dentro de las políticas de desarrollo sostenible, es fundamental mantener un suministro estable de energía. La seguridad energética, depende de los suministros y recursos naturales con los que el país cuenta. Las interrupciones en el suministro de energía constituyen un riesgo para el país. Las políticas gubernamentales deben estar orientadas a incrementar la producción nacional, mejorar la eficiencia energética y diversificar las fuentes de generación.

En las exportaciones de energía se consideran al petróleo y sus derivados tales como el gas natural, y los productos energéticos de las refinerías. Al igual se toman en cuenta las importaciones de carbón y electricidad.

Este indicador está vinculado estrechamente con los indicadores económicos, como la producción nacional de energía, consumo energético per cápita y también se puede relacionar a indicadores de disponibilidad de recursos.

Figura 8. Independencia energética (Relación Producción entre Consumo)



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER.

La Independencia energética es el índice que mide, de forma general, a qué nivel un país puede cubrir su consumo energético derivado de su producción; si el resultado es mayor a uno, el país puede ser considerado independiente de energía. Desde el año 1990 el índice de independencia energética, presenta una disminución y se depende cada vez más de las importaciones de energía para satisfacer la demanda. El punto más álgido en los últimos 25 años se dio en el año 2016, al registrar 0.84. Durante los últimos diez años, este indicador ha disminuido en promedio 4.3%

Anteriormente se consideraba a México, un exportador de petróleo, pero en los últimos años las cifras indican que el país ha descendido varios lugares en el ranking de exportadores, en los últimos años se ha experimentado una mayor demanda de petróleo para consumo doméstico y por ende ocasiona que las importaciones disminuyan. La caída en la producción coincide con agotamiento del yacimiento de Cantarell ( que en 2004 producía más de 2 millones de barriles al día, en la actualidad, la producción en este yacimiento ha caído en un 80%) y que no se han desarrollado nuevas fuentes para compensar este declive; aunque no todo son malas noticias puesto que México tiene reservas significativas en aguas profundas, sin embargo para explotarlas se requiere de una gran inversión en tecnología y en mejorar la infraestructura existente.

Es de resaltar la creciente dependencia de México hacia las importaciones de gasolinas y diésel, desde el año 2000, las importaciones se han triplicado, las cuales principalmente provienen de las refinerías de Estados Unidos.

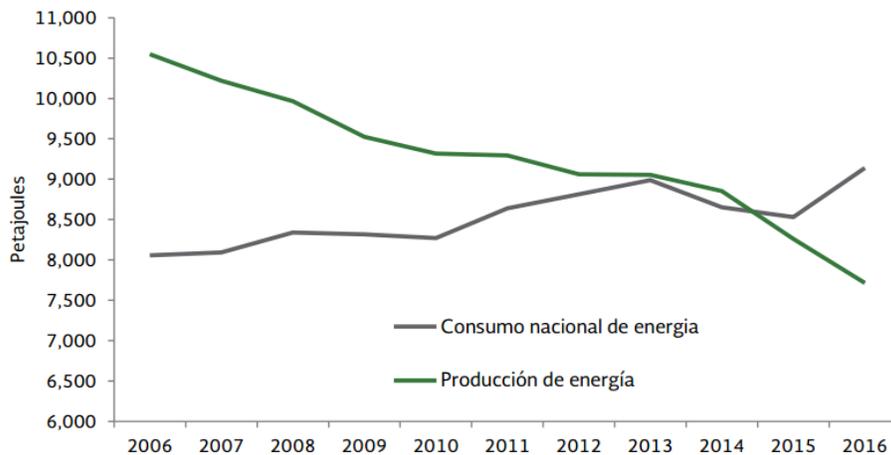
Tabla 10. Independencia energética (Relación Producción entre Consumo)

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Índice de independencia energética</b>	1.42	1.44	1.40	1.46	1.42	1.34	1.31	1.26	1.20	1.15	1.13	1.08	1.03	1.01	1.02	0.97	0.84

Fuente: Balance de energía SENER 2016.

Es notable también que la capacidad de refinación del país, no ha podido seguir el ritmo al incremento en la demanda doméstica de gasolina y diésel, además de que las refinerías existentes no cuentan con la tecnología óptima para procesar el crudo mexicano que es considerado “pesado”. Las seis refinerías que están bajo el control de PEMEX, fueron construidas en la década de 1980 y requieren ser repotenciadas y actualizadas acorde a la tecnología más nueva para que sean competitivas e incrementen su capacidad de refinación actual.

Figura 9. Evolución de la producción y el consumo nacional de energía.



Fuente: Balance nacional de energía 2016. SENER.

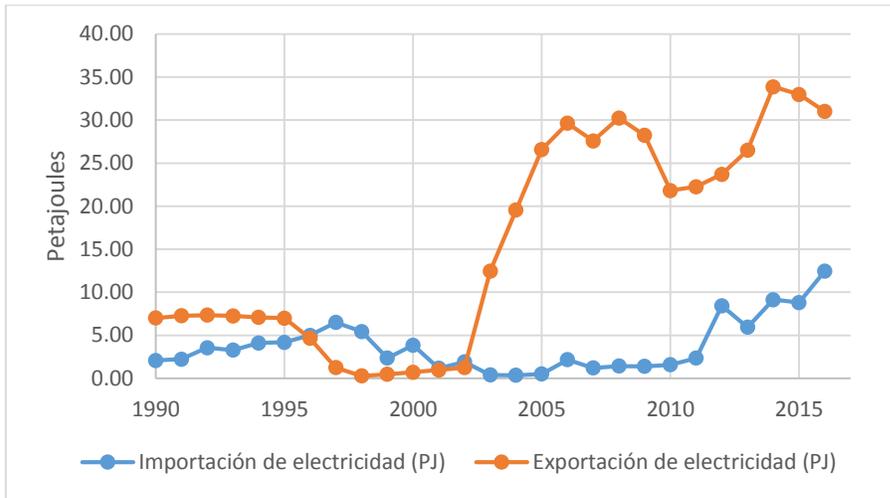
Las importaciones de gas desde Estados Unidos se han incrementado en un promedio anual de 26% en los últimos cinco años. Esto se debe a que resulta más rentable importar gas desde Estados Unidos que desarrollar infraestructura para explotar las reservas de gas natural.

En la actualidad existen 17 gasoductos que cruzan la frontera entre México y Estados Unidos, y existen planes para que la red de gasoductos crezca en los próximos años.

Las exportaciones de electricidad han crecido significativamente tal como se aprecia en la gráfica #; las importaciones han aumentado aunque en menor medida si se le compara con las exportaciones, sin embargo se han duplicado desde el año 2013 y es durante el 2016 que alcanzaron su máximo histórico.

A finales de los años 90, las exportaciones de energía eléctrica cayeron dramáticamente, para luego recuperar y tener un crecimiento un gran crecimiento sostenido que solo se vio disminuido hasta el año 2010 para luego repuntar.

Figura 10. Importaciones y Exportaciones de electricidad



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER.

La mayor parte de las exportaciones fue hacia Estados Unidos, al igual que las importaciones de electricidad.

### Reservas de energía

Generalmente se efectúan estimaciones conforme a la información geológica y de ingeniería las cantidades de petróleo que pueden recuperarse en el futuro a partir de yacimientos conocidos bajo condiciones económicas y de operación existentes.

Tabla 11. Reservas probadas de petróleo

	Finales de 1996	Finales de 2006	Finales de 2005	Finales de 2016	
	Miles de millones de barriles				R/P
Estados Unidos	29.8	29.4	48	5.8	10.6
Canadá	48.9	179.4	171.5	27.6	105.1
México	48.5	12.8	8	1.1	8.9
<b>Norteamérica</b>	<b>127.3</b>	<b>221.7</b>	<b>227.5</b>	<b>227.5</b>	<b>34.5</b>

Notas: Reservas sobre Producción (R/P).

Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER y BP Statistical Review of World Energy 2016.

Si las reservas restantes al final de un año se dividen por la producción en ese año, el resultado es el período de tiempo que esas reservas restantes durarían si la producción continuara a ese ritmo.

Tabla 12. Reservas probadas de gas natural

	Finales de 1996	Finales de 2006	Finales de 2005	Finales de 2016	
	Trillones de metros cúbicos				R/P
Estados Unidos	4.7	6	8.7	8.7	11.6
Canadá	1.9	1.6	2.2	2.2	14.3
México	1.8	0.4	0.2	0.2	5.2
<b>Norteamérica</b>	<b>8.5</b>	<b>8</b>	<b>227.5</b>	<b>227.5</b>	<b>11.7</b>

Notas: Reservas sobre Producción (R/P).

Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER y BP Statistical Review of World Energy 2016.

Tabla 13. Reservas probadas de carbón

	Finales de 2016	
	Millones de toneladas	R/P
Estados Unidos	251582	381
Canadá	6582	109
México	1211	151
<b>Norteamérica</b>	<b>259375</b>	<b>356</b>

Notas: Reservas sobre Producción (R/P).

Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER y BP Statistical Review of World Energy 2016.

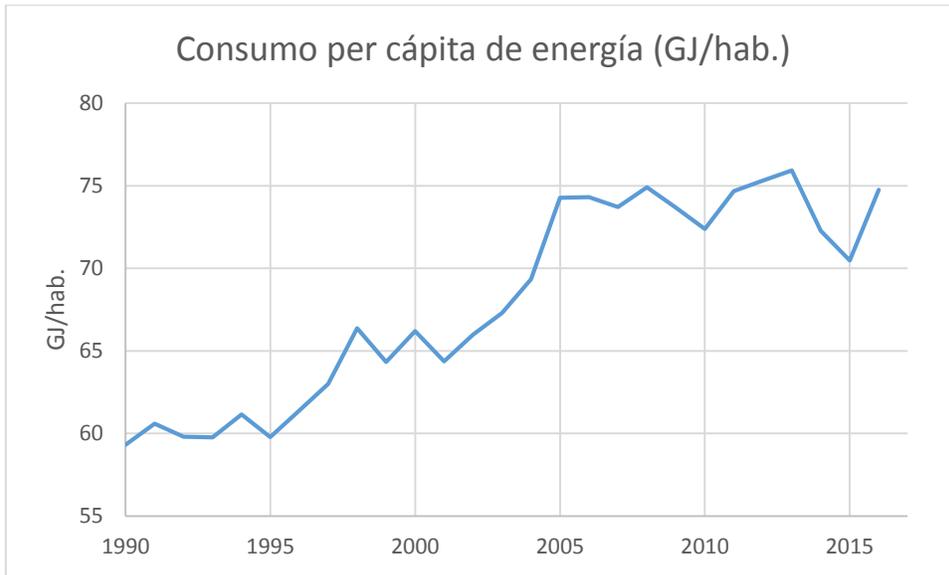
## Productividad energética

### Uso de energía per cápita

La energía es la base del desarrollo económico y el suministro de servicios básicos para la población. La forma en la que se produce y se consume, es cuestión de análisis para lograr la eficiencia y que los recursos naturales no se deterioren en gran medida. Es entendible que las limitaciones de acceso a la energía sean una restricción en el desarrollo social, el uso de la energía per cápita puede ser una medida y punto de comparación entre países pues este indicador es diferente entre países que se denominan industrializados y los que están en vías de desarrollo. Mientras más alto sea este coeficiente, mayor producción económica tiene un país por cada uno de sus habitantes.

En los últimos diez años este indicador creció 0.6% en promedio cada año, como se puede apreciar en la figura 11. Este indicador anteriormente mostraba un rápido crecimiento pero es en 205 que se mantienen estable sin presentar grandes variaciones.

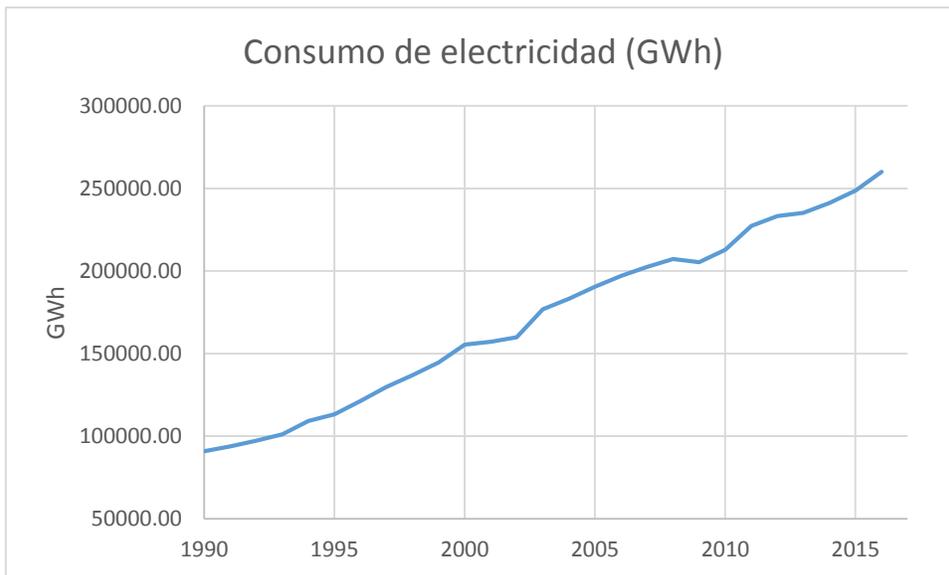
Figura 11. Consumo per cápita de energía



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

El consumo de electricidad per cápita establece el consumo de electricidad que tiene un país en los distintos sectores de su economía por cada uno de sus habitantes, durante el período de un año. Mientras más alto sea este coeficiente, quiere decir que un país consume más energía eléctrica por cada uno de sus habitantes.

Figura 12. Consumo de electricidad



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER.

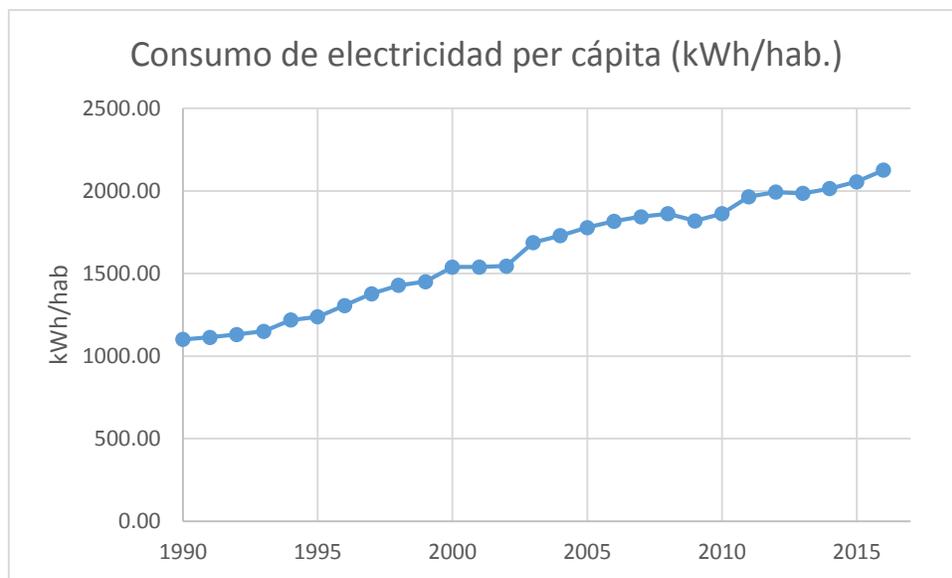
Se considera fundamental para la economía del país cuantificar la producción y el consumo de electricidad, puesto que son indicadores básicos del tamaño y nivel de desarrollo del país. México

no es considerado un exportador de energía, mayormente su producción se destina al consumo interno.

Es indudable que el mayor consumo de energía se tiene en centros urbanos e industrializados. Un aumento en el consumo eléctrico per cápita reflejara el crecimiento en los sectores industriales, al mismo tiempo que está estrechamente relacionado con los factores climáticos, geográficos y económicos.

El uso de energía per cápita en México muestra un crecimiento sostenido (figura 11), pero si se le compara con Estados Unidos, el consumo es aproximadamente seis veces más bajo, por lo tanto, México enfrenta el gran reto de satisfacer la demanda creciente, sin incurrir en costos sociales y ambientales. Otro factor importante a considerar es que Estados Unidos es uno de los mayores emisores de gases efecto invernadero y está relacionado al gran consumo energético per cápita, por lo tanto, se debe cuidar el mantenimiento de los servicios de electricidad, buscar que estos sean confiables y seguros, al mismo tiempo que se diversifique las opciones de generación.

Figura 13. Consumo de electricidad per cápita (kWh/hab.)



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER.

Los gobiernos en muchos países son cada vez más conscientes de la necesidad urgente de hacer un mejor uso de los recursos energéticos del mundo. La mejora de la eficiencia energética es a menudo el medio más económico en la búsqueda de mejorar la seguridad energética y reducir las emisiones contaminantes.

El consumo de electricidad per cápita se comporta de manera similar al consumo de energía; a lo largo de los últimas décadas el crecimiento no se ha detenido, sin embargo este indicador está por debajo del promedio de la OCDE en el año 2014 fue de 7995 kWh per cápita mientras que México registró 2090 kWh per cápita.

Es necesario estudiar cuidadosamente lo que este indicador revela, pues, aunque prácticamente toda la población cuenta con acceso a la electricidad, se debe asegurar que los servicios dependientes en gran medida de esta fuente de energía, como las telecomunicaciones y los servicios de salud mejoren sustancialmente, que es una de las metas de la sostenibilidad.

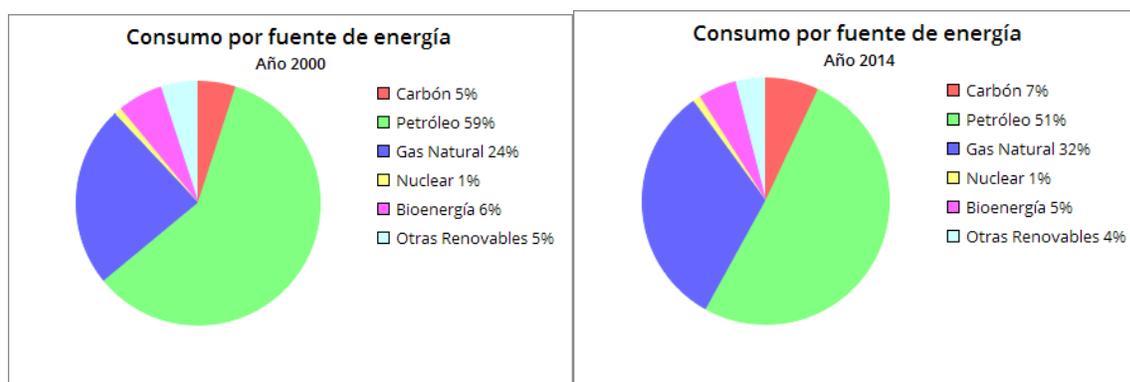
Para lograr la sostenibilidad, México ha implementado un audaz programa que consistió en reemplazar bombillas convencionales por 40 millones de lámparas fluorescentes compactas en ciudades pequeñas beneficiando a 8 millones de familias, esta fue una iniciativa conjunta del FIDE y el Banco Mundial. Con este programa el gobierno estima que se ahorraron alrededor de 2400 GWh, que representa aproximadamente el 3% en el consumo del sector residencial durante el año 2014. En conjunto con esta iniciativa, el gobierno impulsó un programa de subsidios para que se reemplacen más de dos millones de antiguos refrigeradores que aun trabajaban con líquidos refrigerantes contaminantes.

### Uso de energía por unidad de PIB

En las dos últimas décadas la economía de México ha presentado un crecimiento en comparación con los años en los que hubo crisis económicas y devaluación de la moneda. Se han desarrollado zonas industriales en estados como Querétaro y San Luis Potosí en los que el crecimiento económico es tres veces mayor que el del país, se ha tenido un gran progreso en la exportación de automóviles y se han establecido industrias armadoras de automóviles con lo que la inversión extranjera ha aumentado enormemente, el país es séptimo más grande constructor de carros y camiones y el cuarto más grande exportador en el mundo (PROMEXICO, 2016).

El consumo de energía primaria se incrementó en un 25% desde el año 2000, esto se puede explicar por el crecimiento económico, que a pesar de ser bajo no ha dejado de crecer.

