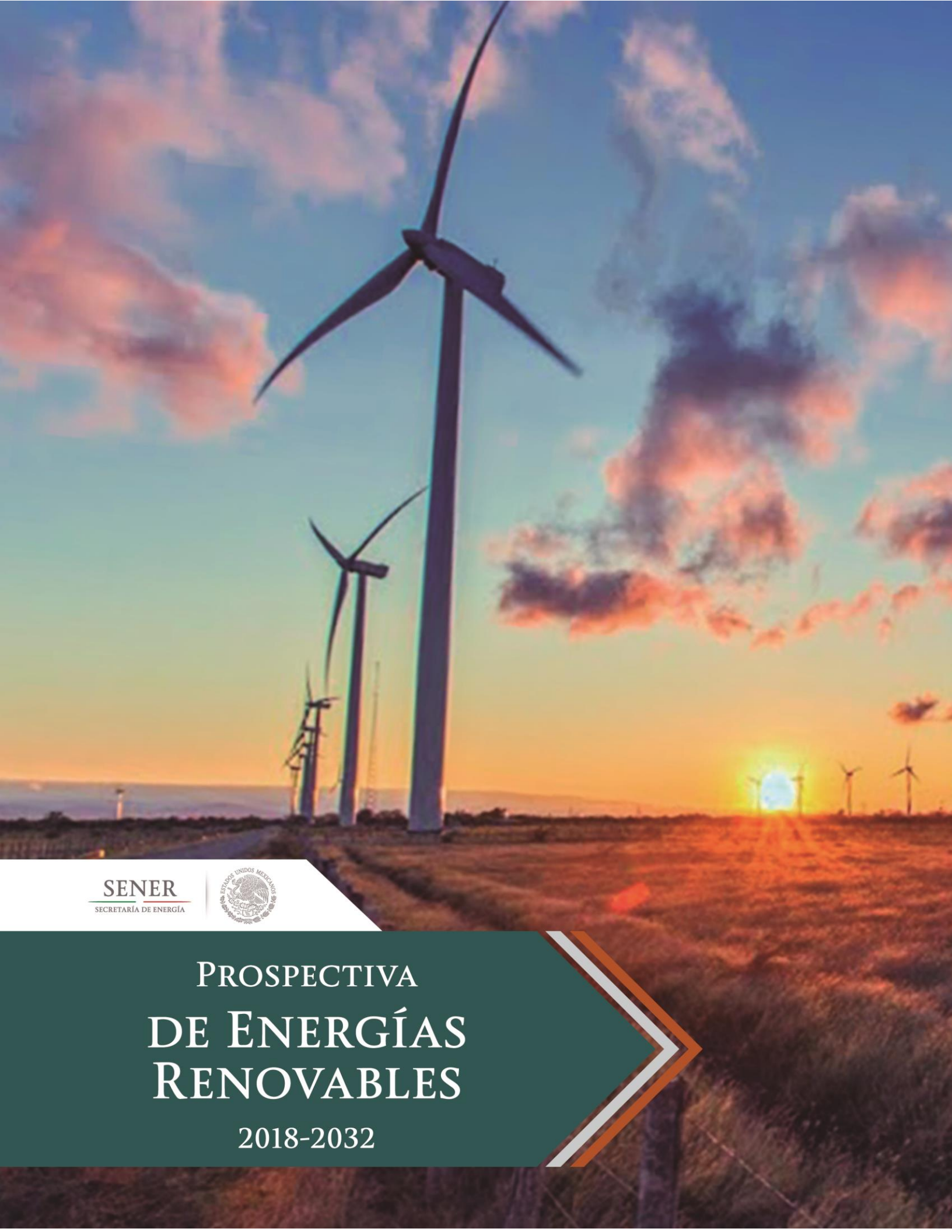


A photograph of a wind farm at sunset. Several large wind turbines are visible, with the sun low on the horizon, casting a warm orange glow. The sky is filled with colorful clouds in shades of pink, orange, and blue. The foreground shows a field of dry grass.

SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA



PROSPECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES

2018-2032

PROSPECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES

2018-2032



SENER

SECRETARÍA DE ENERGÍA

MÉXICO, 2018

SECRETARÍA DE ENERGÍA

Pedro Joaquín Coldwell

Secretario de Energía

Leonardo Beltrán Rodríguez

Subsecretario de Planeación y Transición Energética

Fernando Zendejas Reyes

Subsecretario de Electricidad

Aldo Flores Quiroga

Subsecretario de Hidrocarburos

Gloria Brasdefer Hernández

Oficial Mayor

Rafael Alexandri Rionda

Director General de Planeación e Información Energéticas

Efraín Villanueva Arcos

Director General de Energías Limpias

Víctor Manuel Avilés Castro

Director General de Comunicación Social

ELABORACIÓN Y REVISIÓN:

Rafael Alexandri Rionda

Director General de Planeación e Información Energéticas
(ralexandri@energia.gob.mx)

Efraín Villanueva Arcos

Director General de Energías Limpias
(evillanueva@energia.gob.mx)

Luis Alfonso Muñozcano

Director General Adjunto de Energías Renovables
(lmunozcano@energia.gob.mx)

Fabiola Rodríguez Bolaños

Directora de Integración de Prospectivas del Sector
(frodriguez@energia.gob.mx)

Jessica Susana Rodríguez Aguilar

Directora de Energías Renovables
(jsrodriguez@energia.gob.mx)

Antonio Emanuel Ramírez Salas

Director de Administración de Programas y Proyectos de Investigación
(aeramirez@energia.gob.mx)

Alain de los Ángeles Ubaldo Higuera

Subdirectora de Consumo Energético
(aubaldo@energia.gob.mx)

Eder García Jimenez

Subdirector de Planeación e Integración Energética
(egarciaj@energia.gob.mx)

Thalia Ramírez Flores

Jefa de Departamento de Política Energética
(tramirez@energia.gob.mx)

Apoyo administrativo: Paulina Moreno Rodríguez.