Figura 14. Consumo de energía primaria 2000 vs 2014



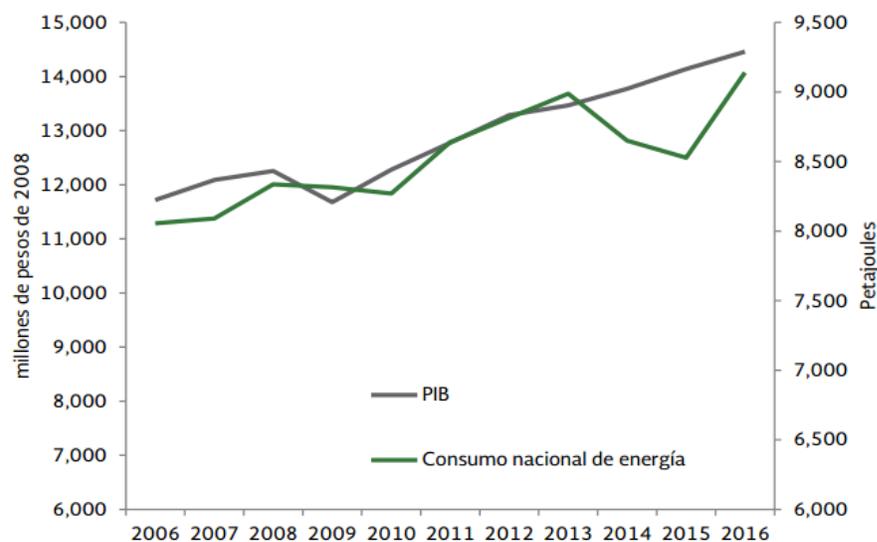
Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER.

Este indicador es útil para cuantificar la eficiencia energética y disociar el desarrollo económico del uso de la energía. Este indicador está relacionado con indicadores de intensidad energética de los sectores de manufacturas, transporte, servicios/comercial y residencial. Este indicador está también ligado a los indicadores de uso total de energía y emisiones de GEI.

En la figura 14, se puede apreciar que los combustibles fósiles dominan las alternativas energéticas, el petróleo junto con el gas natural y el carbón, suman en conjunto alrededor de 90%

de la demanda de energía primaria en las últimas dos décadas. El petróleo sigue siendo el combustible más usado, con un 51% del total en el año 2014. También se puede apreciar que en la última década el uso de gas natural tuvo un pequeño incremento, y ha ganado terreno frente al petróleo pues este último disminuyó de 59% a 51% en los últimos diez años. Este incremento coincide con las importaciones de gas natural desde Estados Unidos y el mejoramiento de la infraestructura, especialmente de gasoductos. El pequeño descenso en el uso de la bioenergía se puede explicar debido a que la leña ha caído en desuso en comunidades que la usaban para cocinar y calefacción.

Figura 15. Producto interno bruto vs. Consumo nacional de energía

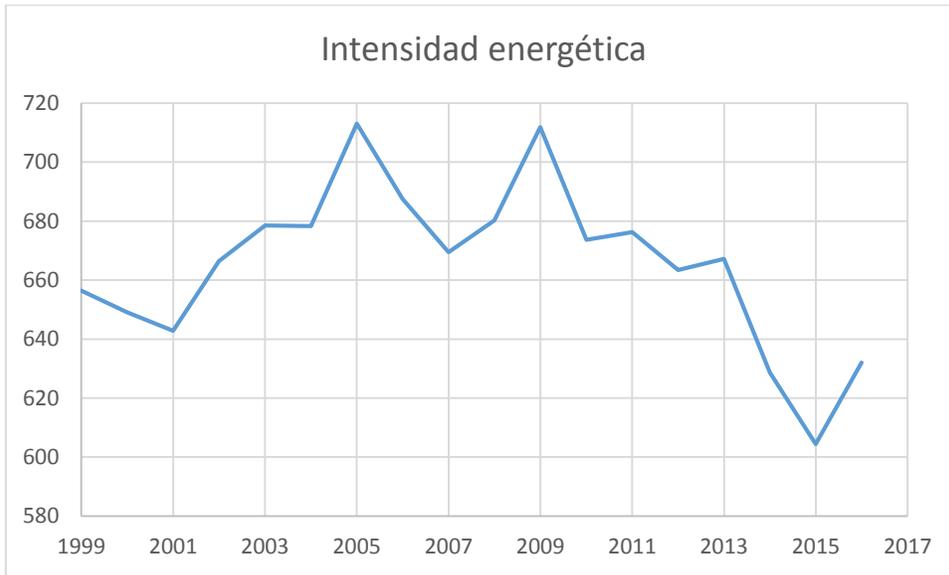


Fuente: Balance nacional de energía 2016.SENER

La intensidad energética mide la cantidad de energía requerida para producir un peso del PIB. Durante los últimos diez años, el coeficiente de correlación lineal<sup>4</sup>, entre el PIB y el consumo nacional de energía fue de 0.83; esto significa que si existe una variación de 1.0% en el PIB, existirá un cambio de 0.69% en el consumo, por lo que se deja de manifiesto la relación estrecha entre el crecimiento económico y la demanda de energía. Sin embargo esta relación no se mantiene siempre, por ejemplo cuando hay una desaceleración de la economía, las centrales eléctricas se mantienen en funcionamiento, por lo que el consumo energético no disminuirá al mismo tiempo que la actividad económica (figura 15).

<sup>4</sup> El coeficiente de correlación de Pearson mide la relación lineal que existe entre dos variables y puede fluctuar entre -1 y 1. Un coeficiente cercano a 1, indica una fuerte relación positiva entre las variables analizadas.

Figura 16. Intensidad energética de México 1999-2016.



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER.

Los diferentes sectores presentan patrones de uso muy diferenciados, la mejora de las eficiencias económicas constituyen prioridad esencial para los países, pues se traduce en una utilización más efectiva de los recursos energéticos.

### **Alcance de recursos fósiles y leña**

#### **Participación de combustibles fósiles en la generación de electricidad**

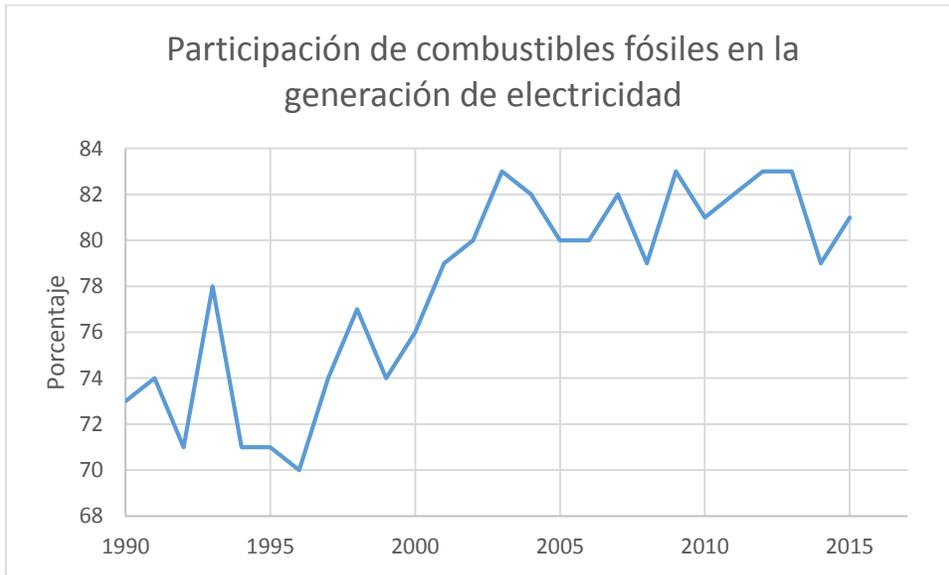
Para lograr las metas de desarrollo sostenible es necesario que en la composición del suministro eléctrico este diversificado, es parte fundamental de la seguridad energética, además de que la combinación de fuentes de energía incide en las intensidades energéticas. La composición del suministro energético también afecta al ambiente, y los impactos ambientales de cada fuente serán diferentes.

Este indicador está vinculado a la producción de combustibles, a la importación de derivados del petróleo, de la capacidad de refinación. También se relaciona con indicadores ambientales, como los contaminantes atmosféricos y las emisiones de GEI.

En la figura 17 se puede apreciar que los combustibles fósiles son dominantes como fuente de energía en la generación eléctrica. A partir del año 2000 la generación eléctrica dependiente de los combustibles fósiles aumento de gran manera y se ha mantenido más o menos estable durante los últimos diez años.

México necesita depender en menor medida de las fuentes de combustible fósiles, un factor importante a considerar es el fluctuante precio del barril del petróleo, además de la disminución de la capacidad de refinación del país, así como el agotamiento de pozos petroleros como principales alicientes para una “correcta” combinación de las fuentes energéticas, encaminadas hacia el desarrollo sostenible.

Figura 17. Participación de combustibles fósiles en la generación de electricidad



Fuente: Energy Indicators. IEA. Atlas of Energy

Con relación a los combustibles fósiles, el consumo de gas natural ha crecido de gran manera desde 2005, casi al mismo tiempo en el que el combustóleo disminuyó; esto debido a que el combustóleo es más contaminante y se ha buscado sustituir tecnología obsoleta.

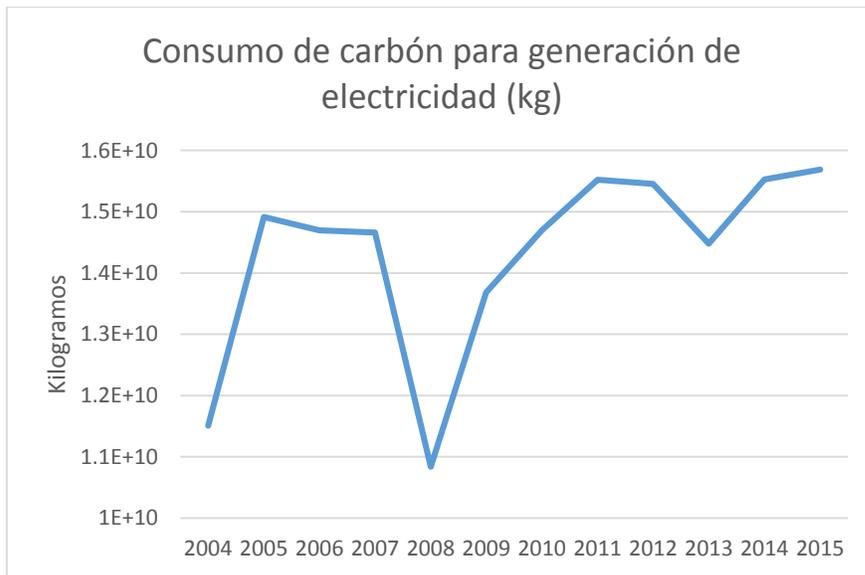
El diésel también ha caído en desuso, debido a su baja rentabilidad con relación en combustibles como el gas natural o inclusive el carbón.

Tabla 14. Consumo de combustibles fósiles usados para generar electricidad en México.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Combustóleo (l)	1.14E+10	1.06E+10	9.67E+09	9.09E+09	1.03E+10	1.17E+10	9.79E+09	6.43E+09	6.00E+09	6.53E+09
Diésel (l)	2.02E+08	2.70E+08	4.06E+08	3.81E+08	4.80E+08	7.09E+08	6.16E+08	3.31E+08	3.44E+08	4.73E+08
Carbón (kg)	1.47E+10	1.08E+10	1.37E+10	1.47E+10	1.55E+10	1.55E+10	1.45E+10	1.55E+10	1.57E+10	1.62E+10
Gas Natural (m3)	8.56E+09	9.27E+09	1.02E+10	1.02E+10	1.12E+10	1.21E+10	1.30E+10	1.36E+10	1.54E+10	1.60E+10

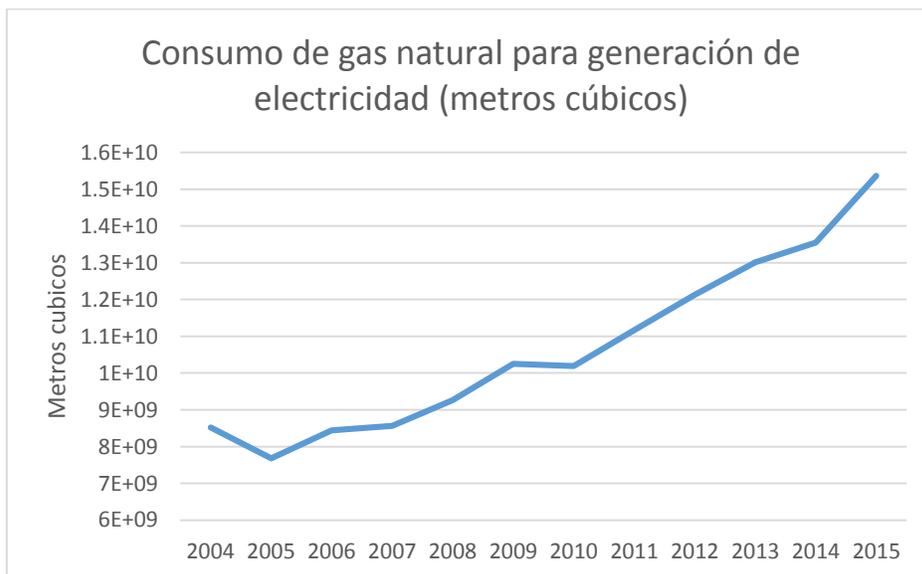
Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

Figura 18. Consumo de carbón para generación de electricidad



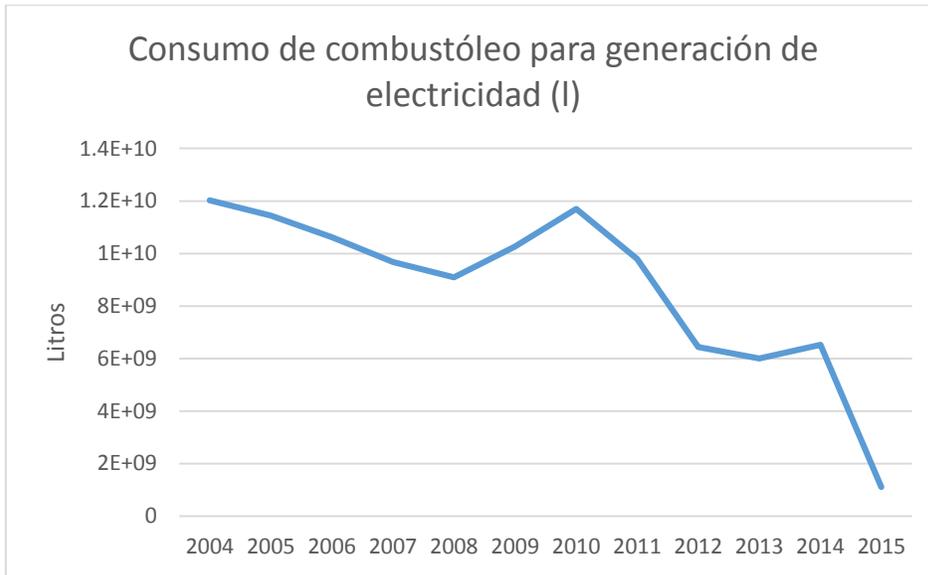
Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

Figura 19. Consumo de gas natural para generación de electricidad



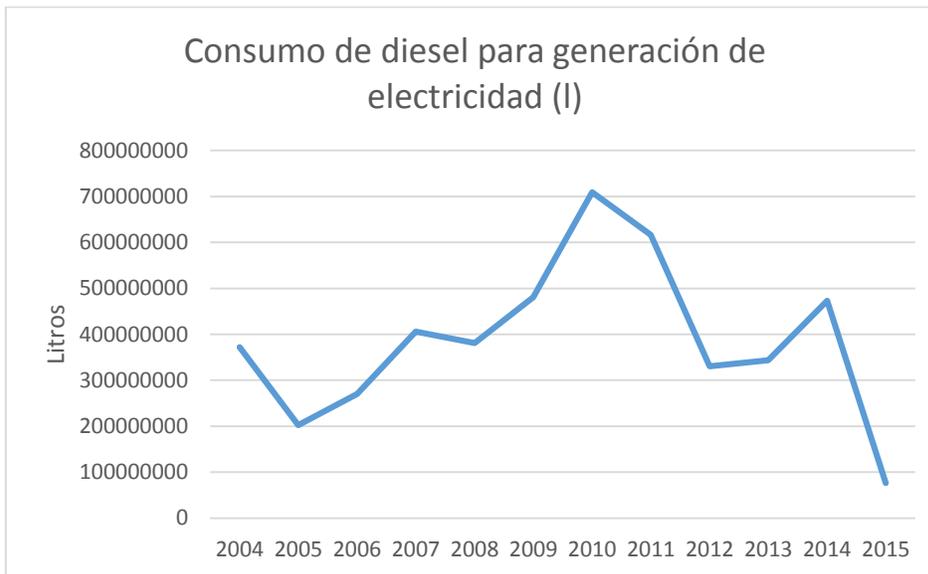
Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

Figura 20. Consumo de combustóleo para generación de electricidad



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

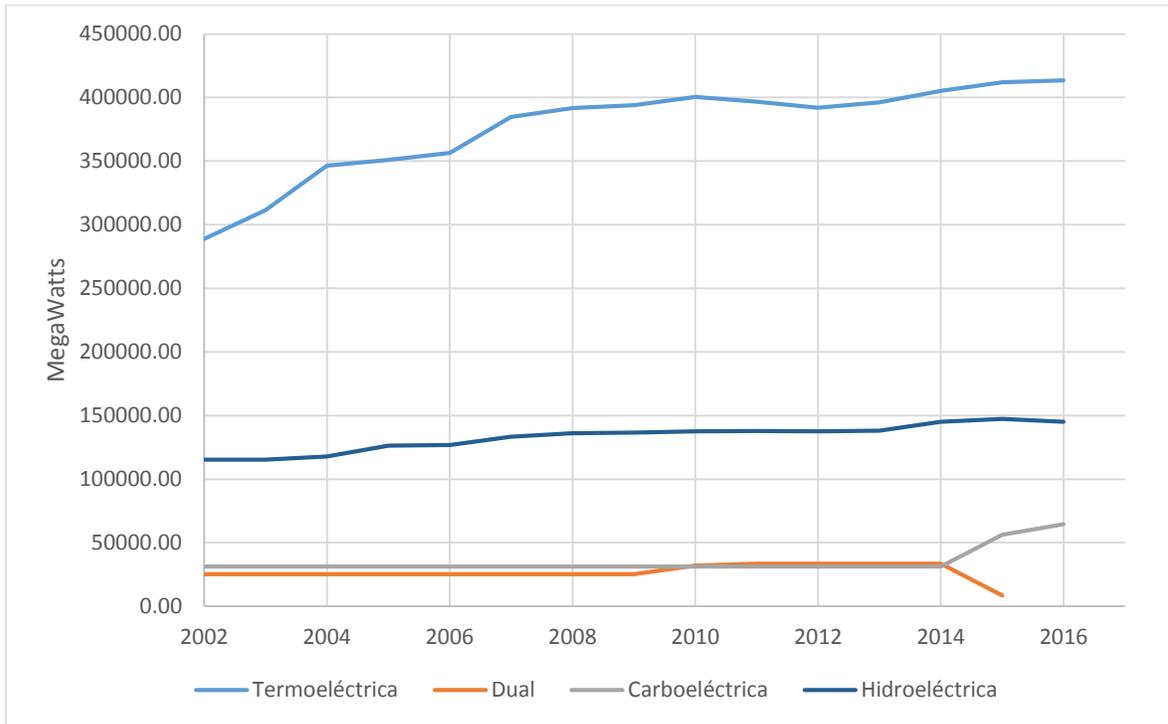
Figura 21. Consumo de Diésel para generación de electricidad



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

La principal tecnología usada en la generación eléctrica en México son las termoeléctricas, seguidas de las hidroeléctricas, estas últimas han mantenido su capacidad de generación estable y sin grandes variaciones.

Figura 22. Capacidad de generación eléctrica total efectiva por tecnología



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER.

## USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

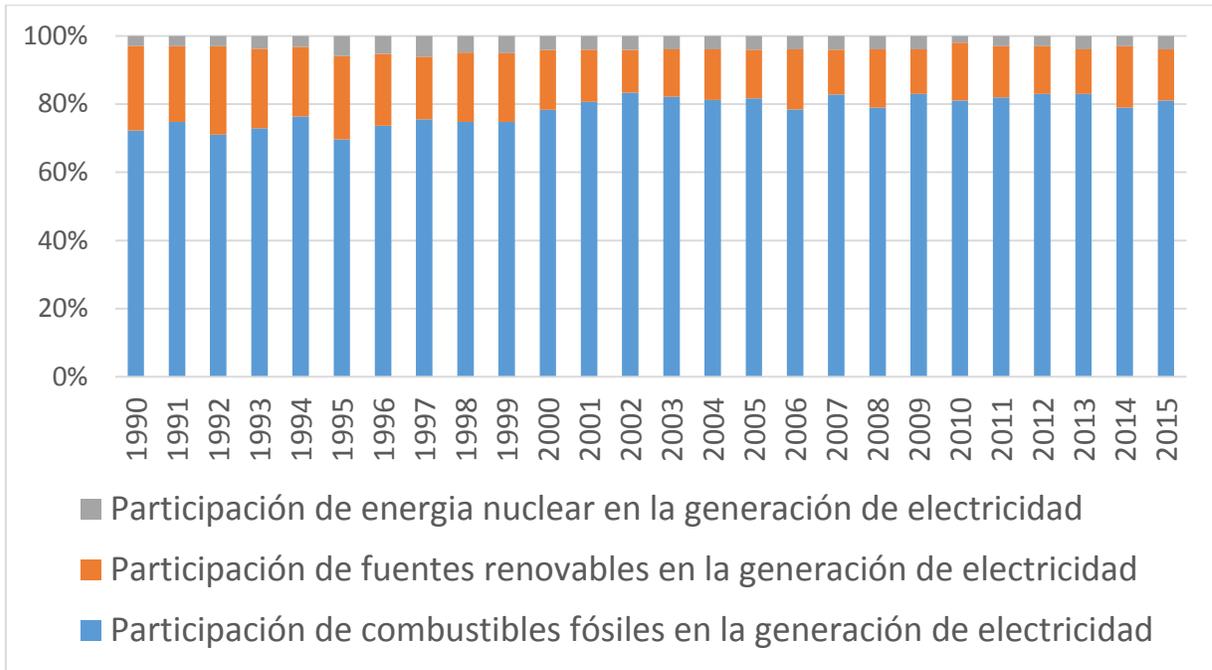
### Porcentaje de energías no basadas en combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica

Si se quiere lograr las metas fijadas de desarrollo sostenible, es necesario promover la generación de electricidad a partir de fuentes renovables, esto contribuye también a la seguridad energética y la protección al medio ambiente.

En México las energías renovables aun no representan una gran participación en la generación de electricidad, y es mayormente debido a las plantas generadoras hidroeléctricas que se genera electricidad, por lo que la generación solar y eólica no tienen presencia significativa.

La energía nuclear también tiene una mínima participación y la capacidad instalada no ha aumentado, y no se tienen planeadas expansiones futuras (figura 23).

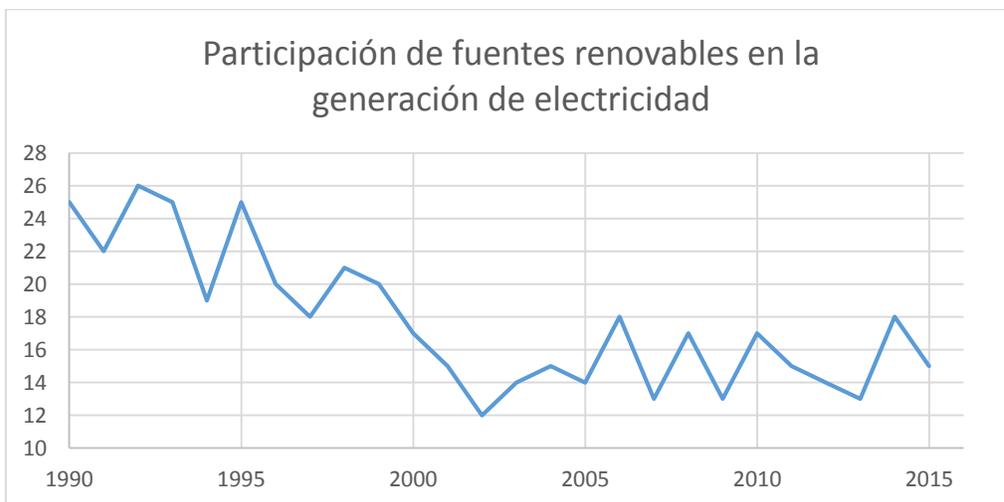
Figura 23. Porcentajes de generación eléctrica por tipo de fuente energética



Fuente: Energy Indicators. IEA. Atlas of Energy

En la figura 24 podemos notar que la participación en la generación de electricidad por medio de fuentes alternas de energía muestra ascensos y descensos, pero con una tendencia a la baja. Es necesario el desarrollo de fuentes de energía que sustituyan a las que se basan en combustibles fósiles.

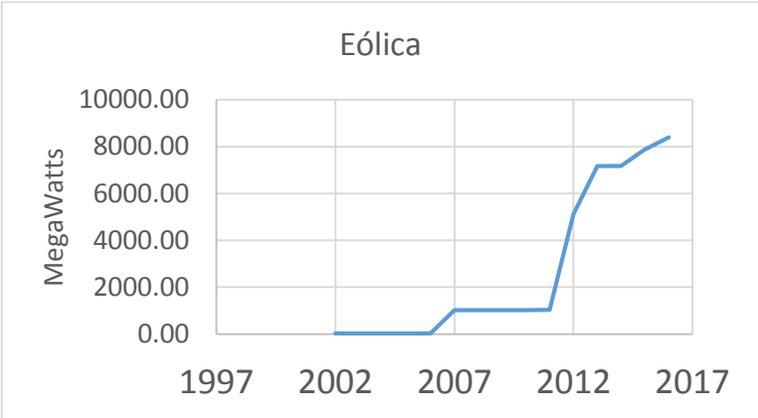
Figura 24. Participación de fuentes de energía renovables en la generación de electricidad



Fuente: Energy Indicators. IEA. Atlas of Energy

La generación eólica es relativamente nueva y ha crecido en gran medida, pero es insignificante su participación en el total de la generación eléctrica del país. Es la misma situación de la tecnología fotovoltaica, hasta antes del año 2012 no se tenían registros por parte de CFE; es a partir de este año que la energía fotovoltaica tiene un crecimiento exponencial pero es a partir de 2014 que se mantiene estable y constante.

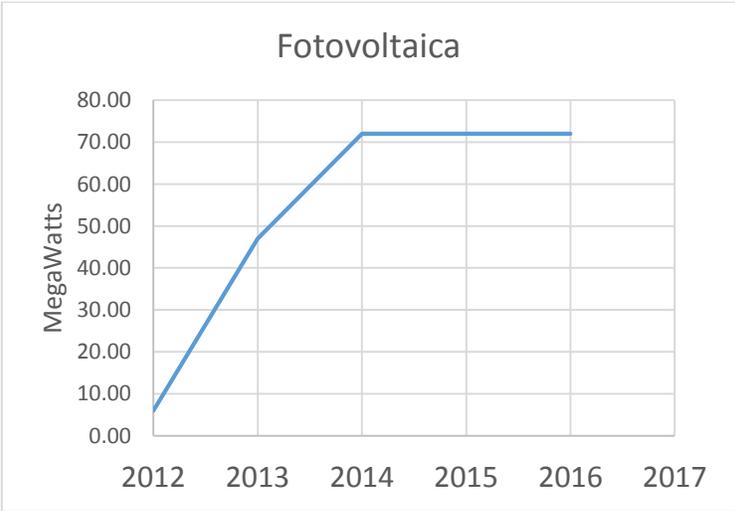
Figura 25. Generación de electricidad mediante tecnología eólica



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

Los costos de la generación de energía solar fotovoltaica vienen disminuyendo en forma acelerada y tal vez esta sea una razón para que en el país siga creciendo la capacidad instalada como lo venía haciendo hasta el año de 2014. Aunque el costo de la energía solar disminuye con el paso del tiempo, aun es cara en relación a algunos combustibles fósiles, es por eso que esta energía depende en gran medida de financiamiento privado, aunque se espera que, mediante el impulso de políticas adecuadas por parte del gobierno, la energía solar cada vez una participación mayor en el sector de eléctrico mexicano.

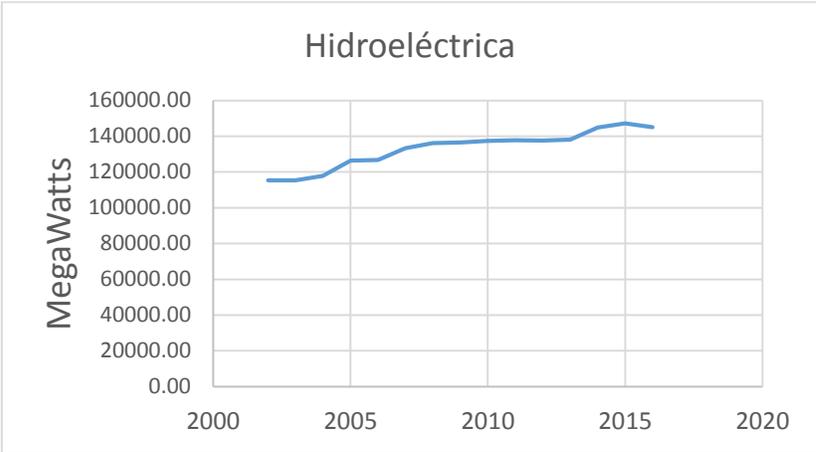
Figura 26. Generación de electricidad mediante tecnología fotovoltaica.



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

Según datos de la Secretaría de Energía (SENER S. d., 2016), México tiene un gran potencial de energía solar pues se tiene un promedio de un irradiación diaria de aproximadamente 5.5 kilowatts hora por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>), es más del doble comparado con Alemania; sin embargo este país alcanzó una capacidad instalada en energía solar de 38 GW a finales de 2015, mientras que en México apenas se superan los 3 GW.

Figura 27. Generación de electricidad mediante tecnología hidroeléctrica



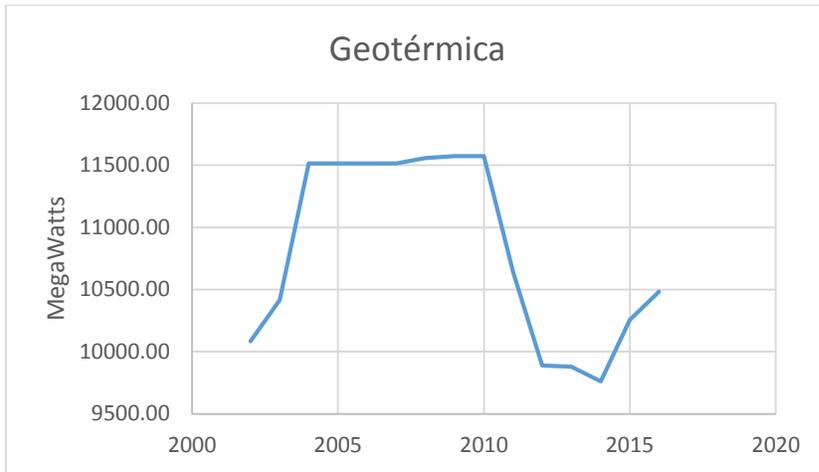
Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

A nivel mundial según datos del Banco Mundial “la energía hidroeléctrica es la principal fuente de energía renovable en el mundo, representando una quinta parte de la electricidad a nivel mundial.”

La energía hidroeléctrica sostiene a la generación de electricidad por energías renovables y es después de las plantas termoeléctricas, la segunda tecnología de generación más importante del país.

México es el quinto productor de energía geotérmica a nivel mundial (solo por detrás de Estados Unidos, Filipinas, Indonesia y Nueva Zelanda). La generación mediante plantas geotérmicas ha presentado un descenso muy pronunciado y es hasta el año de 2014 en el que de nuevo inicia una recuperación de la capacidad de generación que llegó a tener entre los años 2004 a 2010.

Figura 28. Generación de electricidad mediante tecnología hidroeléctrica



Fuente: Sistema de Información Energética con información de SENER

## AMBIENTAL

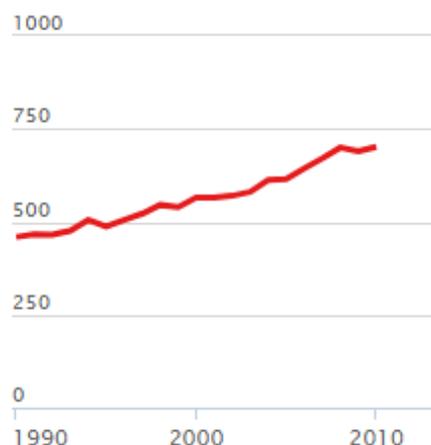
### Emisiones de contaminantes

#### Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por la producción y uso de energía, per cápita y por unidad de PIB

El calentamiento de la superficie de la Tierra, es imputable en gran medida a los GEI en la atmosfera, debido a esto es necesario cuantificar que porcentaje de emisiones se debe al sector energético pues este indicador es clave para lograr la sostenibilidad, también está ligado a indicadores económicos y de la forma en la que se genera la energía eléctrica.

México no figura entre los principales emisores de contaminantes a nivel mundial, sin embargo, en algunas ciudades como Monterrey, Guadalajara y La Ciudad de México, donde la alta densidad de población y la concentración de industrias y de parque vehicular, representa un problema pues la calidad del aire se ve deteriorada. Sumado a la altitud de las ciudades mexicanas en las que el nivel de oxígeno es un 25% más bajo que a nivel del mar, ocasiona que la combustión de combustibles no se realice de forma óptima.

Figura 29. Emisiones totales de GEI (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>)



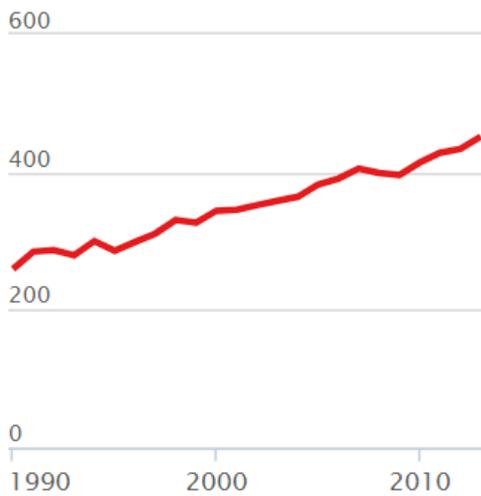
Fuente: OCDE. *Climate Change Mitigation Policies*

Este indicador se puede emplear para controlar las tendencias en la contaminación atmosférica como base para priorizar las medidas de política; cartografiar los niveles de contaminación de la atmósfera con objeto de identificar puntos calientes o zonas que requieren una atención especial; contribuir a evaluar el número de personas expuestas a niveles excesivos de contaminación atmosférica; supervisar los niveles de cumplimiento de las normas de calidad del aire; valorar los efectos de las políticas en materia de calidad del aire; y ayudar a investigar las relaciones entre la contaminación atmosférica y sus efectos sobre la salud.

Las emisiones de GEI por parte del país, se mantienen creciendo, y aunque no representan una porción significativa de las emisiones a nivel mundial, los compromisos adquiridos por parte de los gobiernos mexicanos obligan a reducir los niveles de emisiones a futuro.

Las emisiones de gases contaminantes provienen principalmente de los sectores de Transporte pues a finales del 2014 contribuyo en un 35% y del sector energético (32%). La industria del petróleo y gas es un emisor significativo de metano, el cual es un potente gas de efecto invernadero.

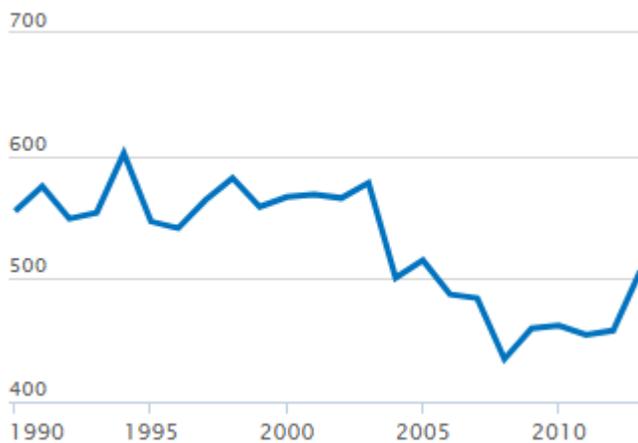
Figura 30. Emisiones de CO<sub>2</sub> (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>)



Fuente: OCDE. *Climate Change Mitigation Policies*

Es preciso destacar que las emisiones de CO<sub>2</sub> por la generación de electricidad han disminuido a partir del año 2003, esto en parte a la sustitución de tecnología vieja que usaba como combustible principal el gasóleo y el diésel (figura 31).

Figura 31. Emisiones de CO<sub>2</sub> por la generación de electricidad (g/kWh)



Fuente: OCDE. *Climate Change Mitigation Policies*

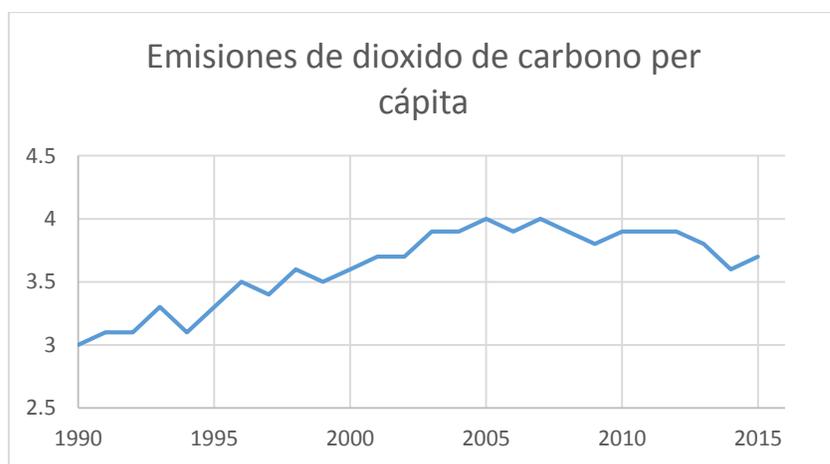
Las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> iban en constante aumento hasta el año de 2005, y a partir de esa fecha se ha presentado una leve disminución; aunque con los compromisos hechos por parte del gobierno mexicano esta disminución no es suficiente para lograr cumplir la meta que se pactó dentro de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ONU, 2015) contenidos en la Declaración

del Milenio. México trazó el objetivo de reducir en un 51% las emisiones de contaminantes para el año 2030, en relación a las que emite actualmente.

Este indicador señala que es aproximadamente 4 toneladas de CO<sub>2</sub> per cápita la cantidad que produce el país y muestra como se ha incrementado desde 1990 a la fecha esta cantidad, aunque es menor que países como Estados Unidos (17), Canadá (14.1) y Alemania (8.9).

Es necesario analizar este indicador de acuerdo con la población y a otros indicadores económicos puesto que históricamente países con gran población y algunos industrializados emiten más GEI, tal es el caso de China, Reino Unido y la India, pero si se atiende al tamaño de la población los países peor calificados son Catar, Trinidad y Tobago y Kuwait.

Figura 32. Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>)



Fuente: OCDE. *Climate Change Mitigation Policies*

El gran interés en la reducción de emisiones por parte de México coincide en que es particularmente vulnerable en los impactos del calentamiento global, en los últimos años los huracanes han devastado ciudades enteras y las inundaciones son más frecuentes cada año. Además, con los desastres naturales, la infraestructura de PEMEX y CFE se ve considerablemente afectada, y por ende existen pérdidas millonarias. La Estrategia Nacional para el Cambio Climático reconoce que el 46% de la infraestructura de Petróleos Mexicanos y el 30% de las líneas de transmisión son vulnerables a los impactos del cambio climático.

México está entre los países pioneros en incorporar políticas en contra del cambio climático y ha reconocido áreas de oportunidad y en las que es posible aplicar un criterio de eficiencia energética. En 2014 se aplica un impuesto a los combustibles de acuerdo con el contenido de carbón de cada combustible.

## **Capítulo III.2 Modificaciones de los indicadores después de la implantación de la Reforma Energética**

En los siguientes años se proyecta que la economía de México crezca al doble de lo que lo hace actualmente, pero para que esto suceda es necesario que la demanda de energía aumente paralelamente, si la tendencia actual se mantiene, la demanda de energía solo incrementará en un 20% (EIA, Mexico Energy Outlook, 2016). La Reforma Energética además pretende reducir la participación de los combustibles fósiles en la diversidad energética del país.

El sector eléctrico presenta una gran área de mejora, es necesario desarrollar el gran potencial del México en relación a las energías renovables. Con las reformas se pretende que los inversores privados jueguen un mayor rol en el sector, se necesitan inversiones para mejorar la red de transmisión y para seguir el ritmo de suministro que conlleva el crecimiento poblacional.

Los sectores del petróleo, gas y electricidad actualmente son objeto de una profunda transformación que implica la adopción de nuevas políticas y cambiar el esquema con el que trabajaban desde hace algunas décadas. Indudablemente una modificación en cualquiera de los tres sectores tiene implicaciones en todos los aspectos del país como la generación de energía, en el comercio de energía con el exterior, con el medio ambiente y con los recursos naturales del país.

La Reforma Constitucional pretende dar respuesta a los retos del país en materia energética: reconfigurar la decadente industria petrolera, desarrollar las reservas de petróleo en aguas profundas, mejorar la eficiencia del sistema eléctrico, con bajos costos de generación y mínimas pérdidas de energía, al mismo tiempo que se persiguen las metas de sostenibilidad.