2018. Secretaría de Energía

AGRADECIMIENTOS

Centro Nacional de Control de Energía

Comisión Federal de Electricidad

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

Comisión Reguladora de Energía

National Renewable Energy Laboratory

Programa de Colaboración México-Dinamarca en Materia de Energía y Cambio Climático

Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Subsecretaría de Hidrocarburos, SENER

Subsecretaría de Electricidad, SENER

ÍNDICE

Índice de Cuadros.....	8
Índice de Tablas.....	8
Índice de Figuras.....	9
Presentación	12
Introducción	13
Resumen Ejecutivo	14
1. Capítulo Uno. Marco Legal y regulatorio de las Energías Renovables.....	16
1.1. Definición de las Energías Renovables.....	16
1.2. Marco Legal y Regulatorio de las Energías Renovables.....	16
1.2.1. Legislación Secundaria.....	17
1.3. Políticas e Instrumentos para el fomento de energías renovables	19
1.3.1. Programas y Estrategias	19
1.3.2. Instrumentos de política energética de fomento de las energías renovables	22
1.3.3. Avances para el fomento de las Energías Renovables 2017-2018.....	27
1.3.4. Energía del Océano	28
1.4. Uso y Calidad de Biocombustibles	28
2. Capítulo Dos. Diagnóstico Histórico de las Energías Renovables, 2007-2017	29
2.1. Contexto Internacional de las Energías Renovables	29
2.1.1. Aspectos destacados por tecnología.....	30
2.2. Potencial de las Energías Renovables en México	31
2.3. Diagnóstico Histórico de las Energías Renovables	33
2.3.1. Energía Hidroeléctrica.....	35
2.3.2. Energía Eólica.....	37
2.3.3. Energía Geotérmica.....	39
2.3.4. Energía Solar Fotovoltaica	41
2.3.5. Bioenergía.....	43

3.	Capítulo Tres. Prospectiva de las Energías Renovables en México.....	46
3.1.	Supuestos del Escenario de Planeación.....	46
3.2.	Evolución esperada de la capacidad Instalada y generación bruta eléctrica con energías renovables	48
3.2.1.	Energía Hidroeléctrica.....	51
3.2.2.	Energía Geotérmica.....	52
3.2.3.	Energía Eólica.....	53
3.2.4.	Energía Solar Fotovoltaica y Termosolar.....	54
3.2.5.	Bioenergía.....	55
3.3.	Infraestructura planeada de Transmisión para el fomento de las Energías Renovables.....	56
3.3.1.	Licitación de la línea de Transmisión de corriente directa, Yautepec-Ixtepec.....	56
3.3.2.	Interconexión Baja California – Sistema Interconectado Nacional	56
4.	Capítulo cuatro. Estudios y Tendencias de las Energías Renovables en México	58
4.1.	Guía de modalidades de compras de energías renovables para el sector comercial e industrial mexicano.	58
4.2.	Mapas Ruta Tecnológica de Energías Renovables.....	60
4.3.	Atlas de Oleaje segunda etapa.....	61
4.4.	Inventario Nacional de Emisiones de CO2 y Sitios para su Almacenamiento en México	61
4.5.	Guía para Participar en el Sector Eléctrico Mexicano	62
4.6.	Redes Inteligentes.....	63
4.7.	Estudio de Integración de Energías Renovables en Norte América (NARIS).....	63
	Glosario	65
	Abreviaturas, acrónimos y siglas	69
	Referencias	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. 1. Resultados de las subastas eléctricas a largo plazo.....	24
Cuadro 3. 1. Potencial de energías renovables	46
Cuadro 3. 2. Características de las obras de la línea de transmisión de CD Yautepec-Ixtepec.....	56
Cuadro 4. 1. Descripción de los escenarios analizados.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Potencial de Generación Eléctrica con Energías Renovables en México, 2017.....	32
Tabla 2. 2. Potencial de capacidad y generación eléctrica por escenarios.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Tipos de Energías Renovables	16
Figura 1. 2. Principales Leyes para la Planeación Energética y su regulación.....	18
Figura 1. 3. Objetivos de las leyes que promueven un mayor uso de Energías Renovables	18
Figura 1. 4. Legislación secundaria para promoción de energía geotérmica y bioenergía	19
Figura 1. 5. Programas de fomento de Energías Renovables	20
Figura 1. 6. Estrategias de fomento de Energías Renovables	21
Figura 1. 7. Metas de generación eléctrica con energías limpias	21
Figura 1. 8. Avances del FSUE.....	23
Figura 1. 9. Requisito de certificados de energías limpias, 2020, 2021 y 2022.....	25
Figura 1. 10. Instrumentos de la SENER para la promoción de Energías Renovables	25
Figura 1. 11. Plataforma Informática en materia de Generación distribuida.....	27
Figura 2. 1. Crecimiento en la capacidad instalada.....	29
Figura 2. 2. Capacidad de generación renovable a nivel regional.....	31
Figura 2. 3. Tipos de potencial de generación eléctrica.....	31
Figura 2. 4. Descripción de escenarios de zonas de alto potencial.....	32
Figura 2. 5. Evolución de la capacidad instalada de generación eléctrica de energías renovables.....	33
Figura 2. 6. Participación de las energías renovables en la capacidad instalada de generación en México, 2017	33
Figura 2. 7. Evolución de la generación bruta eléctrica con tecnologías renovables, 2017	34
Figura 2. 8. Participación de las energías renovables en la generación bruta en México, 2017	34
Figura 2. 9. Evolución de la Capacidad de generación de energía hidroeléctrica	35
Figura 2. 10. Evolución de la Generación bruta de energía hidroeléctrica	35
Figura 2. 11. Capacidad instalada y Generación bruta de centrales hidroeléctricas por región de control, 2017.....	36
Figura 2. 12. Evolución de la Capacidad de generación de energía Eólica.....	37
Figura 2. 13. Evolución de la Generación bruta de energía Eólica	37