Con los recientes cambios en el sector eléctrico en donde todos los participantes tienen las mismas oportunidades de participación, con un mercado de libre competencia.

### **Análisis de la economía mexicana**

Con la Reforma Energética, se pretende atraer inversiones en el sector energético, con lo cual se espera que la economía del país crezca, sin embargo el entorno económico internacional es complicado. La caída de los precios del petróleo contribuyó a que las inversiones que se tenían previstas no se efectuaran por lo que se redujeron los ingresos petroleros que para el cierre del 2016 representaron solo el 16.3% de los ingresos totales del sector público (BP, 2016).

Durante los años últimos tres años (2015-2017) la economía mexicana ha tenido que lidiar con retos importantes que hacen que no sea fácil mantener la estabilidad macroeconómica. Como son: la depreciación del tipo de cambio, la difícil relación con el gobierno de Estados Unidos, la renegociación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, entre otras. A pesar de lo anterior, la economía sigue creciendo aunque a un ritmo menor del esperado.

Es indiscutible que el crecimiento económico requiere de un sector eléctrico confiable, que permita desarrollar el potencial del país y que sea capaz de soportar los requerimientos de las actividades productivas que el país necesita. De este modo es requisito primordial comprender el comportamiento de los indicadores macroeconómicos relacionados al sector eléctrico.

Tabla 15. Indicadores macroeconómicos de México

<b>Variable Macro económica</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Población (Mil Personas)	108.4	109.8	111.3	112.9	114.3	115.7	117.1	118.4	119.7	121.0	122.3
Producto Interno Bruto (M. Mill Pesos 2008)	11,718.7	12,087.6	12,256.9	11,680.7	12,277.7	12,774.2	13,287.5	13,468.3	13,770.7	14,110.1	14,455.2
Tipo de cambio promedio (Pesos por dólar)	10.9	10.9	11.1	13.5	12.6	12.4	13.2	12.8	13.3	15.8	18.4
Precios al Consumidor (Porcentaje de variación promedio anual)	3.6	4.0	5.1	5.3	4.2	3.4	4.1	3.8	4.0	2.7	2.6

Tmca: Tasa media de crecimiento anual  
Fuente: SENER con información de INEGI.

Como se muestra en la tabla 15, la población se incrementó en 1.2% desde el año 2006 (INEGI, 2016), con lo que alcanzó 122.3 millones de personas en 2016. El peso se ha depreciado constantemente respecto al dólar estadounidense. Al finalizar el 2016, se ubicó en 18.4 pesos por dólar. Esta relación no es buena, pues tiene serias repercusiones en el comercio exterior y también en la compra de hidrocarburos de importación.

El PIB, registró una tasa media de crecimiento anual (Tmca) de 2.4% en el periodo 2006-2016. El crecimiento es impulsado por las remesas de los trabajadores, la expansión del crédito y por el consumo privado. En 2015, el PIB solo creció 2.5%, muy por debajo de las expectativas del gobierno, en 2016 creció 2.3%, con lo que se mantuvo debajo de las proyecciones. El sector eléctrico representó alrededor de 2% del PIB de México y 6.1% de la actividad en el sector industrial.

Mediante el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)<sup>5</sup>, se mide la inflación y se relaciona con los precios de la electricidad. Un incremento en los precios de la energía se refleja en los sectores de la producción, por lo que se incrementan los costos de los bienes y servicios. En el periodo entre 2006-2012 este índice fue decreciente.

La industria es el sector que más consume electricidad, representa el 55,4% de la demanda total. La proporción es alta en comparación con otros países de la OCDE, ya que México tiene un gran sector manufacturero orientado a la exportación y como esta categoría también incluye consumo de grandes edificios comerciales directamente conectados al medio y red de alta tensión, resulta lógico que la industria demande una gran cantidad de energía.

Desde 2004, la demanda de los sectores comerciales y públicos (incluye agricultura) ha aumentado, en un 32,4% en servicios y en un 58% en el sector residencial. El sector comercial aumento su participación de la demanda total, pues en 2004 se ubicó en 18%, mientras que el sector residencial

<sup>5</sup> Indicador económico que se emplea recurrentemente, cuya finalidad es la de medir a través del tiempo la variación de los precios de una canasta fija de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares.

del 22.5% El sector residencial demanda el 21% de la demanda total, lo que significa una ligera disminución respecto al año de 2004 en el que este sector demandaba 22.5%.

La demanda de electricidad alcanza su máximo pico durante el verano (junio a agosto) debido al uso del aire acondicionado, especialmente en el norte del país. Por el contrario, la demanda es más baja ocurre a finales de año. En 2015, el pico ocurrió el 14 de agosto con 39 840 MW. Esto fue 2.2% más alto que en 2014. El CENACE, el operador del sistema, proyecta la demanda de electricidad para crecer en un 3.5% por año desde 2015 hasta 2029 y llegar a 472 TWh en 2029.

### **Usuarios de energía eléctrica**

Al finalizar el 2016, prácticamente toda la población mexicana contaba con el servicio de energía eléctrica (98.5%). La CFE brindo el servicio aproximadamente 40.8 millones de clientes, los cuales han tenido una tasa de crecimiento medio anual de más de 5.8%, durante los últimos diez años.

Los usuarios de electricidad del SEN se incrementaron en promedio 2.6% por año a lo largo del periodo de 2006 a 2016, se pasó de 31.9 millones a 40.8 millones de usuarios, es decir 8.9 millones de nuevos usuarios.

### **Precios medios de energía eléctrica**

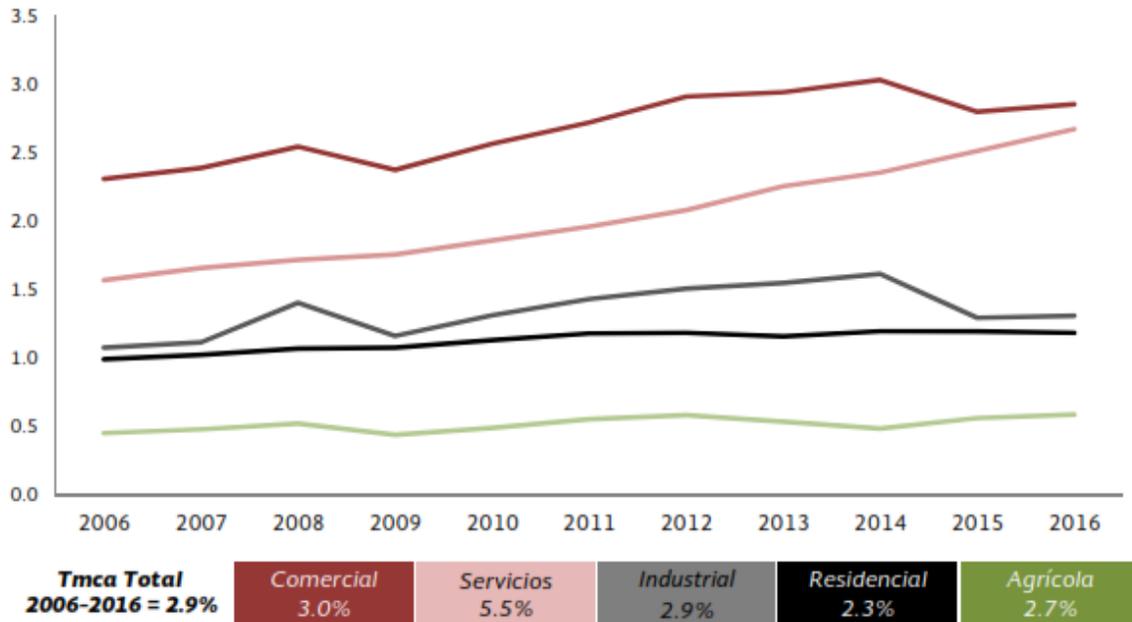
Existen diferentes tipos de tarifas en México, las tarifas específicas (servicios públicos, agrícolas, temporal y acuícola), y las tarifas generales determinadas por el nivel de tensión (baja, media y alta tensión) y por el tipo de servicio (respaldo e interrumpible).

El alza a las tarifas eléctricas se debe a múltiples causas, sin embargo una de las principales, se atribuye al precio de los combustibles fósiles. En los últimos años el precio de los combustibles derivados del petróleo, han aumentado por lo que existen variaciones en las tarifas de electricidad.

Dentro del periodo 2006-2016, los sectores comercial y servicios son los que tienen una mayor variación en sus precios con 3.0% y 5.5% respectivamente. El sector industrial también ha tenido un crecimiento de 2.9% en las tarifas durante el mismo periodo, en 2006 el precio medio del kilowatt hora fue de 1.1 pesos y para 2016 se incrementó a 1.3% pesos por kilowatt hora.

En 2016, la tarifa promedio al público se incrementó 22.2%, esto debido a las variaciones en los costos de combustibles que utilizaba la CFE en su generación. La CFE busca traspasar el costo promedio de generación a la mayoría de clientes, mientras se mantienen las tarifas subsidiadas para los clientes de bajo consumo en el sector residencial y para los usuarios agrícolas.

Figura 33. Precios medios de energía eléctrica por sector tarifario (Pesos/kilowatt-hora).



Fuente: Elaborado por SENER con información del Sistema de Información Energética.

### Capacidad instalada y consumo

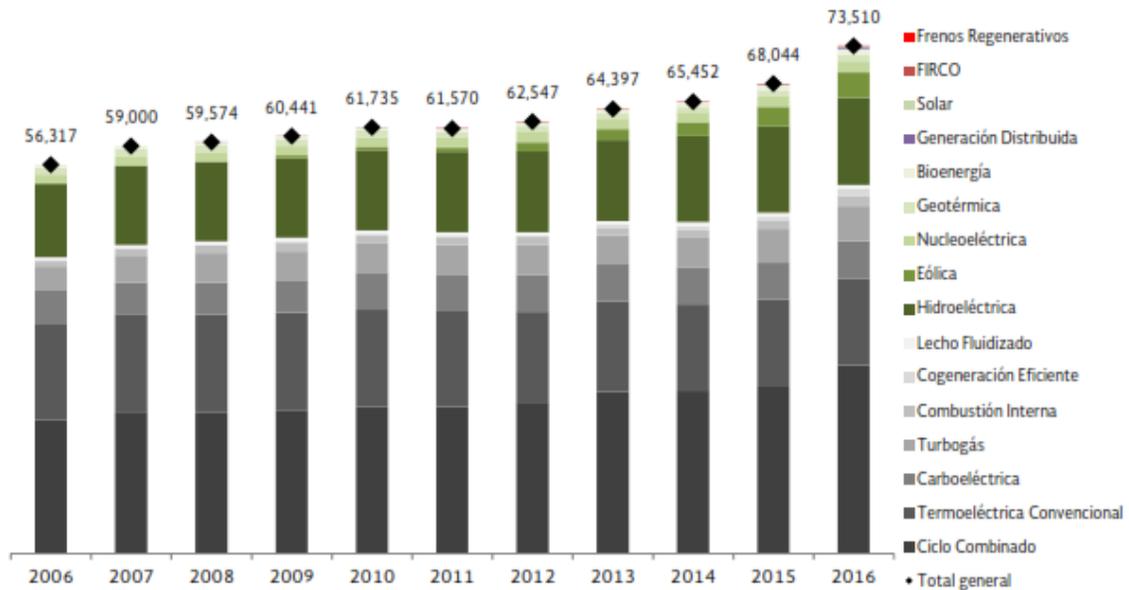
La suma de las ventas de energía, el autoabastecimiento remoto, la importación, las pérdidas de electricidad y los usos propios, da como resultado el consumo bruto de energía eléctrica. Cada año se incrementa el uso de energía en todos los sectores de la sociedad. El consumo de energía eléctrica ha crecido entre 2006 y 2016, a una tasa media de crecimiento anual de 2.6% y las ventas de energía eléctrica se aumentaron en 2.3%.

La capacidad instalada de generación eléctrica se incrementó a un ritmo de 2.9% en la última década, pasando de 56,317 MW en 2006, a 73,510 MW en 2016, resultando en un incremento de 17,194 MW. En el periodo de 2006 a 2016, el consumo de energía eléctrica en el SEN creció a una tasa de 2.6% anual, pasando de 232,658.0 GWh a 298,791.7 GWh.

Las tecnologías limpias de generación eléctrica tuvieron un crecimiento anual de 3.8% dentro del periodo 2006-2016, estas tecnologías representaron el 28.8% del total de la capacidad instalada en el país.

En relación a las tecnologías de generación convencionales, el ciclo combinado creció 4.3% anualmente, con lo que la capacidad se incrementó en 7,985 MW en la década de 2006-2016. Mientras que la capacidad instalada de tecnología Termoeléctrica Convencional se ha reducido 1,468 MW, presentando una tasa de decrecimiento anual de -1.0%.

Figura 34. Evolución de la capacidad instalada del SEN por tipo de tecnología



Fuente: Elaborado por SENER con datos de CFE, CRE y Subsecretaría de Planeación y Transición Energética.

Entre los años de 2015 y 2016 se incrementó en gran medida la capacidad instalada de generación eléctrica en el SEN, durante este periodo se incrementaron 5,486 MW de capacidad adicional, que equivalen al 8.1%. La tecnología solar fue una de las que tuvo un mayor incremento, al registrar un crecimiento del 157.4%.

La participación de en la generación de energía por parte de los inversores privados ha sido abierta progresivamente a través de los PIEs (Productores Independientes de Energía) por medio de contratos a largo plazo con CFE y permisos para autoabastecimiento para grandes consumidores industriales.

La participación de la capacidad de generación privada ha estado en aumento desde 2000 y hasta alcanzar más de un tercio de la capacidad total. La porción restante es propiedad de CFE.

En febrero de 2015, CFE, se convirtió en una empresa productiva estatal. Con este nuevo estado, CFE ganó autonomía de gestión y gobierno corporativo similar a un negocio privado. En enero de 2016, SENER emitió los términos para desagregar CFE y habilitarla para su participación en el mercado.

Tabla 16. Evolución de la capacidad de generación eléctrica por modalidad del SEN.

Modalidad	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Tmca
Total	56,310	59,008	59,431	60,440	62,261	60,990	61,971	63,593	65,464	68,044	73,510	2.9%
CFE	38,382	39,572	39,649	40,229	41,039	40,024	40,121	40,646	41,529	41,900	43,269	1.0%
PIEs	10,387	11,457	11,457	11,457	11,907	11,907	12,418	12,851	12,851	12,953	13,255	4.4%
Usos Propios Continuos	538	486	478	450	450	457	435	421	417	497	497	-1.0%
Autoabastecimiento	4,110	3,486	3,855	4,192	4,400	4,393	4,753	5,021	5,804	7,129	9,577	8.4%
Cogeneración	1,563	2,677	2,662	2,782	3,135	2,878	2,914	3,285	3,536	3,648	4,395	10.2%
Exportación	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,331	1,250	1,406	1,549	1.4%
Pequeña producción	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	0	0	39	78	65	106	n.a
Otras modalidades*	n.d.	446	862	n.a.								

\*Otras modalidades considera: Generador, Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y Generación Distribuida.  
Fuente: Elaborado por SENER con información de la Subsecretaría de Electricidad.

La capacidad de cogeneración ha crecido a una tasa de 10.2% desde el año 2006 mientras que el autoabastecimiento creció a una razón de 8.2% anualmente.

### Comercio de electricidad

Si se compara el año de 2016 con el de 2015, la balanza comercial presentó un decremento de 265.2 GWh. El nivel de exportaciones se redujo de -15.2%, con lo que se ubicaron en 1,967.6 GWh, esto se explica por la disminución de exportaciones hacia Estados Unidos y Belice. Por otro lado, las importaciones se incrementaron en los estados que colindan con Estados Unidos y con Guatemala.

Tabla 17. Comercio exterior de energía eléctrica (GWh)

Concepto	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energía eléctrica exportada	1,299.5	1,451.4	1,452.4	1,249.1	1,348.3	1,292.5	1,116.7	1,240.1	2,652.7	2,320.4	1,967.6
Estados Unidos	1,088.3	1,223.9	1,201.5	1,010.8	840.1	617.9	648.3	801.7	1,910.9	1,704.2	1,353.6
Belice	209.2	225.2	248.3	216.2	159.6	170.2	237.8	233.9	233.2	255.0	197.9
Guatemala	2.0	2.3	2.6	22.1	348.6	504.3	230.7	204.4	508.7	361.2	416.1
Energía eléctrica importada	522.7	277.4	350.6	345.6	397.1	596.0	2,176.6	1,209.8	2,124.0	1,650.0	2,232.7
Estados Unidos	522.7	277.4	350.6	345.6	397.1	593.1	2,149.3	1,180.8	2,119.0	1,629.6	2,184.4
Guatemala	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	2.9	27.3	28.9	5.0	20.4	48.4
Balanza comercial	776.8	1,173.9	1,101.8	903.5	951.3	696.5	-1,059.9	30.3	528.7	670.4	-265.2

Fuente: Sistema de Información Energética con información de CFE y CENACE.

Los Estados Unidos son el principal socio comercial de electricidad, aunque las interconexiones con Guatemala y Belice han crecido en los últimos años.

## **Certificados de Energías Limpias**

Con la Reforma Energética se introducen la figura de los Certificados de Energía Limpia por cada megawatt-hora de electricidad limpia generada. Las tecnologías de energía limpia incluyen energía renovable, energía nuclear, cogeneración eficiente y generación con combustibles fósiles con captura de carbono y almacenamiento (CCS).

Se ha introducido un mercado para los CEL para crear ingresos por separado para los generadores de bajo carbono. Los CEL continuarán siendo otorgados durante los próximos 20 años y los generadores pueden mantenerlos indefinidamente. El objetivo de México es aumentar la participación de la energía limpia en la generación de electricidad de 20% en 2015 a 35% en 2024 y 50% en 2050.

Los CEL son un soporte importante para las tecnologías de generación de energía limpia. Solo la capacidad puesta en servicio después de agosto de 2014 es elegible para fomentar nuevas inversiones. Los objetivos para 2024 deben cumplirse a través de una cuota y un sistema de certificado de energía limpia.

Proveedores minoristas (actualmente solo CFE) y grandes consumidores que no usan proveedores minoristas estarán obligados a obtener una parte determinada de su suministro de electricidad (para grandes consumidores, un participación en el consumo de electricidad) de fuentes limpias. SENER establece la cuota anual obligación que se aumenta cada año. Para 2018, la cuota es del 5% y para 2019, 5.9%.

## **Gas natural**

México ha intentado impulsar su industria de gas natural a través de diferentes esfuerzos en las pasadas dos décadas. Desde antes de la Reforma de 2013, el sector de gas natural de México había sido sometido una apertura inicial en 1995, que, por primera vez desde la nacionalización del sector, permitió las inversiones extranjeras en la transmisión y distribución de gas (AIE, 1996).

En los últimos años, el cambio a gas se ha acelerado, impulsado por el bajo precio del gas natural en los Estados Unidos y el cambio de combustibles fósiles a gas en la generación de energía. En varias ocasiones, el sistema de tuberías ha alcanzado la saturación, lo que destaca la necesidad de expansión de la infraestructura.

Con el nuevo acuerdo en la industria del gas natural, México espera lograr los siguientes objetivos: aumentar la seguridad energética mediante el avance de la cobertura y la disponibilidad, reducir costos, fomentar el crecimiento económico mediante el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura a nivel nacional, satisfacer la creciente demanda de gas natural y evitar posibles crisis de suministro de energía en el futuro.

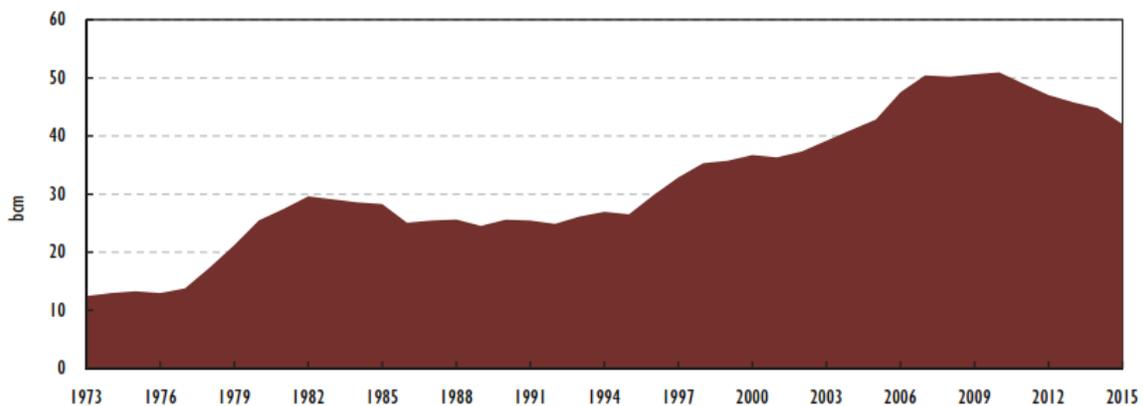
A principios de 2015, las reservas probadas, las reservas probables y las posibles reservas (3P) de gas natural se estimaban en 54 889.6 billones de pies cúbicos (bpc). Sin embargo, las reservas están en declive: el gas natural probado, las reservas disminuyeron en 4775 bpc entre 2014 y 2015, debido a las actividades de producción y como resultado de las pruebas de inyección de agua para la recuperación secundaria implementadas en los campos en el golfo de México. Además, la producción de gas ha disminuido en los últimos años, cayendo en un 11% desde 2010.

La Reforma Energética introduce la perspectiva de que los operadores privados inviertan en aguas profundas para incrementar la producción, aunque el incentivo para hacerlo se ve disminuido por el gran aumento en la capacidad de gasoductos desde los Estados Unidos, con la cual se incrementa la posibilidad de gas abundante y relativamente barato. Si el suministro de los Estados Unidos disminuye, o aumentan los precios, la producción no convencional aumentará. Sin embargo, el desarrollo será lento.

Debido al bajo precio del petróleo, México suspendió los planes para su primera subasta de campos de gas no convencionales en la ronda uno de negociaciones en 2015.

El suministro total de gas natural fue de 65,8 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) en 2015, que es alrededor de 80 mil millones de metros cúbicos (bcm). El gas natural representa alrededor del 35% del suministro primario total de energía (TPES), la segunda fuente de energía más grande después del petróleo. De ser autosuficiente en materia de gas natural en las décadas de 1970 y 1980, México se ha convertido en dependiente de las importaciones desde Estados Unidos. Debido a su creciente demanda de gas la producción nacional creció en 90% desde 1994 a un pico de 51 bcm en 2010, pero desde entonces la producción ha disminuido a 42 mil millones metros cúbicos (bcm) en 2015.

Figura 35. Producción de Gas Natural, 1973-2015.



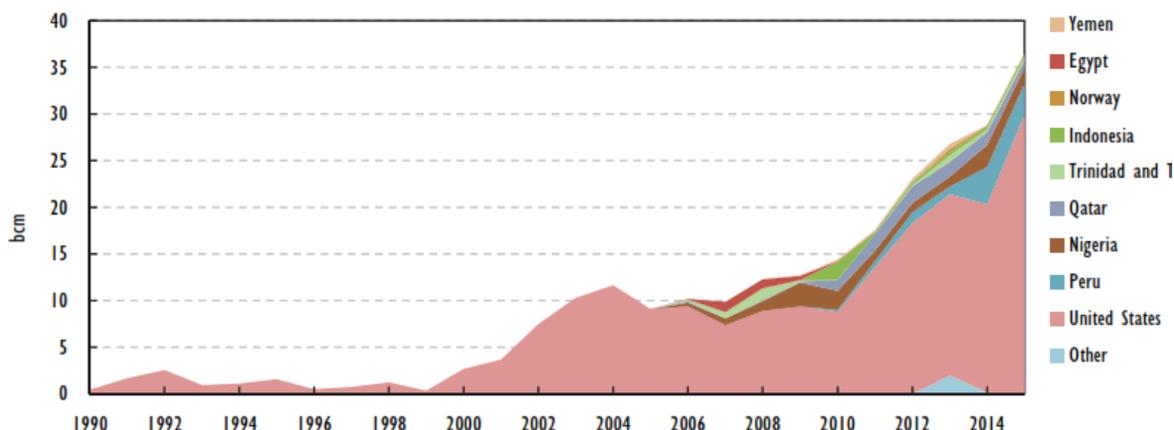
Fuente: EIA, Gas Natural Information 2016. [www.iea.org/statistics/](http://www.iea.org/statistics/).

#### Importaciones y exportaciones de gas natural

El crecimiento reciente de la demanda se ha cubierto con un fuerte aumento de las importaciones, que creció en 139.4% de 15.3 bcm en 2010 a 36.7 bcm en 2015. La mayoría de las importaciones vienen de los Estados Unidos, el único país que exporta gas a México hasta 2005. En la última década, México ha diversificado sus importaciones, que ahora incluyen gas de ocho más países. En 2015, la participación de los Estados Unidos en las importaciones disminuyó al 82%, aunque los volúmenes de los Estados Unidos han seguido aumentando.

Las importaciones en 2015 también provinieron desde Perú (9%), Nigeria (4,7%), Qatar (2%) y otros. Mientras que las exportaciones de gas natural han disminuido rápidamente de un máximo de 1.4 bcm en 2007 a un mínimo de 0.13 bcm de gas en 2015, y solo se exporta hacia los Estados Unidos.

Figura 36. Importaciones de gas natural por país, 1990-2015.



Fuente: EIA, *Natural Gas Information 2016. Energy Policies Beyond IEA Countries: Mexico 2017*

El gas natural es usado principalmente en tres sectores – generación de energía, que correspondió al 53.9% del consumo durante el año de 2014, los otros sectores incluyen el uso del gas natural en el proceso de extracción de petróleo y gas (22.8%), y el sector industrial (21.4%). El sector residencial y el comercial participan con solo el 1.4% y 0.4% respectivamente de la demanda de este combustible.

La demanda total de gas natural alcanzó un máximo de 76,2 bcm durante 2012. Desde finales de la década de 1980 hasta 2012, la demanda de gas natural aumentó en promedio en más de 4% por año, presentó una disminución de 4.4% en 2013 y una recuperación parcial del 2,1% en 2014. El crecimiento de la demanda ha sido en gran medida impulsado por un rápido aumento en el uso de gas en la generación de energía. El gas natural ha sido el combustible dominante en la generación eléctrica de México desde 2003, con el volumen de consumo aumentando en un 73,2% durante los 11 años anteriores a 2014.

### Indicadores ambientales

Las energías renovables representaron 15,5 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) o el 8,3% del suministro total de energía primaria (TPES) de México en 2015.

Los biocombustibles y la energía geotérmica fue la principal fuente de energía renovable con 8.7 Mtoe o 4.6% de TPES y 3.2 Mtep o 1.7% de TPES, respectivamente, en 2015. La energía hidroeléctrica representó el 1.4% de TPES, la energía eólica 0.4% y la energía solar 0.2% en el mismo año.

El suministro de energía renovable aumentó en un 4,9% en los diez años entre 2005 y 2015, tasa que es relativamente moderada en comparación con otros países. Esto se debe principalmente a disminuciones en la producción de energía geotérmica y energía a partir de biocombustibles y desechos. El suministro de energía geotérmica fue un 49,3% menor durante los diez años hasta 2015, alcanzando un pico de 6.4 Mtep en 2007, con una fuerte disminución en los años siguientes a 3.2 Mtep en 2015.

El suministro de biocombustibles y energía residual disminuyó en un 2,6% de 2005 a 2015, aunque con pequeñas variaciones de un año a otro. La producción promedio fue de 8.5 Mtep durante la década, que es solo ligeramente inferior al promedio de 8.8 Mtep durante la década anterior desde 1995-2005.

La generación de energía hidroeléctrica varía año tras año según la disponibilidad de agua. A pesar de la tendencia volátil, los datos muestran que la producción hidroeléctrica de México ha estado creciendo lentamente, creció 11% más en 2015 a comparación de 2005.

La producción de energía eólica y solar ha experimentado un gran crecimiento en los últimos diez años. La generación eólica ha aumentado desde 2009, pasando de un nivel insignificante a 7.9 terawatthora (TWh), en 2015.

Por el contrario, la producción de energía solar aumentó en el principios de la década de 2000, con un crecimiento anual promedio de 13.3% durante 2005-15, aunque su base era baja, por lo que aunque ha crecido mucho aun es insignificante su participación en la generación total.

La electricidad generada a partir de fuentes renovables aumentó en un 22,7% durante los diez años hasta 2015, en gran parte gracias a un aumento en la energía hidroeléctrica (la mayor fuente de energía renovable en electricidad) y un aumento en la energía eólica y solar.

La disminución de la producción de energía geotérmica y de los biocombustibles tiene un efecto menor en los patrones de generación de electricidad, ya que ambos representan una porción relativamente pequeña de la generación total de electricidad; mientras que la generación geotérmica es solo utilizada en la generación de electricidad, los biocombustibles y los residuos se consumen principalmente con fines de calefacción en el sector residencial en algunas regiones rurales.

Tabla 18. Capacidad de generación eléctrica mediante energías renovables 1990-2014 (MW)

Tecnología	1990	2000	2005	2010	2012	2013	2014
Hidroeléctrica	7838	9653	10598	11597	11626	11633	12464
Viento	3	17	18	519	1815	2122	2569
Geotérmica	700	855	960	965	824	823	813
Biocombustibles solidos	0	321	473	384	406	478	569
Solar fotovoltaica	4	14	16	29	53	67	99
Biogás	0	8	10	21	39	38	55
Desechos industriales	0	0	0	16	83	54	42
<b>Capacidad total</b>	<b>8546</b>	<b>10868</b>	<b>12075</b>	<b>13531</b>	<b>14846</b>	<b>15215</b>	<b>16611</b>

Fuente: IEA (2016b), *Renewables Information 2016*

México tiene abundantes recursos de energía renovable, que - con la excepción de hidroelectricidad - apenas ha comenzado a explotar. La capacidad de energía hidroeléctrica, ahora es de 12 gigawatts (GW), y ha sido participante principal en la generación de energía de México, pero las condiciones áridas en gran parte del país dejan relativamente poco margen para expandir la capacidad más.

A pesar de las condiciones hidrológicas, CFE ha identificado alrededor de 100 cuencas hidrográficas consideradas aptas para el desarrollo de energía hidroeléctrica, y está llevando a cabo estudios de factibilidad en varios sitios. Por el contrario, la participación de fuentes como la energía solar fotovoltaica (FV), eólica y geotérmica han sido pequeñas hasta el momento, pero el potencial de crecimiento es enorme y se espera que con el nuevo marco legal se incrementen. Los recursos solares de México están entre los mejores del mundo, los niveles de irradiación son excelentes ya que varían entre 4.4 kilowatts-hora por metro cuadrado y 6.3 kWh/m y todo el país se encuentra entre 15 °C y 35 °C, comúnmente considerada la banda más favorable para el aprovechamiento de los recursos.

Los recursos solares totales de México se estiman en 5 000 GW, según la Secretaría de Energía (SENER,2016), que equivale a 75 veces el total de la capacidad instalada de generación de energía actual.

El potencial total de energía eólica de México se estima en alrededor de 30 GW, principalmente distribuidos en los estados de Oaxaca (que actualmente posee alrededor del 80% de la capacidad total instalada) y Baja California. Los factores de capacidad para la generación de energía eólica actualmente son 20% más alto que el promedio mundial, y se estima que aumentarán en una quinta parte hasta 2040, lo que refleja la amplia disponibilidad de sitios adecuados para turbinas en todo el país (AIE, 2016).

La geotermia es una fuente de energía bien establecida en México. Con alrededor de 1 GW de capacidad operativa, México es el quinto mayor productor de energía geotérmica en el mundo (después de Estados Unidos, Filipinas, Indonesia y Nueva Zelanda). Según el gobierno, México tiene alrededor de 13,4 GW de recursos geotérmicos (aunque solo el 3% de esto se considera probado).

Los altos requerimientos de gastos de infraestructura han impedido el desarrollo de la capacidad geotérmica, pero esto podría cambiar en el futuro.

En 2014, se aprobó la Ley de Energía Geotérmica, que proporciona un marco legal para un mayor desarrollo de la energía geotérmica y permitir la participación del sector privado. En julio de 2015, la SENER proporcionó concesiones para desarrollar 13 centrales geotérmicas para CFE, que podría aumentar la capacidad geotérmica instalada en 450 MW.

México solo cuenta con una planta de energía nuclear, Laguna Verde, ubicada en el Golfo de México. La central tiene dos reactores de agua en ebullición, cada uno con una capacidad de 810 megawatts (MW). La primera unidad ha estado operando desde 1990 y la segunda desde 1995. Ambos operan bajo una licencia de 30 años que puede extenderse por 20 o 30 años. Inicialmente, ambos reactores tenían una capacidad de 704 MW, pero fue autorizada una repotenciación para la unidad 2 en diciembre de 2014 y para la unidad 1 en marzo de 2016.

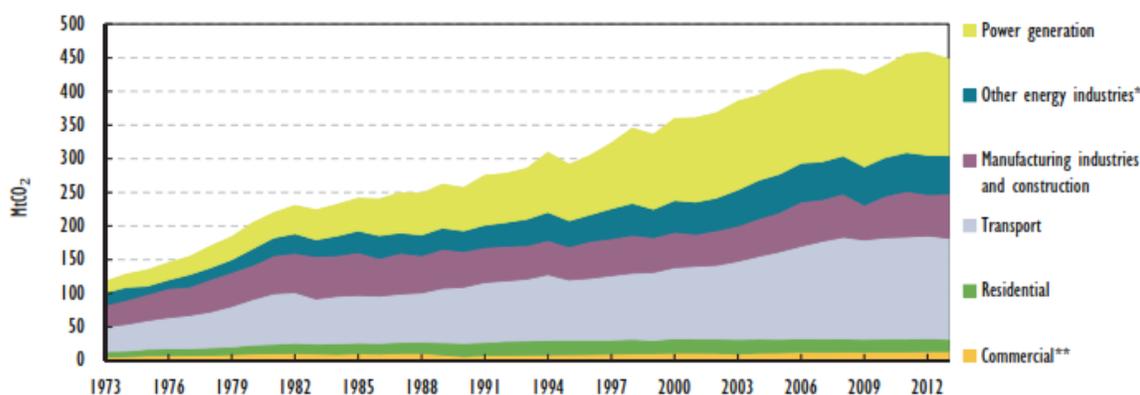
### **Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

Desde 1990 a 2012, las emisiones de dióxido de carbono se incrementaron en 33%, mientras que las de metano crecieron 32% y las de óxido de nitrógeno 5%.

En el año 2013, las emisiones de dióxido de carbono (aproximadamente 85%) provinieron de los combustibles fósiles usados en el sector energético. La mayor fuente emisora de metano fue la agricultura y ganadería con el 43%.

En el año de 2014 las emisiones de dióxido de carbono de la combustión se estimaron en 431 millones de toneladas, lo que significó un aumento del 67.8% a comparación de los niveles registrados en 1990, y fueron 9.4% más altos que los del año 2004. Las emisiones se han incrementado por décadas, fue durante el año de 2012 que se alcanzó el pico máximo y comenzaron a declinar desde entonces.

Figura 37. Emisiones de dióxido de carbono por sector.



\* Other energy industries includes other transformations and energy own-use.

\*\* Commercial includes commercial and public services, agriculture/forestry and fishing.

Fuente: Emissions from Fuel Combustion 2016, [www.iea.org/statistics/](http://www.iea.org/statistics/)

En cuanto a la generación de electricidad, esta es la fuente de emisiones de más rápido crecimiento desde 1990, aunque las emisiones de carbono por kilowatts-hora (kWh) generadas han disminuido desde finales de la década de 1990, ya que el gas natural ha reemplazado al petróleo como combustible. En 2014, la intensidad de carbono debido a la generación eléctrica de México se situó en 457 gramos de CO<sub>2</sub>/kWh, y es aproximadamente igual a la de Estados Unidos y 13% más que el promedio de la IEA. Se espera que el uso de fuentes de energía limpia para la generación de energía ayude a reducir aún más las emisiones.

### Indicadores de eficiencia

El gobierno mexicano ha estado comprometido con la eficiencia energética y ha realizado importantes esfuerzos para invertir en lograr mayor aprovechamiento de los recursos energéticos. En el contexto del aumento del consumo de energía per cápita, la eficiencia energética tiene un papel muy importante. Reconociendo que el potencial de mercado en México es considerable, la inversión en eficiencia energética ha estado creciendo progresivamente, estimulado principalmente por políticas gubernamentales tales como los estándares de eficiencia energética. Además, el gobierno ha desarrollado una serie de grandes programas de eficiencia energética centrándose en edificios, iluminación y electrodomésticos (por ejemplo, alumbrado público y programas especialmente dirigidos a hogares de bajos ingresos (AIE, 2015).

Intensidad energética

La intensidad energética es la relación entre el consumo energético y el producto interno bruto de un país, la intensidad energética de México disminuyó un 17.5% de 2005 a 2015, presentando una tasa de disminución ligeramente más alta que la intensidad promedio de la AIE que disminuyó en un 16,3% durante el mismo período.

Otro indicador común para las comparaciones internacionales es el consumo de energía por cápita. La tasa de México es de 1.5 toneladas equivalentes de petróleo per cápita por año y es la más baja en comparación con la media de los países miembros de la AIE, aproximadamente similar a la tasa de Turquía.

### **Impactos generales de la Reforma Energética**

Internacionalmente, la Reforma Energética fue bien calificada pues mostraba una visión de liderazgo en cuestiones ambientales, además de que presentaba un enfoque moderno, necesario en materia de crecimiento económico. El Dr. Fatih Birol, presidente ejecutivo de la Agencia Internacional de Energía, califica a esta Reforma como “Cambios en el sector de ambición realmente impresionante cuyos efectos se sentirán en México y más allá.”

En medio de una baja producción de barriles de petróleo, el otrora país petrolero que figuraba hasta hace algunos años dentro del top 5 de productores de crudo, enfrentaba una situación delicada, PEMEX desde inicios de la pasada década se ha visto envuelto en corrupción, despilfarro y malas decisiones administrativas. PEMEX, es una empresa ineficiente, con una estructura burocrática extensa que tiene en nómina más empleados por división que cualquier otra empresa petrolera. La Comisión Federal de Electricidad, enfrenta una situación similar.

Las fuertes caídas en la producción durante la última década y la dependencia del gobierno a los ingresos debidos a las ventas de petróleo, urgía a abrir el sector energético en busca de un rescate a la industria. La producción petrolera de México se ha desplomado más de 1 millón de barriles por día desde 2004, en gran medida por la disminución del gran yacimiento de Cantarell y con la creciente competencia de petroleras que ya se encuentran explotando campos en el Golfo de México en la región de Estados Unidos las cuales exportan hacia Asia con precios más competitivos, el plan del gobierno Mexicano busca crecer de nuevo la producción, sin embargo ésta se ha mantenido a la baja a cuatro años de la Reforma, y solo queda esperar los desarrollos en aguas profundas y pozos no convencionales como la solución al problema de la baja producción.

Economistas y empresas petroleras coinciden en el argumento que fue un acierto el dejar atrás la ideología nacionalista y buscar soluciones con un enfoque basado en análisis económico objetivo. La participación de capital privado, supuso un hito en la historia del país, por primera vez en más de setenta años, inversores privados podían acceder a una explotación petrolífera. Para llegar a este punto, el gobierno recorrió un largo recorrido que no estuvo exento de opiniones por parte de algunos sectores de izquierda que llamaron a la Reforma como una “Traición a la patria”.

El sector energético mexicano y en especial las empresas paraestatales están en decadencia, la Reforma energética, era necesaria, pero diversas variables macroeconómicas apuntan a que se implementó tarde, si bien desde hace tres administraciones se intentó reformar el sector, en temas de petróleo, siempre habrá voces en contra de la participación de capital extranjero.

Para cuestiones del paquete presupuestario la Secretaría de Hacienda y el Poder Legislativo deben tratar de estimar cuál será el precio promedio del barril de petróleo de la mezcla mexicana, en el periodo de 2000 a 2014 el precio del petróleo se mantuvo alto, con lo que existieron excedentes económicos. Los sexenios de los presidentes Fox y Calderón fueron periodos de altos ingresos petroleros que se dilapidaron en gasto corriente y no fueron usados para modernizar la infraestructura de PEMEX ni de CFE.

De acuerdo con las cifras que presenta el Banco de Información Económica (BIE, 2016) de INEGI, los ingresos nominales totales del Gobierno Federal en el sexenio de Vicente Fox (acumulado de 2001 a 2006) sumaron 7.302 billones de pesos, de los cuales, el 71% fueron ingresos no petroleros y el 29% restante fueron petroleros. Posteriormente, en el sexenio de Felipe Calderón (acumulado de 2007 a 2012), el Gobierno Federal registró ingresos por 12.614 billones de pesos, de los cuales el 65.5% fueron ingresos no petroleros y el restante 35.5% fueron petroleros. Ahora, en el actual sexenio de Enrique Peña Nieto (acumulado de 2013 a septiembre de 2015), el Gobierno Federal ha obtenido ingresos nominales por 7.911 billones de pesos, de los cuales el 75% han sido ingresos no petroleros y el 25% restante han sido petroleros (BIE, 2016).