Figura 2. 14. Capacidad instalada y Generación bruta de centrales Eólicas por región de control, 2017 ..	38
Figura 2. 15. Evolución de la Capacidad de generación de energía Geotérmica	39
Figura 2. 16. Evolución de la Generación bruta de energía Geotérmica.....	39
Figura 2. 17. Capacidad instalada y Generación bruta de centrales Geotérmicas por región de control, 2017	40
Figura 2. 18. Evolución de la Capacidad de generación de energía Solar	41
Figura 2. 19. Evolución de la Generación bruta de energía Solar	41
Figura 2. 20. Capacidad instalada y Generación bruta de centrales Solares por región de control, 2017 .	42
Figura 2. 21. Evolución de la Capacidad de generación Eléctrica con Bagazo	43
Figura 2. 22. Evolución de la Capacidad de generación Eléctrica con Biogás.....	43
Figura 2. 23. Evolución de la Generación bruta con Bagazo.....	44
Figura 2. 24. Evolución de la Generación bruta con Biogás	44
Figura 2. 25. Capacidad instalada y Generación bruta de centrales de Bioenergía por región de control, 2017	45
Figura 3. 1. Tendencia poblacional 2018-2032	47
Figura 3. 2. Evolución esperada del tipo de cambio	47
Figura 3. 3. Tendencia esperada del Consumo bruto de energía eléctrica en el SEN y el crecimiento esperado de la economía nacional, 2018-2032.....	48
Figura 3. 4. Evolución de las adiciones de capacidad con tecnología renovable	48
Figura 3. 5. Participación de las tecnologías renovables en las adiciones de capacidad 2018-2032	49
Figura 3. 6. Evolución de la capacidad instalada por tipo de tecnología Renovable 2018-2032	49
Figura 3. 7. Evolución de la generación bruta de energía eléctrica por tecnología 2018-2032	50
Figura 3. 8. Participación de las tecnologías renovables en la generación de energía eléctrica 2018 y 2032	50
Figura 3. 9. Evolución de las adiciones de capacidad y la capacidad instalada de tecnología hidroeléctrica, 2018-2032.....	51
Figura 3. 10. Evolución esperada de la generación bruta eléctrica con tecnología hidroeléctrica, 2018-2032	51
Figura 3. 11. Evolución de las adiciones de capacidad y la capacidad instalada de tecnología geotérmica, 2018-2032.....	52
Figura 3. 12. Evolución esperada de la generación bruta eléctrica con tecnología geotérmica, 2018-2032	52

Figura 3. 13. Evolución de las adiciones de capacidad y la capacidad instalada de tecnología Eólica, 2018-2032.....	53
Figura 3. 14. Evolución esperada de la generación bruta eléctrica con tecnología eólica, 2018-2032	53
Figura 3. 15. Evolución de las adiciones de capacidad y la capacidad instalada de tecnología solar fotovoltaica y termosolar, 2018-2032	54
Figura 3. 16. Evolución esperada de la generación bruta eléctrica con tecnología solar fotovoltaica y termosolar, 2018-2032.....	54
Figura 3. 17. Evolución de las adiciones de capacidad y la capacidad instalada de bioenergía, 2018-2032	55
Figura 3. 18. Evolución esperada de la generación bruta eléctrica con bioenergía, 2018-2032	55
Figura 3. 19. Diagrama simplificado del proyecto de Interconexión BC-SIN	57
Figura 4. 1. Estructura del nuevo mercado eléctrico	59
Figura 4. 2. Interacciones Permitidas por el Marco Regulatorio actual	62

PRESENTACIÓN

México, gracias a la Reforma Energética, ha transitado a un Modelo Energético más competitivo y abierto, donde existe equidad, transparencia, institucionalidad y correcto funcionamiento en los mercados. Estos factores son vitales para el desarrollo óptimo de las inversiones, al garantizar que en el futuro se dé cumplimiento al objetivo de fortalecer el mercado y de cumplir con los compromisos adquiridos para reducir el nivel de emisiones contaminantes en el ambiente.

Con la participación de la inversión privada y el fortalecimiento de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) como Empresa Productiva del Estado, México se ha convertido en una de las economías más atractivas para la generación de energía eléctrica con energías renovables¹, al reducir con ello la dependencia al uso de combustibles fósiles, y optar por aquellos que sean más eficientes y menos dañinos al medio ambiente.

Por otra parte, el modelo actual que promueve una mayor participación de energía renovable en la matriz de generación permite ampliar la cobertura eléctrica en pequeñas comunidades apartadas, que se verán beneficiadas en su día a día con el acceso a la energía eléctrica, elemento vital para desarrollar todas las actividades productivas de la sociedad mexicana. Además, con los resultados de las subastas eléctricas, fruto de la nueva regulación, se logró la disminución de los costos de generación con energías renovables, por lo que se podrá generar más energía eléctrica con tecnologías y con combustibles más limpios. Asimismo, con el desarrollo de herramientas como el Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL) y el Atlas de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL), se brindará apoyo en la identificación de zonas factibles para el desarrollo de proyectos con energías renovables, que coadyuven al crecimiento económico de México.

La Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, tiene un papel fundamental como instrumento de fomento de las energías renovables, ya que contiene información histórica del comportamiento que éstas han presentado en los últimos diez años y como se prevé que sea su participación, en el mediano y largo plazo en el sector eléctrico.

¹ Fuente: Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032.

INTRODUCCIÓN

Uno de los compromisos que México ha adoptado, es transitar a un modelo energético más sustentable y las energías renovables son parte fundamental de este nuevo modelo. En los últimos años, gracias al fuerte desarrollo de las energías renovables en todo el mundo y en México, se ha logrado la atracción de nuevas inversiones que, en el mediano y largo plazo, se verán reflejadas en el crecimiento de la economía.

La Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, es un instrumento de política energética que contiene tanto información histórica como prospectiva de todas aquellas energías renovables consideradas en la Ley de Transición Energética (LTE), así como estudios y tendencias de las energías renovables en México, que permitirán mostrar un amplio panorama que fomente un mayor uso de ellas en la toma de decisiones estratégicas de inversión, investigación o política pública.

Para la elaboración del documento de Prospectiva, se tomaron como insumos primordiales el *Reporte de Avances de Energías Limpias 2017* y el *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2018-2032*. Estos documentos son clave para la política energética en el país y el cumplimiento de las Metas de Energías Limpias, en el primero se muestra los avances de la participación de las energías limpias dentro de la matriz de generación en los últimos diez años, y en el segundo, se muestra de manera indicativa, los requerimientos de capacidad de generación para satisfacer la demanda creciente de energía eléctrica.

La Prospectiva contiene cuatro capítulos. El primero está orientado a describir las principales leyes y reglamentaciones a las cuales se encuentran sujetas las energías renovables, en materia de electricidad y participación en el sector transporte. El segundo capítulo muestra la evolución que han tenido las energías renovables en el sector eléctrico y cómo se ha reconfigurado la matriz energética. El tercer capítulo describe el comportamiento esperado de las energías renovables para los próximos 15 años y que, gracias a la identificación del potencial existente de los recursos, se puede indicar cuales son las tendencias que responden a la creciente demanda de energía. En el cuarto y último capítulo se presenta una serie de estudios y tendencias, cuyo objetivo es promover una mayor participación de las energías renovables y mostrar las herramientas que se han desarrollado para lograrlo.

RESUMEN EJECUTIVO

La Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, es un instrumento de consulta de información histórica y prospectiva de las energías renovables en México. Asimismo, es una herramienta de análisis que permite identificar áreas de oportunidad para el desarrollo de nuevas inversiones en el sector eléctrico, mediante la presentación de los estudios y tendencias de las energías renovables en México. El contenido de la Prospectiva se desglosa en cuatro capítulos que se describen a continuación.