Es claro que durante los pasados sexenios se tuvo a disposición grandes recursos económicos producto de la venta de petróleo, sin embargo, la deuda del país creció a una tasa acelerada, lo que se traduce en riesgos financieros que son heredados a las futuras generaciones de mexicanos. Durante las pasadas administraciones federales, creció el número de empleados gubernamentales, por lo que el aumento de los ingresos petroleros, estuvieron lejos de usarse como palanca del desarrollo económico del país.

Aun en los primeros dos años del sexenio de Peña Nieto se tuvieron excedentes en las ventas de petróleo, y en el tiempo en el que se estaban aprobando las leyes reglamentarias de la Reforma energética, el precio del barril de mezcla mexicana de petróleo rondaba los US\$100, para octubre de 2014, el precio cerraba en 77, cuatro años después el precio se aproxima a los 66. Se habla de una gran caída, esto es una pésima noticia para las finanzas del país: un tercio de todos los ingresos del Estado provienen del petróleo. Pero significa malas noticias para la Reforma energética, con la baja en el precio disminuyó el interés de los empresarios por rentar al negocio de la exploración y explotación de petróleo y gas natural en México. La caída en los precios del barril de crudo mexicano presentó el primero obstáculo para la Reforma. En la primera ronda de negociaciones en el año de 2015 se esperaban 18,000 millones de dólares de inversiones que solo se quedaron en apenas 2,600 millones. Las causas de la paupérrima inversión se explican por varios factores, aunque todas tienen un elemento en común: la crisis global de petróleo. La fuerte caída en los precios resultó en planes de austeridad y reducción de costos por parte de las grandes compañías.

Bajo estas condiciones la Reforma energética fue criticada y con justa razón, pues debía ser la reforma que impulsara el crecimiento del país, y los críticos coinciden que no solo se genera menos petróleo sino que cada día vale menos, además por si fuera poco la depreciación del peso solo agrega más problemas, PEMEX es una empresa que está altamente dolarizada por lo que un gran cantidad de las pérdidas se deben a esta causa, sumando a la gran cantidad de empleados y jubilados, la empresa suma altos niveles de pasivos.

La política de los gobiernos mexicanos fue administrar a Pemex y a la CFE para producir la mayor cantidad de ingresos públicos, restringiendo sus inversiones productivas. La consecuencia natural

fue el abandono y consecuente deterioro de la infraestructura a grado tal que, por ejemplo, tenemos gas en el subsuelo pero México debe importarlo; tenemos petróleo, pero importamos gasolina de Estados Unidos.

Durante mucho tiempo esta estrategia fue suficiente para mantener a flote ambas empresas puesto que resultaba rentable destinar recursos para extraer y exportar un barril de crudo hasta en 80 dólares y, con ese dinero, importar gasolinas, petroquímicos y gas.

El problema empezó cuando la extracción de Cantarell entró en una fase de declive y la producción petrolera cayó en casi un millón de barriles diarios. La infraestructura petrolera y eléctrica se encuentra hoy en franco deterioro, obsolescencia y abandono.

En materia energética, el gobierno y los actores políticos han tomado posturas incongruentes, y estas varían dependiendo de sus intereses coyunturales. Durante los gobiernos Panistas, el PRI se opuso tajantemente a una Reforma Energética que permitiera la entrada de capital privado, para después ser ellos quienes aprobaron una Reforma cuando llegaron al poder, ahora al no existir continuidad en el gobierno por parte del partido que impulso la Reforma, esta pende de un hilo pues se tiene la incertidumbre de si se va a continuar por el camino tomado o se darán marcha atrás.

Evidentemente la situación del sector energético mexicano requería de tomar acciones para garantizar la seguridad energética, se ocupaba de garantizar altos niveles de producción de crudo para garantizar los recursos que permitieran importar gasolinas y combustible para operar las plantas y centrales generadoras, la inversión es muy alta y el riesgo económico no puede ser cargado a las finanzas públicas a menos que existiera una reforma fiscal con mayor carga a los contribuyentes.

Con la Reforma Energética se pretende disminuir el riesgo de inversión y a través de diversas figuras legales como los contratos de utilidad compartida se pueda aprovechar los recursos en aguas profundas que están inalcanzables a PEMEX por su tecnología obsoleta, aunque es práctica común que grandes empresas, aun paraestatales, se apoyen de grandes empresas de capital privado en las llamadas alianzas estratégicas para aprender del proceso y más adelante ser ellas quienes exploten los recursos, sin embargo para que esto sucede se requiere de una inversión colosal en PEMEX, por lo que los campos en su mayoría serán explotados por las empresas transnacionales y solo reportaran un margen de regalías y del pago de impuestos al gobierno mexicano.

Expertos calculan que en caso de existir beneficios económicos por la explotación de los pozos en aguas profundas estas serán visibles en los siete años siguientes a la puesta en marcha de la reforma. Con la urgencia de rescatar el sector energético y las acciones para tratar de convencer al pueblo mexicano de que no significa perder los recursos el presidente publicó por todos los medios de comunicación los pros de los cambios a la Constitución.

Mediante una gran campaña publicitaria se prometió que las tarifas de la luz bajarían gracias a la participación de más empresas en la generación de energía eléctrica y a que se utilizarán tecnologías y combustibles más limpios y económicos como el gas natural y las energías renovables. A pesar de que en efecto, se sustituyó el combustóleo como principal combustible en plantas generadoras por el gas natural, este es importado desde Estados Unidos, lo que pone en riesgo la autarquía energética al depender en demasía de las exportaciones de un solo país.

En acciones ligadas al aumento de la disponibilidad de gas natural se creía que los costos de algunos servicios y alimentos irían a la baja. La explicación dada es que el gas se usa también para producir fertilizantes, muchos de los cuáles actualmente se importan a precios elevados. Sin embargo en materia de gas natural el país experimenta contradicciones, por un lado se estimula el uso del gas natural, pero no se impulsa la producción de ese combustible en la misma proporción, pese a que el país tiene reservas en el subsuelo marino y terrestre.

Con los contratos y rondas de licitación asignadas se tiene la esperanza que la producción nacional aumente, pero expertos advierten que tardara varios años en capitalizarse. La situación por tanto es delicada, porque mientras el Estado y la iniciativa privada impulsan planes y programas para aumentar su utilización en la generación de electricidad, en procesos industriales, comerciales y en las propias viviendas, la oferta nacional no cubre ni siquiera las principales ciudades del país.

Por lo tanto el sector eléctrico debe plantarse si debe seguir impulsando el uso del gas natural y aumentar la dependencia del energético traído del exterior, en especial con la tensa relación entre el gobierno de Estados Unidos.

En prospectivas de la SENER; el gas natural es considerado un combustible de transición, es decir, como uno de los energéticos menos contaminantes y más económicos que se puede usar mientras se consolida y desarrollan proyectos de generación de electricidad con energías renovables. Se tiene contemplado que para mediados de la década de 2020, agregó, la producción nacional de gas natural en México comience a desplazar las exportaciones de Estados Unidos y para el año de 2030 las importaciones no deben significar gran parte en las demandas de gas natural. Es indudablemente, un gran reto, por lo que el estado debe generar las condiciones necesarias en materia de Estado de Derecho, reducción de burocracia para agilizar permisos, uso de suelo, derecho de vía, entre otros para impulsar proyectos de gas natural seco y asociado que deriven en autosuficiencia en ese recurso energético.

Por su parte la Comisión Federal de Electricidad en la ronda cero licitará los recursos geotérmicos por lo que la reforma establece que sólo se le dará preferencia para elegir zonas con potencial de generación pero debido a la situación que se vive en la comisión será necesario asociarse con otras empresas desaprovechando el beneficio de la preferencia en la elección.

En medio de la promoción de la Reforma Energética se prometió que los precios de la gasolina la luz eléctrica y el gas que se utiliza en los hogares bajarían. Sin embargo a inicios del año 2017 sucedió exactamente lo contrario, el llamado gasolinazo fue un aumento de entre el 14 y el 20% en el precio de la gasolina, el cual fue el mayor en 20 años lo que motivó reacciones populares, saqueos, bloqueos carreteros y enfrentamientos entre la población y las autoridades.

La energía eléctrica no fue la excepción después de promocionar la reforma con la disminución de las tarifas eléctricas se declararon aumentos en las tarifas comerciales, industriales y domésticas. Siempre se dijo que la baja en la facturación eléctrica era consecuencia directa de la Reforma Energética y que ésta debía la disminución a el bajo costo en los precios de los combustibles que se usaban para generar electricidad; por ejemplo la disminución en el precio del gas natural incidía directamente en el recibo de luz sin embargo, este beneficio se prefirió trasladar directamente a la población en lugar de reducir el subsidio otorgado por el gobierno por lo que complicó las finanzas la Comisión Federal de Electricidad.

El sector industrial y de comercios paga sobre costo en el servicio eléctrico debido a que se mantiene el subsidio al sector Residencial. Al crearse el mercado mayorista de Electricidad las empresas podrán buscar al generador más barato y negociar directamente con ellos el precio del servicio, al ser libres podrán ser más baratos que los que ofrece la Comisión Federal de Electricidad por lo que CFE solo buscare brindar el servicio básico solo a los consumidores residenciales y así mantener precios competitivos.

### Capítulo III.3 Prospectivas del sector eléctrico

El sector energético del país está ligado al bienestar económico de la sociedad, por ejemplo, un aumento en las tarifas de los combustibles o de la energía eléctrica tiene un impacto directo en la sociedad, tiene implicaciones en el aumento de precios de bienes de consumo y de la canasta básica. Existen variables que no se pueden controlar dentro del sector energético, como lo es el tipo de cambio peso-dólar y el precio de barril de crudo, que siguen dictando los precios de la energía a nivel mundial.

Con los cambios en la industria eléctrica, y en especial con la eliminación de restricciones en la importación de combustibles para la generación de electricidad, el sector eléctrico experimentará una transformación veloz, aunque los productores particulares de electricidad siempre han existido, la nueva legislación permite que los inversores particulares puedan comercializar energía eléctrica.

Con el nuevo marco legal CFE y PEMEX se convierten en empresas productivas del estado, con independencia en la toma de decisiones en materia de inversión y de planeación. Anteriormente la Secretaría de Hacienda, tomaba las decisiones de inversión, algunas veces no compartían las mismas metas que las empresas paraestatales. Estas acciones permiten que se incrementen las inversiones, tras la conclusión de tres subastas eléctricas de largo plazo, se esperan inversiones de al menos 9 mil millones de dólares y a la vez se incrementarán 7,451 mega watts de nueva capacidad de generación limpia (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico, 2017).

Para lograr un crecimiento sostenido de la economía mexicana a lo largo de la última década, es necesario que el sector energético sea confiable. El sector eléctrico mexicano creció a un ritmo anual de 2.95 durante los últimos diez años, pasando de 56,317 MW en 2006 a 73,317 MW en 2016, resultado de un crecimiento de 17,194 MW.

Al finalizar el año 2016 la generación de energía eléctrica se ubicó en 319,363.5 GWh, y el 20.3% de la matriz de generación fue mediante energías limpias, entre las que destaca la generación hidroeléctrica, sin embargo, la participación de las tecnologías convencionales aun es importante pues representa el 50.2% de la generación eléctrica, que significó el 160,378 GWh.

Con la creciente demanda de energía mundial y la expansión de tecnologías de generación como la solar y eólica, el sistema eléctrico mexicano debe enfrentar el reto de modernizar sus centrales y de depender al mínimo de combustibles fósiles que son más contaminantes.

Al momento de hacer la planeación del sector, es necesario contemplar diversas variables macroeconómicas, que no dependen directamente del país, como el tipo de cambio entre el peso y el dólar, además al eliminar restricciones en los precios de los combustibles, estos se ajustan al precio del mercado internacional, lo que significa que pueden variar significativamente en poco tiempo.

La industria eléctrica mexicana además de promover el desarrollo sustentable debe garantizar una operación continua, eficiente y asequible. Un sector eléctrico sano, atrae e incentiva la participación de inversores privados, y de las empresas productivas del estado.

## Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos en el sector eléctrico

Para el año de 2031, se espera que la demanda total de combustibles para la generación de electricidad aumente 12.4% mayor respecto del año 2017. El uso de gas natural como combustible para la generación de electricidad aumento debido a que este tipo de combustible es menos contaminante que los combustibles convencionales como el combustóleo, carbón y diésel. La demanda de gas natural representó el 67.9% de total en 2017 y aumentara a 82% para el año de 2031. (SENER, Prospektiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos , 2017)

El consumo de diésel y de coque de petróleo para la generación eléctrica solo será en actividades industriales específicas como en la industria del cemento y de la minería, por su parte el uso de combustóleo disminuirá gradualmente hasta que deje de emplearse como combustible para la generación de electricidad, en 2017 la demanda de combustóleo se atribuye a su disminución en el precio y a la puesta en marcha de centrales de generación duales, que operan con gas natural y combustóleo.

Tabla 19. Demanda de combustibles fósiles en el sector eléctrico, 2017-2031

(Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente)

Combustible	Datos Anuales															TMCA 2017- 2031
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
<b>Total</b>	<b>1,111.4</b>	<b>1,111.2</b>	<b>1,113.4</b>	<b>1,129.6</b>	<b>1,144.3</b>	<b>1,132.3</b>	<b>1,121.5</b>	<b>1,137.2</b>	<b>1,163.1</b>	<b>1,206.0</b>	<b>1,220.4</b>	<b>1,257.2</b>	<b>1,249.1</b>	<b>1,243.0</b>	<b>1,250.0</b>	<b>0.8</b>
Combustóleo	140.3	109.6	67.9	54.7	45.9	32.4	27.9	21.7	20.9	24.5	24.4	25.5	28.6	28.6	30.8	-10.3
Carbón	176.5	176.5	180.6	181.3	199.5	199.5	199.5	199.4	199.5	199.5	199.5	191.2	174.3	165.7	165.7	-0.5
Coque de petróleo	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	0.0
Diésel	19.1	14.5	12.4	14.5	13.0	10.2	12.0	10.1	10.6	10.2	10.4	9.6	8.0	7.4	7.1	-6.8
Gas natural	755.1	790.2	832.1	858.8	865.5	869.8	861.8	885.8	911.8	951.5	965.8	1,010.6	1,017.9	1,020.9	1,026.1	2.2

Fuente: Elaborado por el IMP, con base en CFE, PEMEX, SENER y empresas privadas.

## Prospectiva de gas natural en el sector eléctrico

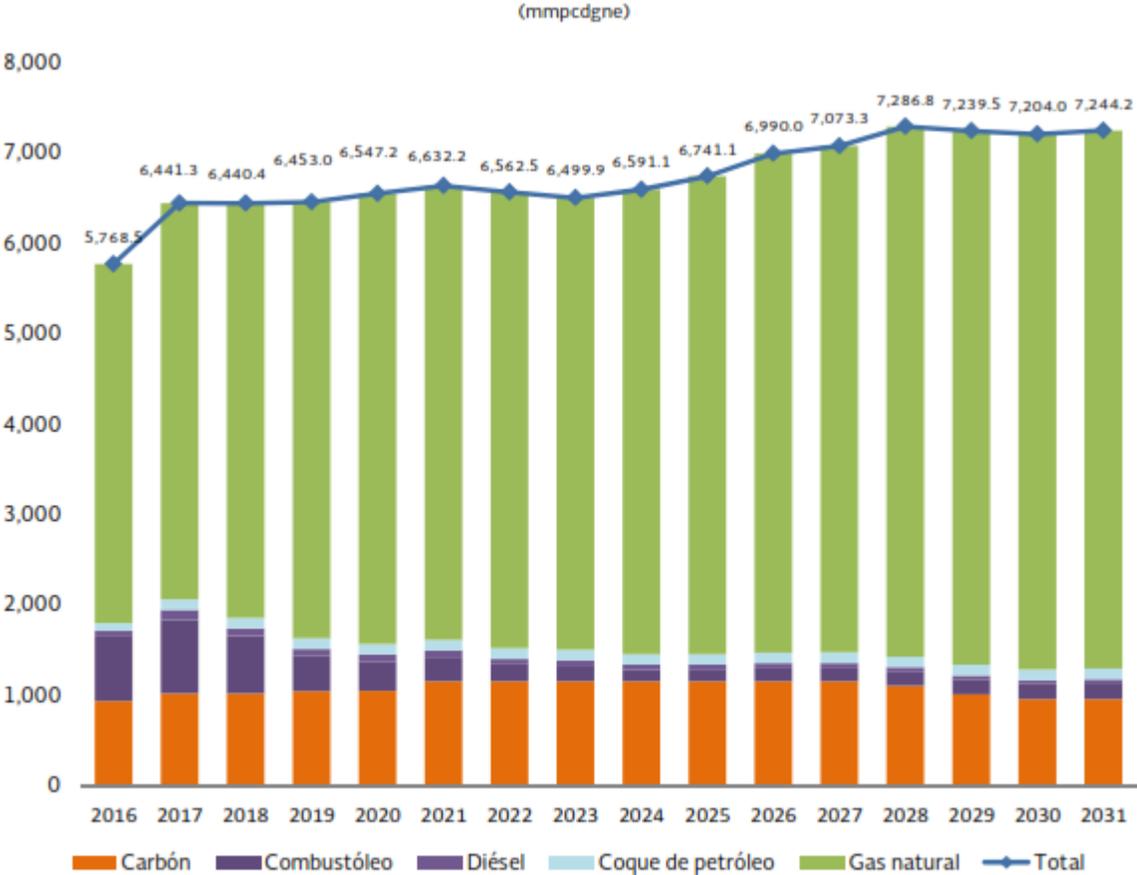
El gas natural ha tomado un papel preponderante como combustible en la generación de electricidad en México puesto que su combustión produce menos gases de efecto invernadero en comparación de otros combustibles fósiles, además no produce dióxido de azufre el cual causa lluvia ácida. Las razones ambientales y que este combustible ha disminuido su costo, hasta el punto que es rentable importar desde Estados Unidos, mediante infraestructura de gasoductos.

México ha disminuido la producción de este combustible, sin embargo, ha aumentado su demanda de gas natural, por lo que el país ha recurrido a la importación para satisfacer sus necesidades. El gas natural es muy importante en el sector eléctrico, dado que es el combustible fósil más empleado en el sector, principalmente en la tecnología de ciclo combinado, la cual abarca el 37.1% de la capacidad total de la capacidad instalada, equivalente a 27,274 MW. (SENER, Prospektiva del Sector Eléctrico, 2017)

En el periodo comprendido entre 2014 y 2016 la CFE convirtió siete centrales de generación termoeléctrica a combustión dual para que funcionen con gas natural y combustóleo, lo que garantiza una mayor vida útil de las centrales.

Para el año 2031 el gas natural tendrá un porcentaje de participación de 82% en el consumo total de combustibles con una demanda de 5,947.2 mmpcd, esto es explicado por el desarrollo de la infraestructura y de la estrategia para cumplir con las metas de reducción de contaminantes.

Figura 38. Demanda de combustibles en el sector eléctrico, 2016-2031.



Fuente: SENER con Información del IMP.

En la figura 38, podemos observar que el gas natural continuara creciendo en su participación como principal combustible en el sector eléctrico, mientras que años venideros el combustóleo y el diésel disminuirán su participación.

**Prospectiva de las energías renovables en el sector eléctrico**

En materia de energías renovables, México tiene grandes retos que afrontar, pues está ampliamente documentado que tiene el potencial para aprovechar diversas fuentes de energías renovables; sin embargo, hasta ahora no se ha desarrollado de forma óptima, pues países con menos recursos naturales producen energía eléctrica mediante energías renovables en mayor medida que México.

Es indudable que se debe impulsar la investigación y el desarrollo de energías sustentables en el país, estos recursos enfrentan problemas tales como la frecuencia de generación, dispersión del potencial de las zonas productivas, además de adecuar la infraestructura para sean compatibles con la tecnología de generación convencional. (SENER, Prospección del Sector Eléctrico, 2017)

## Potencial de las energías renovables en México

Con la implementación de la Reforma Energética se están desarrollando herramientas tales como el Inventario Nacional de Energías Renovables (INEL) y el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL) para identificar zonas con alto potencial de energías renovables, que sean de ayuda en la toma de decisiones en materia de energías renovables.

Tabla 20. Potencial de generación eléctrica con energías renovables en México 2016

	(GWh/a)					
Recursos	Geotérmica	Hidráulica	Eólica	Solar	Biomasa	Oceánica
Probado	2,610	4,920	20,104	25,052	3,326	-
Probable	45,207	23,028	-	-	680	1,057
Posible	52,013	44,180	87,600	6,500,000	11,485	-

Fuente: Elaborado por SENER con información del INEL.

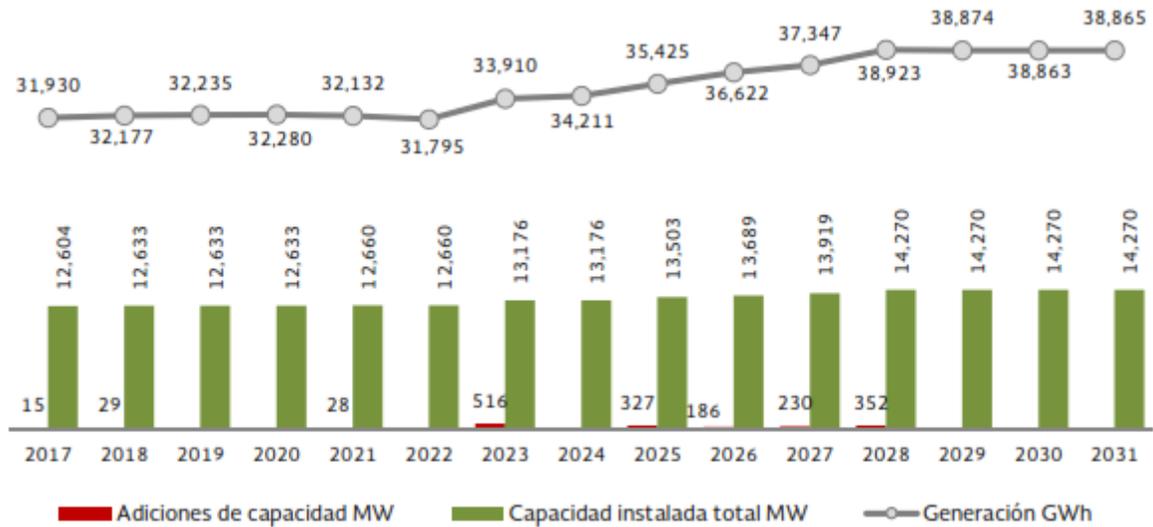
## Diagnóstico de las energías renovables

### Energía hidroeléctrica

En la última década la energía hidroeléctrica ha incrementado su capacidad de generación a un promedio de 1.8% debido a los efectos climáticos en los últimos años la generación hidroeléctrica ha disminuido ya que los grandes proyectos hidroeléctricos deben ser aplazados debido a la prioridad en el recurso del agua para el consumo agrícola y humano no obstante sigue siendo una de las mejores alternativas para la generación de electricidad rentable y limpia.

La generación hidroeléctrica concentró una participación del 17.1% dentro de la matriz energética eléctrica. Al finalizar el año 2016 se registraron 85 plantas hidroeléctricas que contaban con una capacidad instalada total de generación de 12,588 MW que generan energía eléctrica de 30,909.3 GWh.

Figura 39. Evolución de generación de energía eléctrica mediante hidroeléctricas.



Fuente: Elaborado por SENER con datos de PRODESEN 2017-2031.

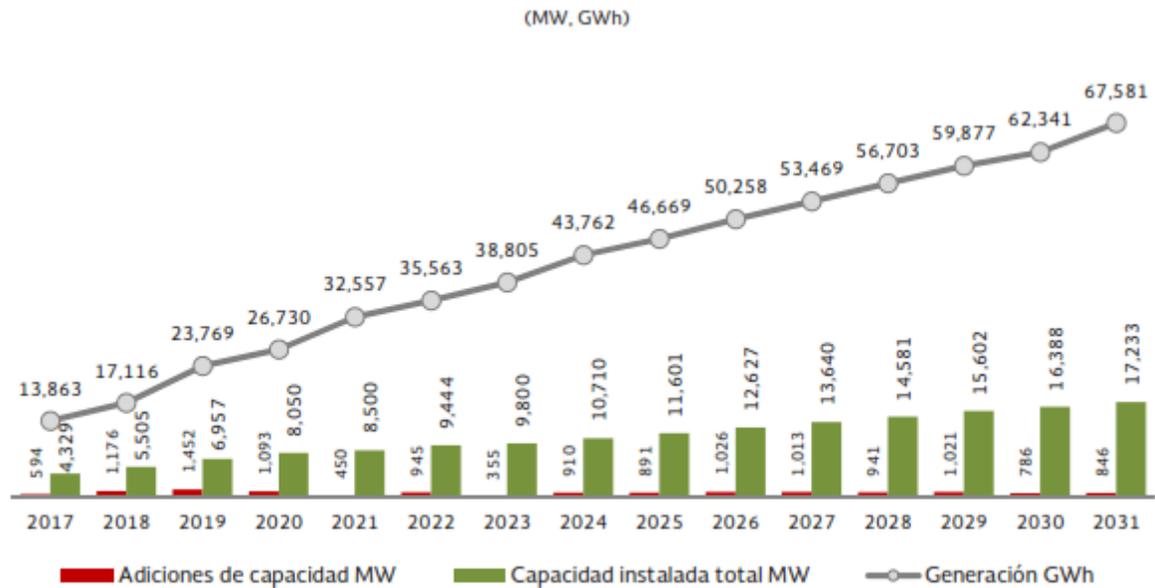
En los próximos años para el periodo de 2017-2031 se planea adicionar 1681 MW de nueva capacidad al instalar nuevas centrales hidroeléctricas de los cuales más del 61.2% se clasifican como proyectos autorizados, de esta manera la capacidad de 70 y posicional entre 2017 y 2031 será de 14,270 MW.

### Energía eólica

Debido al gran potencial con el que cuenta el país en materia de energía eólica, está apuntado en los últimos años ya que el sector privado ha mostrado gran interés en desarrollar parques eólicos y con las reformas efectuadas se atraerán más inversiones.

En la actualidad al finalizar el año 2016 existían 41 plantas eólicas registradas en tres estados de la República Mexicana la mayor parte se encuentran ubicadas en el estado de Oaxaca estas plantas se encuentran operando bajo la modalidad de autoabastecimiento, pequeña producción y algunas correspondientes a la Comisión Federal de Electricidad.

Figura 40. Evolución de generación de energía eléctrica mediante tecnología eólica.



Fuente: Elaborado por SENER con datos de PRODESEN 2017-2031.

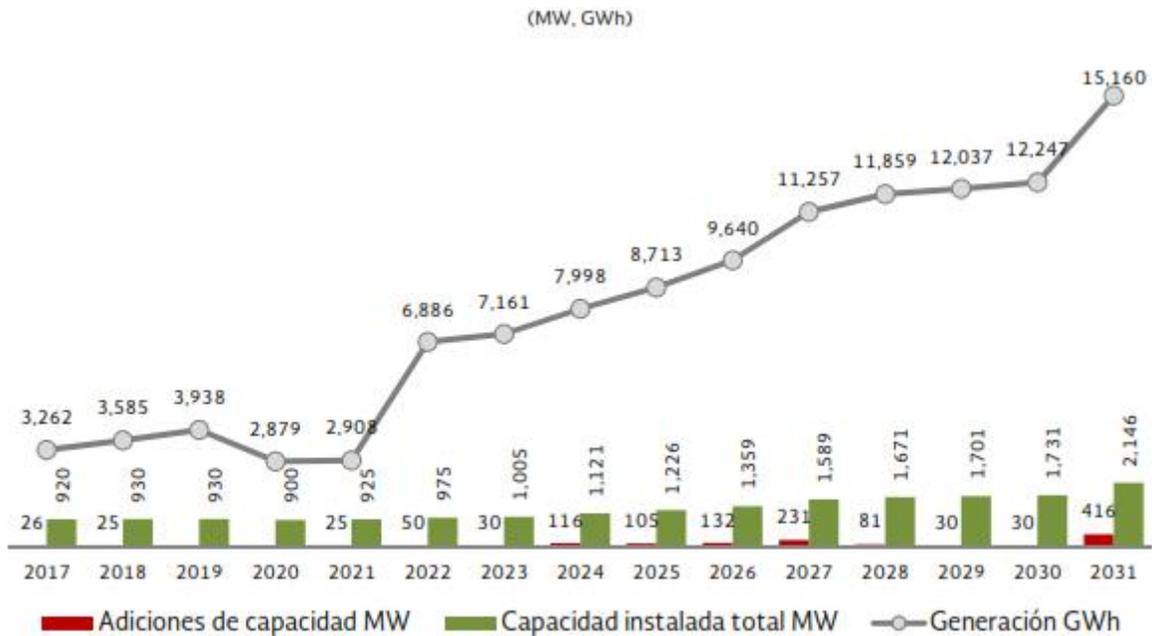
En el período comprendido entre 2017 y 2031 debido a su alta competitividad y el alto potencial con el que se juega en el país se visualiza que la energía eólica incrementa su generación de energía eléctrica en un 387% con lo que se espera se reduzcan los costos al desarrollar proyectos más importantes en zonas geográficas idóneas del país.

### Energía geotérmica

Para finales del 2016 la secretaría de energía otorgó un permiso de exploración geotérmica además de 2 concesiones de explotación otorgadas en 2015 con lo que se asegura que la energía geotérmica crecerá a mediano plazo.

Actualmente la capacidad instalada energía geotérmica disminuyó en un punto cero 5% durante la última década, se cuenta con 8 centrales geo-termo-eléctricas que representan el 1.2% de la capacidad instalada total del país sin embargo esta tecnología presenta un potencial probado de 2610 watts hora y un probable de 45207 watts hora según lo que ha reportado el INE en 2016.

Figura 41. Evolución de generación de energía eléctrica mediante tecnología geotérmica



Fuente: Elaborado por SENER con datos de PRODESEN 2017-2031.

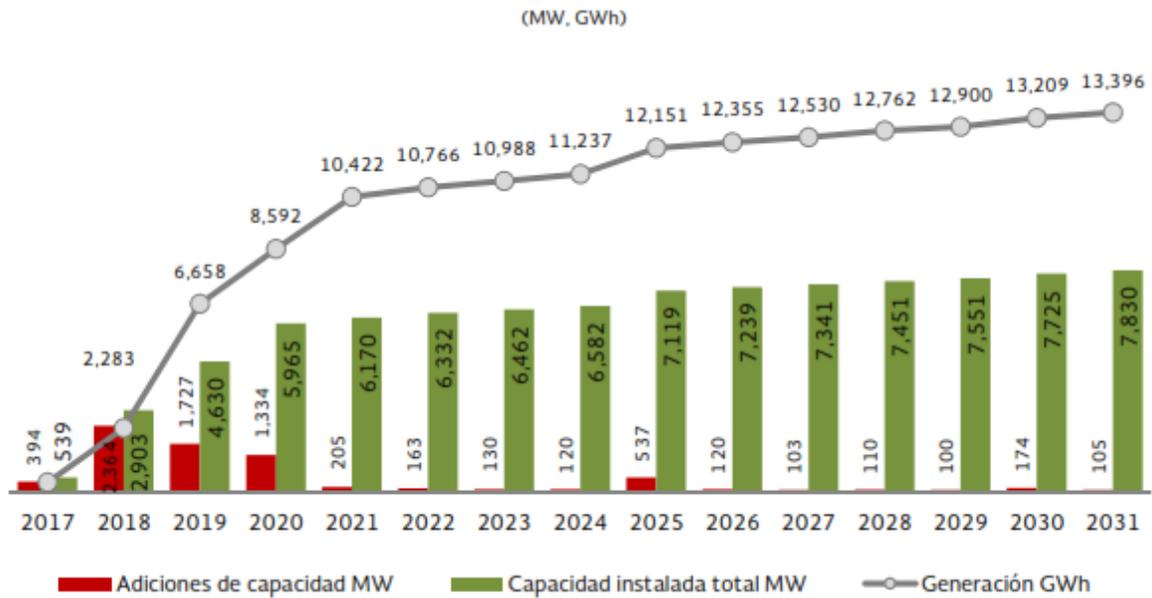
Se contempla retirar de operación 30 MW de capacidad de las centrales geotérmicas, sin embargo para 2024 se plantea que nuevos proyectos surjan y que la capacidad de generación eléctrica mediante geotermia se incremente en 364.8% con lo que se espera que para 2031 se ubique en 15160 GWh de generación eléctrica.

### Energía solar fotovoltaica

A nivel mundial la energía solar fotovoltaica es la fuente de energía renovable con mayor crecimiento y en México no ha sido la excepción; ya que ha tenido una creciente participación tan sólo en la última década la capacidad instalada creció anualmente en un promedio de 36.3% ya que en 2016 se contaban con 17.6 MW de capacidad instalada y a finalizar el 2016 se contaban con 388.6 MW con lo que la generación eléctrica de energía creció a un ritmo de 27.1%.

Al finalizar 2016 se contaban 17 centrales fotovoltaicas ubicadas en 8 estados de la república la región norte presentó el mayor nivel de capacidad y generación eléctrica. Con los resultados de las dos primeras subastas eléctricas se tienen contemplados la instalación de 5400 MW de capacidad instalada tan sólo en el período de 2 años (de 2017 a 2019) con lo que se estima una adición total de 7685 MW.

Figura 42. Evolución de generación de energía eléctrica mediante tecnología solar.



Fuente: Elaborado por SENER con información de PRODESEN 217-2031.

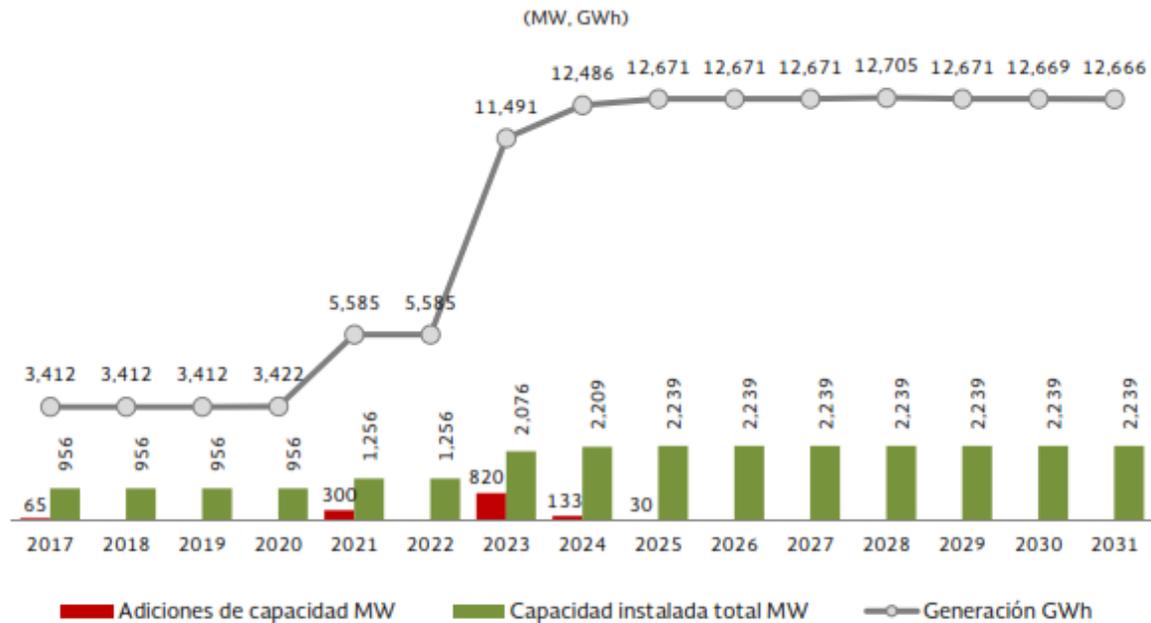
En el periodo de tiempo que contemplan las estimaciones de la Secretaría de Energía se prevé un crecimiento promedio anual de 21.1% de la capacidad de generación e instalar mediante tecnología fotovoltaica con lo que a finalizar el 2031 se estima que la capacidad instalada sea de 7830 MW.

### Bioenergía

El país cuenta con gran potencial de generación de biogás y a su vez de producción eléctrica al tener gran potencial en la biomasa y los residuos orgánicos.

En 2016 la capacidad instalada de biocombustibles fue de 1.2% del total que equivalen a 881.5 MW. La participación de la bioenergía en la matriz energética de generación fue del 0.46% en 2016 con lo que queda de manifiesto que este tipo de combustible no ha tenido el desarrollo que el potencial indicaría sin embargo se plantean proyectos para explotar en mayor medida los residuos orgánicos y la producción de biogás para uso vehicular o para su inyección a una red de gas natural como biometano.

Figura 43. Evolución de generación de energía eléctrica mediante bioenergía.



Fuente: Elaborado por SENER, con información del PRODESEN 2017-2031.

Al cierre de 2016 se registraron 75 plantas de bioenergía, durante los próximos quince años se prevé un incremento de la capacidad de 1,348 MW con 36 nuevas plantas de las cuales 69.1% son proyectos aún por desarrollar y el 15% ya están en construcción o por iniciar obras. Se estima que la capacidad de generación eléctrica con bioenergía se incremente en 6.3% anual, así que para finales de 2031 se ubicará la generación eléctrica en 2,239 MW instalados.

### Demanda máxima y consumo de energía eléctrica

La entidad encargada de estimar la demanda y el consumo de energía eléctrica es el Centro Nacional de Control de Energía, CENACE, de manera que para determinar las trayectorias de las curvas de demanda y de consumo de energía eléctrica considera los pronósticos de largo plazo de la economía del país, tales como el PIB, el crecimiento de la población y los pronósticos del mercado internacional de combustibles.

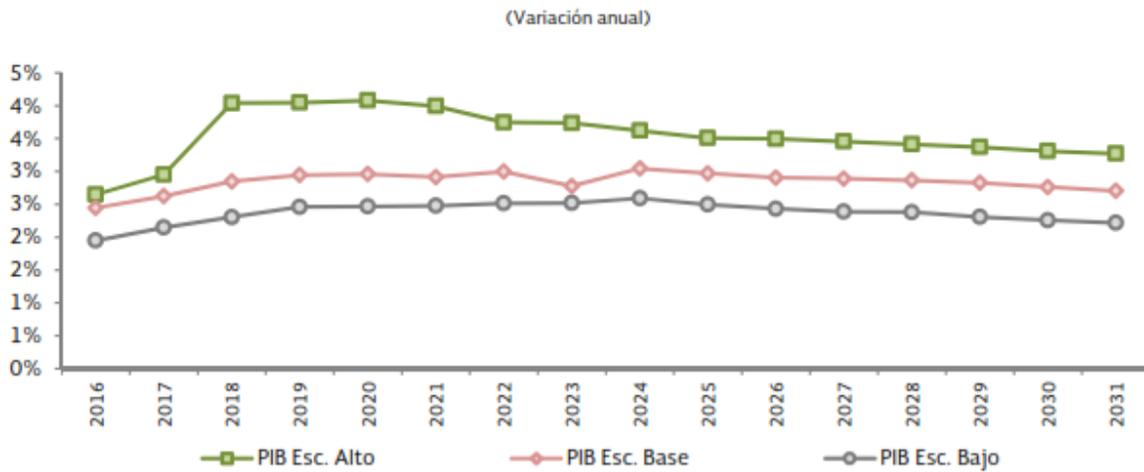
Estimar la demanda y el consumo de energía, permite que el SEN garantice el suministro de energía y ésta sea estable y eficiente.

En las prospectivas desarrolladas por SENER, se manejan tres escenarios posibles en el que se estima desde distintas ópticas el comportamiento posible de las variables que determinan la demanda y el consumo de energía eléctrica.

### PIB (Producto Interno Bruto)

Con base en las estimaciones publicadas por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2016) publicadas en los Criterios Generales de Política Económica 2017, el crecimiento del PIB puede comportarse de tres distintas maneras, se toma como principal escenario de referencia, el llamado escenario base, en el cual se espera un crecimiento medio anual de 2.9% para los siguientes 15 años.

Figura 44. Pronósticos del PIB 2016-2031

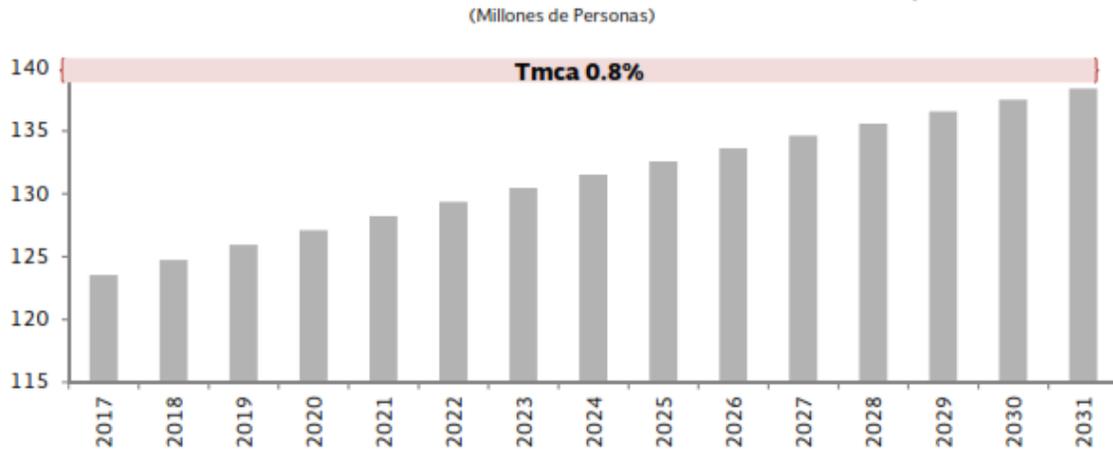


Fuente: Elaborado por SENER con información de INEGI y Oxford Economics

### Población

Para el periodo de estimación de 2017-2031 se espera que la tasa media de crecimiento poblacional anual sea de 0.8% para aumentar de 122.3 millones de personas en México a 138.4 millones de personas al cierre del periodo.