Marco Legal y regulatorio de las Energías Renovables

En este capítulo se describe la legislación correspondiente al uso y fomento de las energías renovables en el sector eléctrico y los biocombustibles. Además, se mencionan los principales instrumentos de política energética, que tienen como objetivo lograr la Meta de energía limpia propuesta al 2024, para reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

Diagnóstico Histórico de las Energías Renovables, 2007-2017

A nivel mundial, el crecimiento de la capacidad instalada con tecnologías renovables se incrementó sustancialmente en los últimos cinco años. Según lo reportado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), entre 2016 y 2017, se dio un incremento de 8.3% en la capacidad instalada de generación eléctrica con fuentes renovables.

Respecto a México, entre 2007 y 2017, los usuarios de electricidad se incrementaron a una tasa media anual de 2.5%, y registran en el último año poco más de 42 millones de usuarios. Asimismo, el consumo bruto de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) creció, para el mismo período, a una tasa media de 2.6%, para ubicarse en 309,727 GWh en 2017. En respuesta a estos incrementos, la generación eléctrica con energías renovables creció a una tasa de 4.0%.

La generación con energía hidroeléctrica se posicionó una vez más como la fuente renovable con mayor participación en la matriz de generación eléctrica, al registrar en 2017, el 61.9% del total de participación de las energías renovables. En segunda posición se encuentra la eólica con el 20.6%.

Prospectiva de las Energías Renovables en México

Tomando como referencia el PRODESEN 2018-2032, se espera que entre 2018 y 2032, se adicionen en total 30,241 MW de capacidad de generación con tecnologías renovables. Sin embargo, se tiene contemplado el retiro de 61 MW proveniente de siete unidades geotérmicas y una eólica, entre los años 2018 y 2021.

Por otra parte, se prevé que la generación de energía eléctrica con energías renovables crezca a una tasa media anual de 6.8%, para ubicarse al final del período en 14,752 GWh. Con respecto a la participación del conjunto de energías renovables, se estima sea de 30% en 2032.

La generación con energías eólica y solar, según lo estimado en el ejercicio de planeación, presentarán incrementos importantes en la matriz de generación, pues mientras que la energía solar fotovoltaica pasará de 0.4% de participación a 4.1%, la energía eólica lo hará de 4.4% a 12.8%, lo que llevará en lo sucesivo al logro de las metas de generación con energías limpias.

Otra parte importante del análisis prospectivo es identificar los nuevos proyectos en infraestructura de transmisión, que ayudarán a que se incorpore mayor generación renovable a la red. Tal es el caso de la línea de transmisión de corriente directa, Yautepec- Ixtepec, cuyo objetivo es desahogar la energía eólica que se genera en el Istmo de Tehuantepec.

Estudios y Tendencias de las Energías Renovables en México

Finalmente, en el capítulo cuarto, se presenta una serie de estudios y tendencias, cuyo objetivo es promover una mayor inclusión de las energías renovables en el sector energético, así como incentivar el desarrollo de nuevas inversiones estratégicas para el desarrollo del país. Cabe mencionar, que en esta ocasión se presenta un breve resumen, dado que son estudios que en su mayoría ya se encuentran disponibles al público.

CAPITULO UNO. MARCO LEGAL Y REGULATORIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

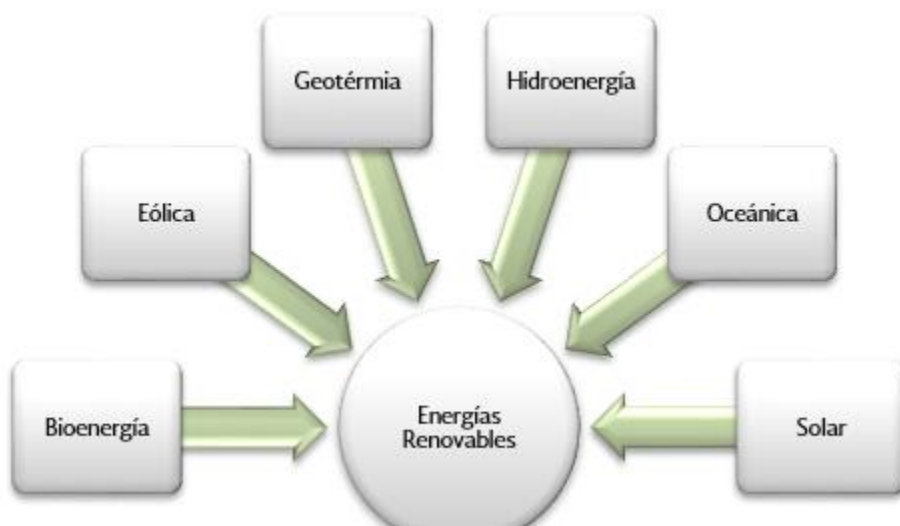
México hoy en día cuenta con un marco jurídico fortalecido que ha fomentado una mayor participación de la inversión privada centrada en las energías renovables en el sector eléctrico y el sector transporte, con el objetivo de satisfacer las crecientes necesidades energéticas del país y a su vez, disminuir las emisiones de contaminantes.

En el presente capítulo se describe el marco jurídico para fomentar un mayor uso de energías renovables en el sector eléctrico y los biocombustibles. Asimismo, se describen aquellas políticas especiales e instrumentos que derivan de la legislación secundaria con el objetivo de tener una matriz energética más limpia y una menor emisión de gases de efecto invernadero.

1.1. Definición de las Energías Renovables

La Ley de Transición Energética (LTE) en su artículo 3, fracción decimosexta, define a las energías renovables como aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes.