Figura 45. Pronóstico de crecimiento de la población en México, 2017-2031

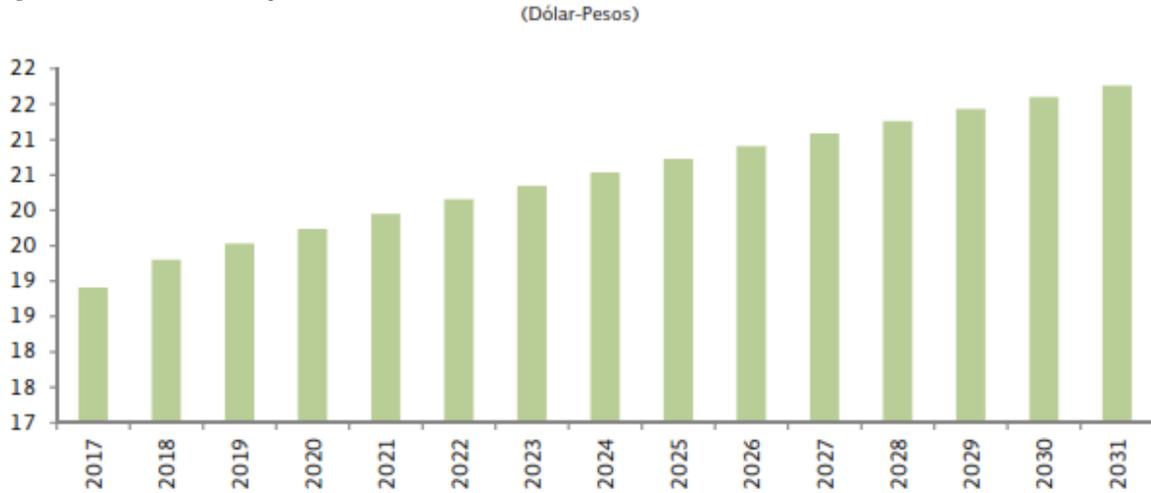


Fuente: Elaborado por SENER con información de INEGI.

### Tipo de cambio

Al cierre del año 2016, el tipo de cambio se ubicó en 18.3 por dólar, y se espera que presente un crecimiento medio anual de 1.1%, para ubicarse en 21.8 pesos por dólar. Sin embargo, ésta puede ser una variable altamente volátil, pues varios factores pueden incrementar el crecimiento del dólar respecto al peso.

Figura 46. Pronósticos del tipo de cambio 2017-2031.

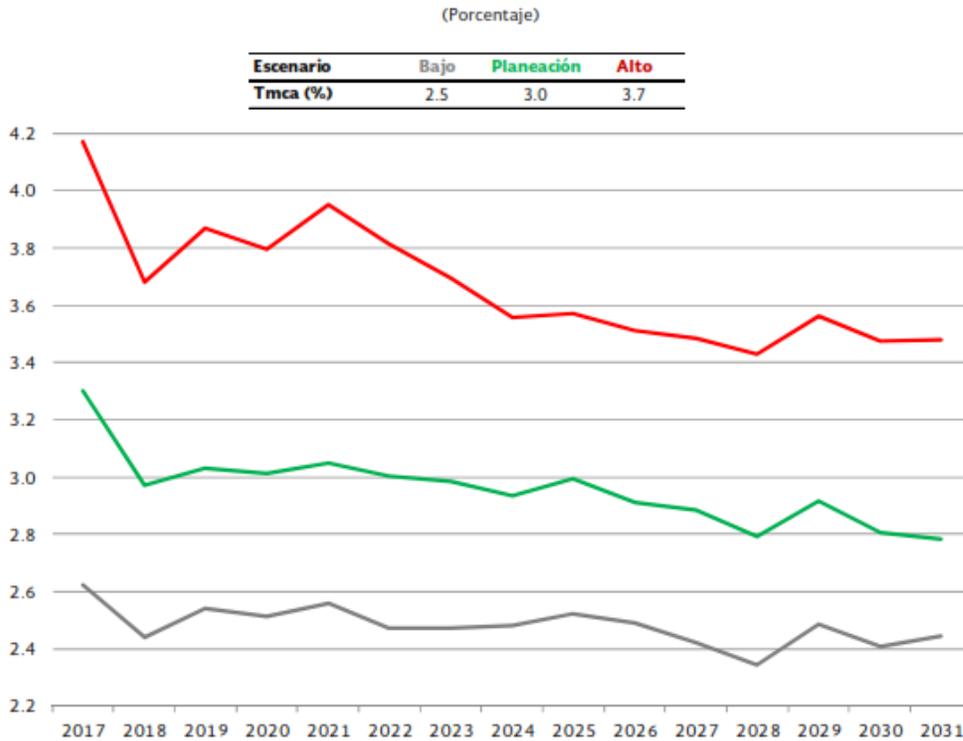


Fuente: Elaborado por SENER con información de INEGI y Oxford Economics.

En conjunto estos indicadores macroeconómicos ayudan a efectuar un pronóstico de la demanda máxima que sea certero, la demanda máxima bruta es la potencia que debe ser generada o importada para satisfacer las necesidades de los usuarios, asumir las pérdidas en la distribución y el uso propio de las centrales generadoras.

La demanda máxima al depender de factores macroeconómicos, también maneja tres distintos escenarios, en el escenario base de planeación se proyecta un crecimiento anual medio de 3.05 en los siguientes 15 años.

Figura 47. Crecimiento anual esperado de la demanda máxima del SIN 2017-2031



Fuente: Elaborado por SENER con Información de PRODESEN 2017-2031.

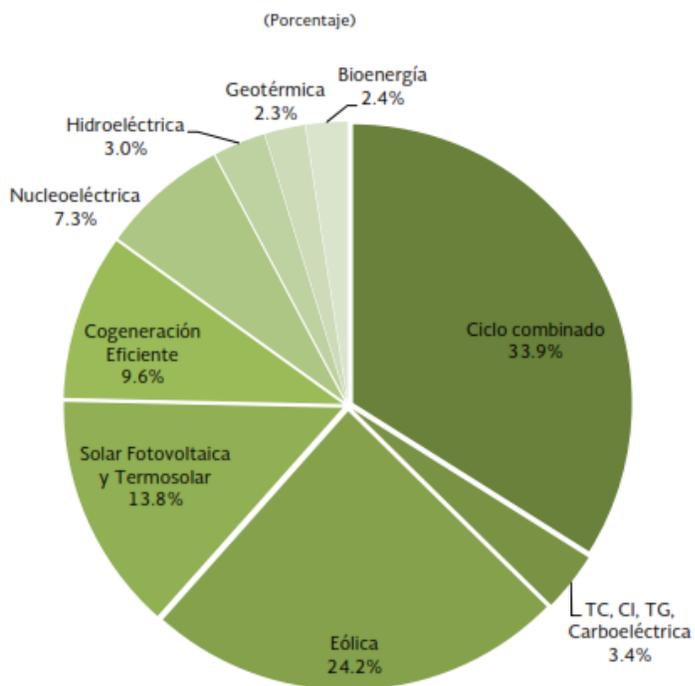
### Capacidad de generación eléctrica

El SEN utiliza el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) como un indicativo para su planeación y de este modo resolver los problemas de expansión de la capacidad de generación, además de la ampliación de la transmisión que garantice la integración de una nueva generación eléctrica a precios competitivos.

El tiempo mínimo de planeación debe ser de 15 años, esto con la finalidad de obtener un tiempo de ejecución razonable en el caso de efectuar proyectos que requieran de grandes inversiones y de pruebas antes de su entrada en ejecución.

Se espera que en los próximos 15 años se adicionen 55,840 MW de capacidad de generación de energía eléctrica, de los cuales el 62.6% corresponderá a tecnologías limpias y solo el 37.4% serán de tecnologías convencionales. Las principales tecnologías en la adición de capacidad serán las centrales de ciclo combinado y 24.25 de centrales eólicas como se muestra en la figura 48.

Figura 48. Participación en la capacidad adicional por tipo de tecnología, 2017-2031.



Fuente: Elaborado por SENER con información de PRODESEN 2017-2031.

El aumento de capacidad instalada de tecnologías limpias, se debe a la sustitución de centrales termoeléctricas convencionales (turbogás, ciclo combinado, carboeléctricas, etc.) por centrales de generación dual que usan gas natural como principal combustible.

Se espera que la energía eólica tome un lugar importante en la matriz de generación seguido de la energía hidroeléctrica y de la energía solar fotovoltaica.

## Conclusiones y recomendaciones

A finales del año 2013 cuando las reformas estructurales que propuso el presidente Enrique Peña Nieto fueron aprobadas por los órganos legislativos del país, las proyecciones hechas por el gobierno estimado ante el crecimiento del producto interno bruto mexicano serían superiores al 5%. La implementación de la Reforma Constitucional en materia energética, fue vista como una oportunidad de revitalizar el sector energético y reforzar la economía. Con la promesa de no privatizar los recursos de la nación, desde el punto de vista de la opinión internacional, la Reforma supuso el fin del monopolio que mantenía el estado con las implicaciones debidas en PEMEX y CFE.

Las modificaciones propuestas en la Reforma requieren de cambios en la Constitución por lo que se necesitaron de grandes negociaciones y acuerdos entre los diversos sectores del país, los cambios constitucionales siempre son controvertidos y más si se trata de un tema de seguridad nacional como lo es el energético. Diversos analistas y expertos opinan que era necesario implementar cambios en la industria energética mexicana, si bien existía un consenso en la urgencia de aplicar cambios, existían diversas opiniones sobre la forma en que estas debían ser implementadas, la palabra *privatización* engloba un contexto que genera polémica en algunos sectores de la población.

Algunos expertos sugieren que solo se puede salvar a PEMEX mediante una privatización parcial, con lo que se debe inyectar capital externo, sin embargo el petróleo aun es visto como símbolo de la soberanía nacional. No obstante, el camino que sigue PEMEX, consisten abandonar las áreas que no son rentables y buscar alianzas estratégicas con socios comerciales. Además con la modificación en el consejo de administración, se busca ajustar su presupuesto, reducir el gasto de operación y renegociar con los proveedores las deudas que se han contraído. Todas estas medidas son importantes pero no resuelven de fondo la principal problemática: la escasa producción.

Por décadas, Pemex (Petróleos Mexicanos) y la CFE (Comisión Federal de Electricidad) proporcionaron con eficacia los energéticos que necesitó la economía de México. A finales de los años setenta, México ya era un país prácticamente autosuficiente en este sector.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad con la Reforma Energética se establecen metas obligatorias que se refieren a la generación energía eléctrica con energías renovables por lo que los participantes del mercado eléctrico deben invertir en Fuentes limpias a través de los certificados de energías limpias con lo que se agudiza el reto de planear la modernización y la infraestructura necesaria para explotar el alto potencial de las energías renovables que se tienen en México, el beneficio más tangible de la Reforma es su vez con la liberación del mercado eléctrico y la apertura a la competencia se promueve la creación de un mercado eléctrico mayorista con lo que se ha iniciado el retiro de plantas obsoletas con lo que se aumenta la eficiencia energética y se disminuyen los costos de producción.

Suponiendo que las metas en inversiones se logren, y por consecuencia aumenten los empleos y más obras de infraestructura y de servicios, esto no se traduce en mayor desarrollo inmediatamente se deben de llevar a cabo conjuntamente planes de desarrollo.

Con una necesidad urgente de infraestructura para la distribución y el transporte de los energéticos en los primeros años de implementada la Reforma Energética solo ha dejado ver la falta de inversión y el desconcierto de inversores mexicanos y extranjeros por lo que de haber resultados y para dar una conclusión definitiva es necesario esperar más tiempo para hacer un análisis correcto de los

resultados, mientras tanto se puede concluir que la Reforma ha dejado un sabor agrí dulce a todos los mexicanos, pues de ser la Reforma sobre la que se basaría el crecimiento mexicano, se ha atascado en el pantano de la corrupción, burocracia ineficiente y falta de inversión por parte las empresas extranjeras, de las que según el gobierno estaban listas para invertir en el sector.

Al finalizar el sexenio del presidente que impulso las reformas estructurales, podemos analizar los primeros avances; sin embargo el sector energético vive gran incertidumbre, ante el triunfo electoral de un personaje que se ha opuesto a la Reforma Energética desde que fue propuesta, los precios del crudo a la baja, la falta de inversores internacionales, la tensa relación que se tiene con el gobierno estadounidense del presidente Trump, el gran desprestigio del gobierno mexicano ante la comunidad internacional debido a la corrupción, solo resta esperar a que la apuesta en la elaboración de la Reforma no haya sido tardía y baste para salvar de la ruina a PEMEX y CFE, garantizando el acceso a los recursos a las generaciones futuras de mexicanos.

En el sector eléctrico existe una baja interconectividad, especialmente en zonas remotas, lo que reduce el margen de reserva operativa, pero abre al mismo tiempo la oportunidad para un manejo descentralizado de las energías renovables. La transición hacia energías renovables es parte fundamental de la seguridad energética, pues permitirían a nuestro país diversificar su canasta energética. Una mayor diversidad en la generación de energías limpias y costos diferenciales de electricidad en horas pico incidirá en el ahorro y reducirá los problemas de intermitencia. Asimismo, disminuir la dependencia de los hidrocarburos fósiles ayudaría a independizarse de las fluctuaciones fuertes de los precios del mercado internacional y sus vaivenes geopolíticos, además de garantizar un abasto seguro y a largo plazo de las energías renovables y sin emisiones de gases efecto invernadero.

Se cuenta con un portafolio de medidas de mitigación basadas en el uso de energías renovables y de ahorro y uso eficiente de la energía en todos los sectores asociados al eléctrico que pueden implementarse en el país. Es posible afirmar que es posible y viable transitar hacia un sistema energético mexicano bajo en carbono a través de la implementación a escala nacional de energías renovables, si éstas son acompañadas de medidas de ahorro y uso eficiente de energía en todos los sectores de consumo final de energía. Es necesario entonces que se eliminen las barreras existentes para lograrlo como son: la falta de los mecanismos adecuados de financiamiento, de incentivos, de información, de articulación de las políticas energéticas y ambientales y de una buena integración entre todos los sectores del sistema energético mexicano. La viabilidad del escenario de transición energética no radica solamente en variables técnicas o económicas, sino en una integración de políticas públicas que tome en cuenta toda la sociedad.

Se puede afirmar que, la Reforma Energética no ha ayudado a la soberanía nacional ya que los connacionales pagan cada vez más en luz, gas y gasolina, hay mayor desempleo, las condiciones sociales no han mejorado y la situación tanto de CFE como de PEMEX ha empeorado drásticamente. Es conveniente que México promueva internamente sus energías renovables abundantes (eólica, solar, geotérmica y mareomotriz), además del uso de gas como energía fósil más limpia. En la política gubernamental es recomendable dar prioridad al desarrollo de energías limpias y con ello reducir considerablemente el uso de los energéticos fósiles más contaminantes (como el combustóleo). De esta manera, México no sólo contará con una generación energética

ambientalmente amigable sino que generaría co-beneficios en salud, ingresos, recursos naturales y calidad de vida; en síntesis lograr una seguridad energética integral fincada en la sostenibilidad del sector energético mexicano.

.

## Bibliografía

- BIE. (2016). *Banco de Información Económica*. México: INEGI.
- BP. (2016). *BP Energy Outlook Focus on North America*. Londres: British Petroleum.
- Carabias, J. (2009). *Ecología y Medio Ambiente en el Siglo XXI*. México: Pearson Educación.
- CEPAL. (2016). *Monitoreando la eficiencia energética*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPAL. (2017). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México*. México: CEPAL.
- CFE. (2016). *Reporte Anual 2016*. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CFE. (12 de 06 de 2018). *Acerca de CFE*. Obtenido de <http://portal.cfe.mx/acercacfe/Quienes%20somos/Pages/historia.aspx>
- Colmex. (2010). *“Los grandes problemas de México. Crecimiento económico y equidad”*. Obtenido de <http://2010.colmex.mx/publicaciones.html>
- CRE. (2016). *Electricity Transmission and Distribution Regulation*. México : Comisión Reguladora de Energía.
- D.P. Kothari, K. C. (2011). *Renewable Energy Sources and Emerging Technologies*. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.
- EIA. (2016). *Efficiency indicators: fundamentals on statistics*. Obtenido de [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IEA\\_Energy%20EfficiencyIndicatorsFundamentalsOnStatistics.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IEA_Energy%20EfficiencyIndicatorsFundamentalsOnStatistics.pdf)
- EIA. (2016). *Mexico Energy Outlook*. Paris: EIA Publications.
- EIA. (2016). *Natural Gas Information 2016*. París: International Energy Agency.
- EIA. (2017). *Energy Policies Beyond IEA countries*. Paris: Energy International Agency.
- IEA. (2015). *Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas*. París: International Energy Agency.
- IEA. (2016). *Coal Information 2016*. Paris: International Energy Agency.
- IEA. (2016). *Emissions from Fuel Combustion 2016*. Obtenido de [www.iea.org/statistics/](http://www.iea.org/statistics/)
- IEA. (2016). *Energy Balances of OECD Countries*. Paris: OECD/EIA.
- IEA. (2016). *Fossil Fuel Subsidy Reform in Indonesia and México*. París: OECD/EIA.
- IEA. (2016). *Renewables Information 2016*. París: OECD/EIA.
- INEGI. (2016). *Estadísticas del PIB y Cuentas Nacionales”*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/>

- J. Duncan Glover, M. S. (2003). *Sistemas de potencia: análisis y diseño*. Mexico: Thomson.
- Kothari, D. P. (2008). *Sistemas Electricos de Potencia*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Leff, E. (2002). *La transición hacia el desarrollo sustentable: perspectivas de América Latina y el Caribe*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- México, G. d. (2015). *4to Informe de Gobierno*. México: Presidencia de la República.
- OIEA. (2008). *Indicadores Energéticos del Desarrollo Sostenible: Directrices y Metodologías*. Viena: Organismo Internacional de Energía Atómica.
- ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Nueva York: ONU.
- PEMEX. (27 de 08 de 2013). *Historia de Petróleos Mexicanos*. Obtenido de <http://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/historia-pemex.aspx>
- PEMEX. (2015). *Reservas de hidrocarburos al 1 de enero de 2015*. Obtenido de [www.pemex.com/ri/Publicaciones/Reservas%20de%20Hidrocarburos%20Archivos/201509](http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Reservas%20de%20Hidrocarburos%20Archivos/201509)
- Públicas, C. d. (2001). *Evolución y Perspectiva del Sector Energético en México, 1970-2000*. México: Camara de Diputados.
- Puig, C. (12 de 10 de 2013). *Contra la reforma energética. Milenio*.
- Republica, M. G. (2013). *Explicación ampliada de la Reforma Energética*. Obtenido de [http://reformas.gob.mx/wp-content/uploads/2014/04/Explicacion\\_ampliada\\_de\\_la\\_Reforma\\_Energetica1.pdf](http://reformas.gob.mx/wp-content/uploads/2014/04/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.pdf)
- Rodríguez, A. (16 de Agosto de 2018). *La reforma energética. El Economista*.
- SENER. (2016). *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles Más Limpios*. México: Secretaria de Energía.
- SENER. (2016). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2016-2030*. México: Secretaría de Energía.
- SENER. (2017). *Prospectiva de Gas L.P.* México: Secretaria de Energía.
- SENER. (2017). *Prospectiva de Gas Natural*. México: Secretaria de Energía.
- SENER. (2017). *Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos* . México: Secretaria de Energía.
- SENER. (2017). *Prospectiva del Sector Eléctrico*. México: Secretaria de Energía.
- SENER, E. (2011). *Indicadores de eficiencia energetica en México*. México: SENER.
- SENER, S. d. (2016). *Balance Nacional de Energía*. Ciudad de México: SENER.
- Sheinbaum, C. (2012). Mexican energy policy and sustainability indicators. *Energy Policy*, 278-283.
- Stern, N. (2014). *The Economics of Climate Change*. Cambridge University Press.

WEC. (2017). *World Energy Trilemma Index*. Londres: World Energy Council.

Zuckermann, L. (12 de 05 de 2014). Reforma Energética, corrupción y vigilancia ciudadana.  
*Excelsior*.