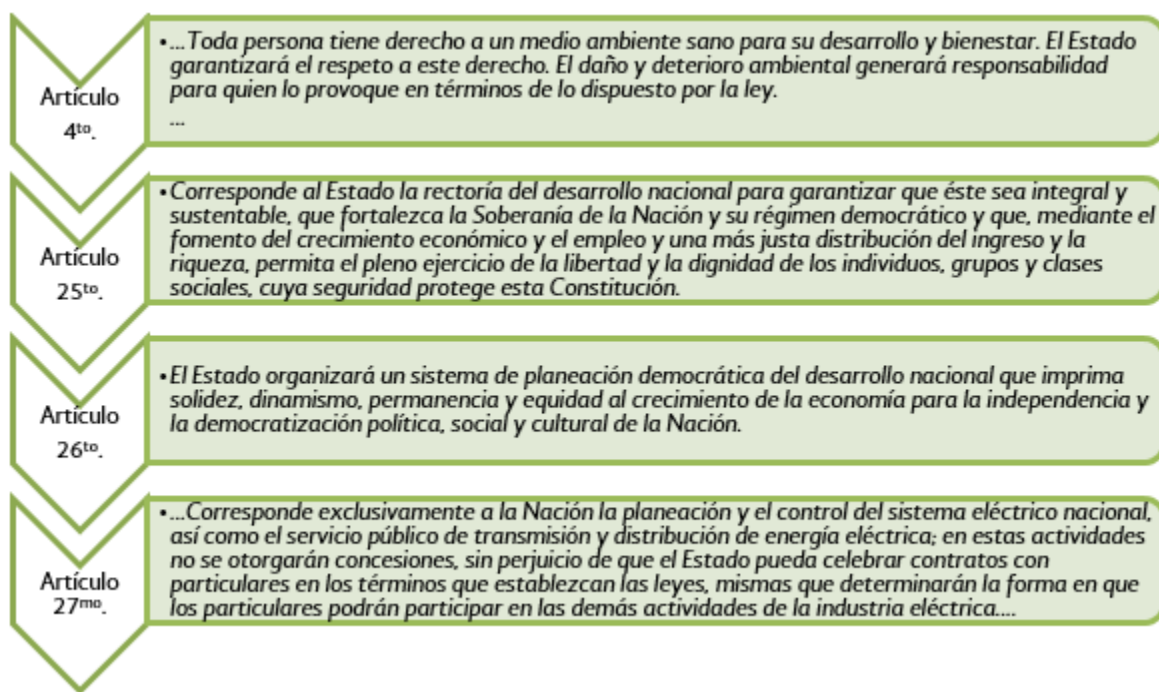
FIGURA 1. 1. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES



Fuente: Elaborado por SENER.

1.2. Marco Legal y Regulatorio de las Energías Renovables

El marco constitucional para la implementación de proyectos de energías renovables se establece en los Artículos 4, 25, 26 y 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que se presentan a continuación:



Fuente: Elaborado por SENER.

1.2.1. Legislación Secundaria

El papel de la legislación secundaria es garantizar el cumplimiento del mandato constitucional para brindar mayor competencia con absoluta transparencia y lograr con ello más productividad y mejores precios en el mercado energético. Tal es el caso de La Ley de Planeación y la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, que tienen bajo su ordenamiento las disposiciones generales de la planeación del sector energético.

Por su parte, para alcanzar los objetivos de la legislación secundaria es importante contar con órganos reguladores fuertes para un mercado eficiente, de ahí la importancia de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (véase figura 1.2).

Dentro de los nuevos elementos jurídicos, se encuentra aquella legislación que promueve una mayor participación de las energías renovables en la planeación del sector energético, como es el caso de la Ley General de Cambio Climático (LGCC), la LTE y la LIE. Estas tres leyes en conjunto buscan dar cumplimiento a las metas de generación de electricidad con energías limpias, y al compromiso de México adquirido en la Conferencia de las Partes para el Cambio Climático (COP21) de París², donde se plasmaron objetivos globales de acciones de mitigación de emisiones, como las metas de generación de energía eléctrica con energía limpia plasmadas en la LTE, y que México implementa en Programas y Estrategias que se describirán posteriormente (véase figura 1.3).

² Para mayor detalle consulte: <http://www.cop21paris.org/>

FIGURA 1. 2. PRINCIPALES LEYES PARA LA PLANEACIÓN ENERGÉTICA Y SU REGULACIÓN

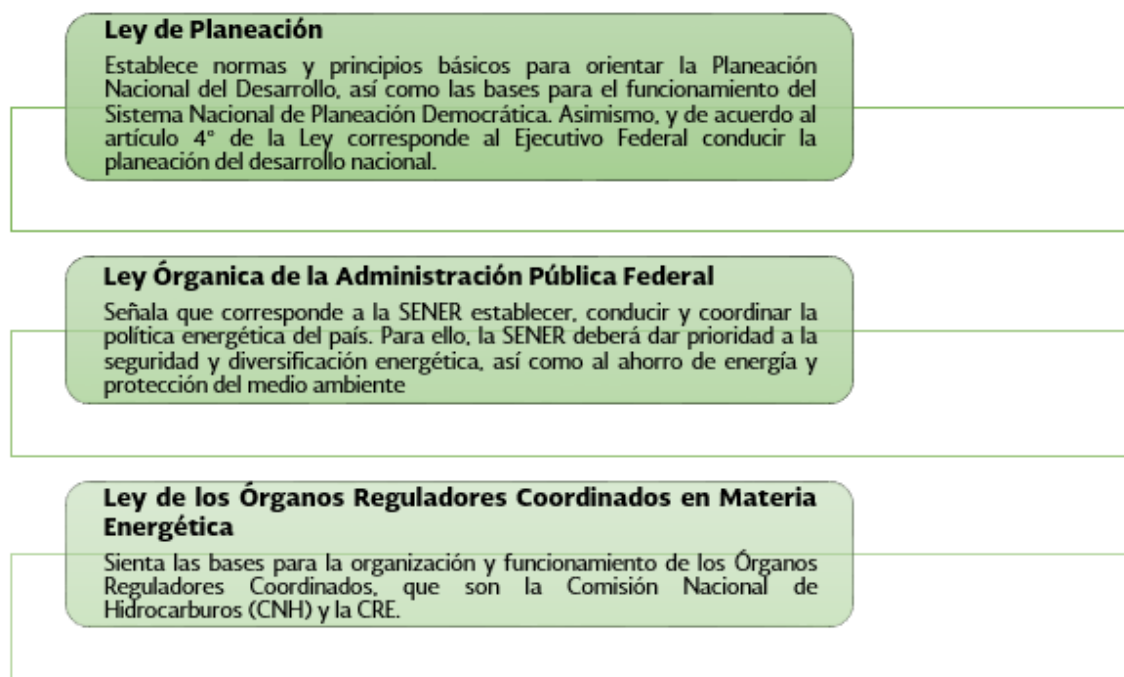
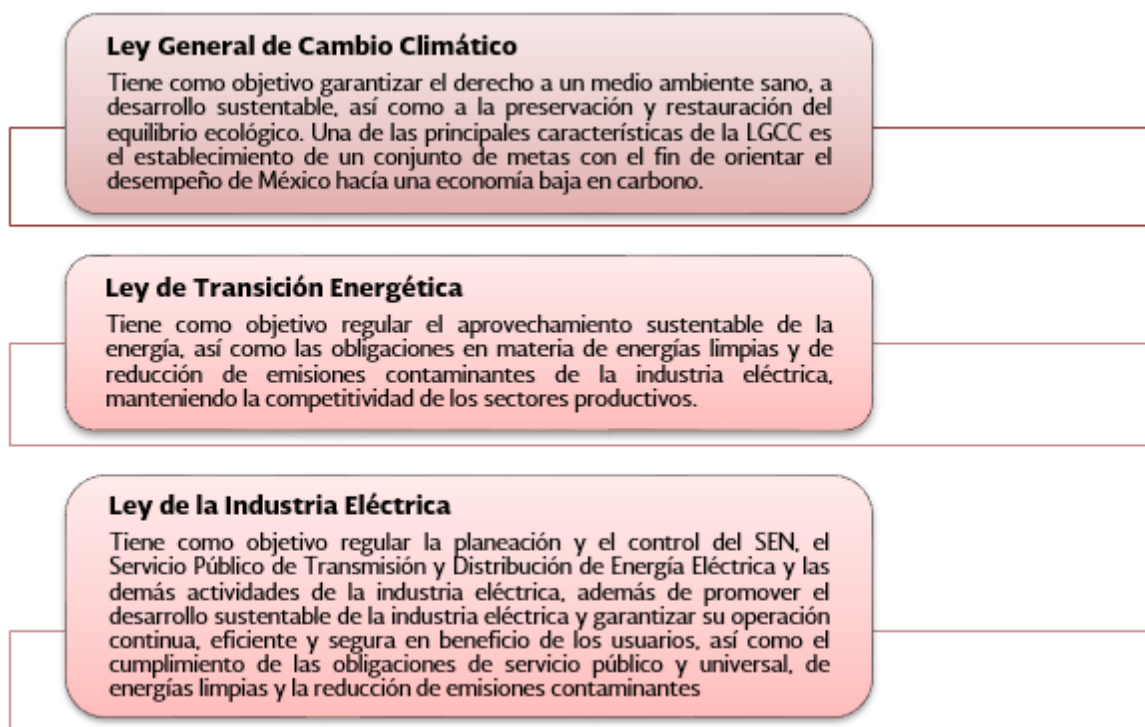


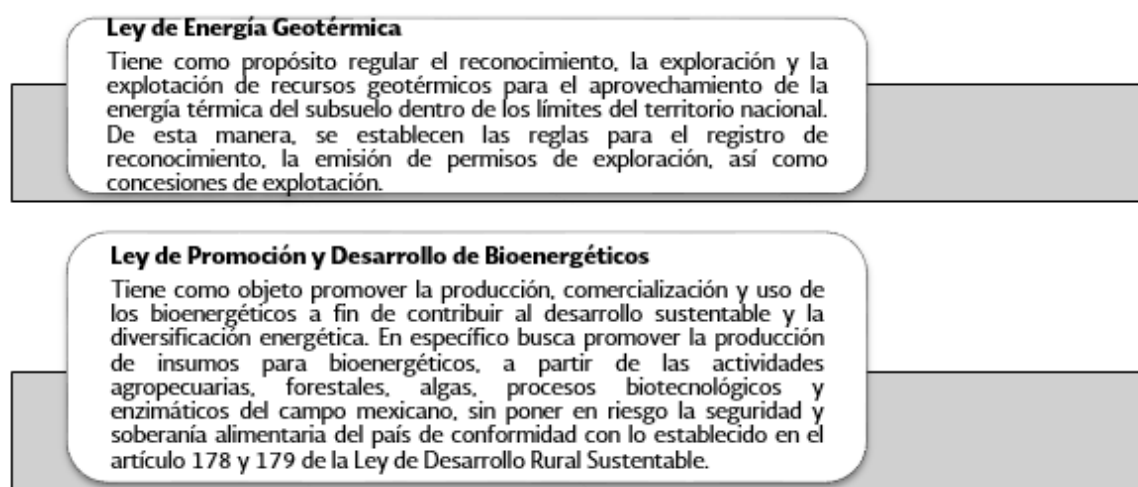
FIGURA 1. 3. OBJETIVOS DE LAS LEYES QUE PROMUEVEN UN MAYOR USO DE ENERGÍAS RENOVABLES



Fuente: Elaborado por SENER.

Por otra parte, existen otros tipos de legislaciones focalizadas en energías renovables estratégicas como Geotermia y Bioenergía, que tienen un importante potencial de crecimiento, por lo que requieren instrumentos jurídicos precisos (véase figura 1.4).

FIGURA 1. 4. LEGISLACIÓN SECUNDARIA PARA PROMOCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA Y BIOENERGÍA



Fuente: Elaborado por SENER.

1.3. Políticas e Instrumentos para el fomento de energías renovables

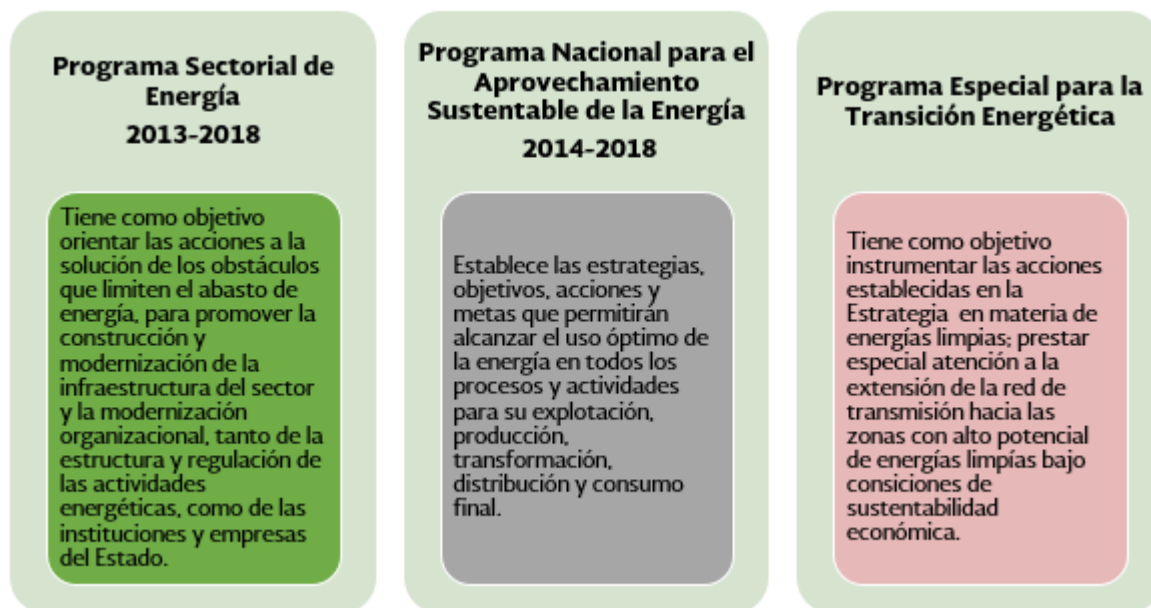
Existen una serie de instrumentos jurídicos derivados de la legislación secundaria para llevar a cabo el cumplimiento al mandato de sustentabilidad en la industria eléctrica, como son el Programa Especial de la Transición Energética, el Programa para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Estrategia para Promover el Uso de Combustibles y Tecnologías más Limpias, entre otros.

1.3.1. Programas y Estrategias

El Programa Sectorial de Energía 2013-2018, parte de un diagnóstico, en el que se presentó un recuento de la situación actual del sector energético y de los principales retos que se enfrentarían durante el período mencionado. Contiene los objetivos, prioridades y políticas que regirán el desempeño de las actividades del sector energético del país.

Para promover y ejecutar las políticas energéticas que requiere el país en materia de eficiencia y transición energética, se cuenta con dos programas específicos: El Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018 y el Programa Especial para la Transición Energética 2017-2018, ambos alineados a los objetivos, estrategias y líneas de acción del Plan Nacional de Desarrollo (véase figura 1.5).

FIGURA 1. 5. PROGRAMAS DE FOMENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

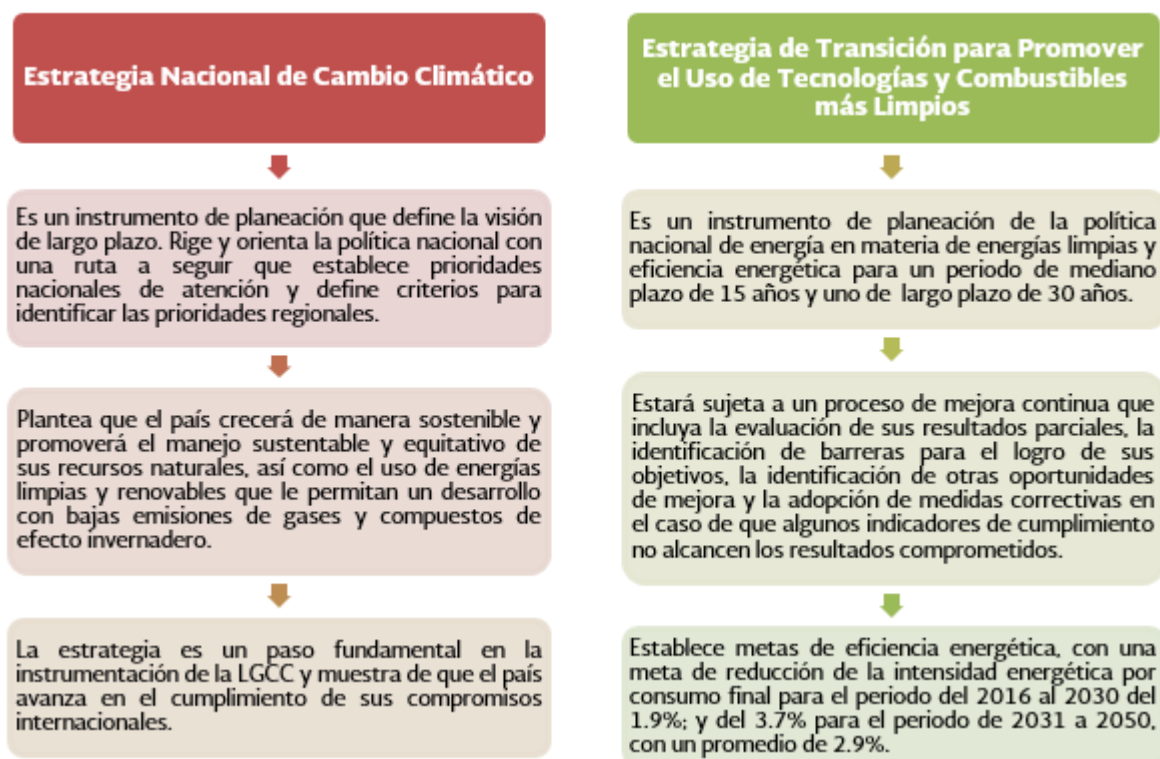


Fuente: Elaborado por SENER.

México está comprometido en la lucha global contra el cambio climático, dado que es un fenómeno del cual también es vulnerable. Para ello requiere una serie de estrategias que nos conduzcan a tomar acciones responsables por parte de todos los sectores de la sociedad, gobierno e iniciativa privada, sobre los hábitos de consumo y producción.

Así, la Estrategia Nacional de Cambio Climático y la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, son instrumentos que buscan guiar las acciones que requiere el país en los próximos años para impulsar el crecimiento sostenido y sustentable de la economía, con mayor productividad y sin la explotación irresponsable de los recursos naturales (véase figura 1.6).

FIGURA 1. 6. ESTRATEGIAS DE FOMENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

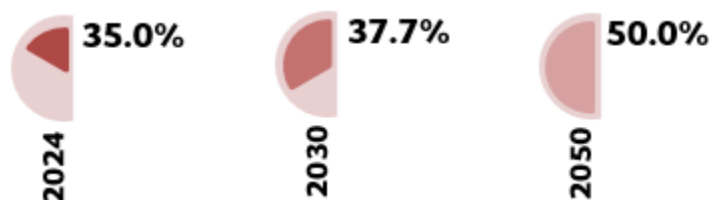


Fuente: Elaborado por SENER.

La Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, emana del mandato de la LTE y establece las metas a fin de que el consumo de energía eléctrica se satisfaga mediante un portafolio de alternativas que incluyan a la eficiencia energética y una proporción creciente de generación con energías limpias, en condiciones de viabilidad económica³.

La Estrategia establece políticas y acciones en materia de eficiencia energética, aplicable a cinco sectores, al igual que para energías limpias. Para dar seguimiento a las metas, la Estrategia cuenta con indicadores para monitorear la dinámica hacia la transición energética en la generación eléctrica y el consumo de energía en el país (véase figura 1.7).

FIGURA 1. 7. METAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍAS LIMPIAS
(porcentaje)



Fuente: Elaborado por SENER.

³ Para mayor detalle consulte:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/182202/20161110_1300h_Estrategia_CCTE-1.pdf

1.3.2. Instrumentos de política energética de fomento de las energías renovables

Incrementar el uso de las energías renovables en la matriz energética junto con la eficiencia energética, son mecanismos efectivos en la lucha contra el cambio climático. Además, contar con una diversidad de instrumentos de política energética permite una mayor cobertura en el cumplimiento de los objetivos plasmados en la LTE, de tal forma que la transición energética del país se lleve a cabo de acuerdo con lo establecido por la legislación.

Los fondos que la Administración Pública Federal destina para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía tienen por objeto captar y canalizar recursos financieros públicos y privados, nacionales o internacionales, para instrumentar acciones que sirvan para contribuir al cumplimiento de la Estrategia y apoyar programas y proyectos que diversifiquen y enriquezcan las opciones para el cumplimiento de las Metas en materia de energías limpias y eficiencia energética así como los demás objetivos de la LTE y los objetivos que determinan cada uno de los instrumentos de planeación y que se presentan a continuación.

Fondo para la Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía

El Fondo para la Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) es un Fideicomiso Público con compromiso social, diseñado bajo las mejores prácticas internacionales de que los países pueden crear economías más resilientes y competitivas; al contar con energía sustentable, estos pueden superar las limitaciones de los sistemas energéticos del pasado y establecer las economías del futuro basadas en energía no contaminante.

El FOTEASE fue constituido el 25 de febrero de 2009 y hasta julio de 2018 ha sesionado en 65 ocasiones autorizando apoyos destinados a la ejecución de 48 proyectos, de los cuales a agosto de 2018 se encuentran 21 vigentes, todos enfocados a promover y difundir la eficiencia energética y las energías renovables en México. Los recursos otorgados al Fideicomiso ascienden a 8,794 millones de pesos, el cual ha sido asignado por el Presupuesto de Egresos de la Federación desde su creación.

El destino de los recursos provenientes de las aportaciones recibidas se ha destinado en un 71.2% para eficiencia energética, 26.3% para la generación mediante energías renovables y en 2.5% para la elaboración de estudios y difusión de tecnologías limpias.

Durante la presente administración se han elaborado los compendios de logros del Fondo, los cuales son publicados en la página oficial de la SENER⁴, en ella se pueden consultar los Informes Cero, Uno y Dos, que describen las acciones desarrolladas desde la creación del Fideicomiso en 2009, hasta los años 2015, 2016 y 2017, respectivamente.

Fondo de Servicio Universal Eléctrico

El Fondo de Servicio Universal Eléctrico⁵ (FSUE) tiene como objetivo financiar acciones de electrificación en comunidades rurales y zonas urbanas marginadas que aún no tienen acceso a este servicio básico y así coadyuvar para incrementar la cobertura eléctrica en el país. Para el 2021 se espera contar con el 99.8% de la población electrificada.

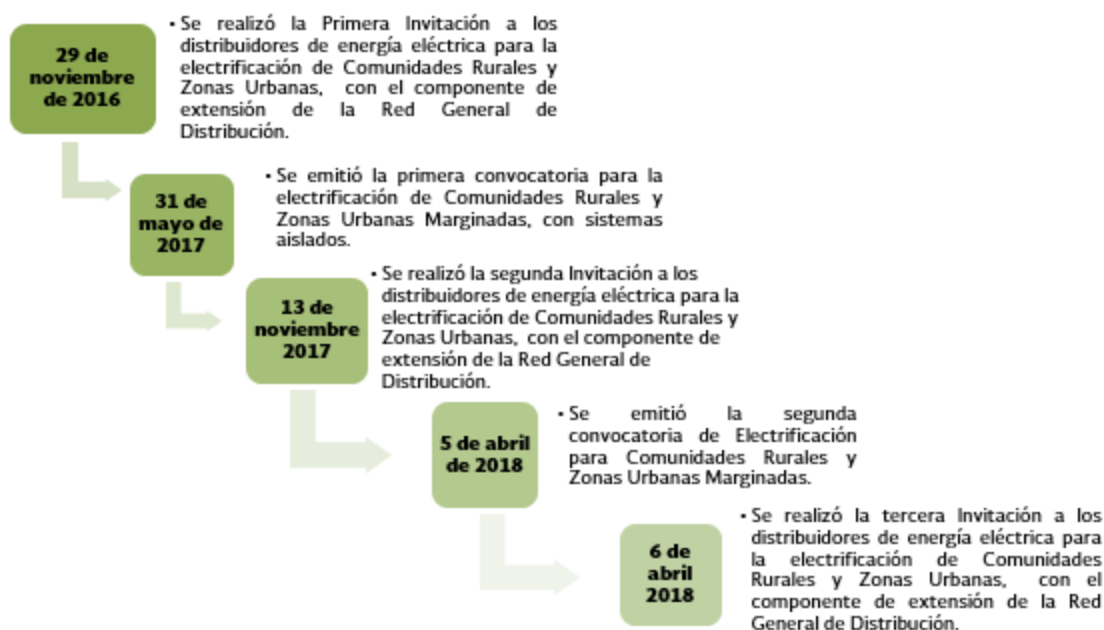
Las acciones de electrificación financiadas por el FSUE se desarrollan mediante dos Componentes:

4 <https://www.gob.mx/sener/articulos/el-fondo-para-la-transicion-energetica-y-el-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia-es-un-instrumento-de-politica-publica-de-la-secretaria>,

5 Para mayor detalle consulte: <http://fsueconvocatoriaaislados.fide.org.mx/>

- Extensión de Redes generales de distribución. Se invita a los distribuidores de energía eléctrica a presentar proyectos con acciones de electrificación en comunidades rurales y zonas urbanas marginadas que no cuentan con acceso a la electricidad.
- Sistemas Aislados de Electrificación. Se convoca a empresas a presentar proyectos para la electrificación de comunidades rurales y zonas urbanas marginadas.

FIGURA 1. 8. AVANCES DEL FSUE



Fuente: Elaborado por SENER.

Subastas Eléctricas de mediano y largo plazo

Las subastas eléctricas son mecanismos por los cuales se les permite a las entidades responsables de carga celebrar contratos en forma competitiva y en condiciones de prudencia para satisfacer las necesidades de Potencia, Energía Eléctrica Acumutable y Certificados de Energías Limpias (CELs).

Con el resultado obtenido en las tres primeras subastas de largo plazo, como se muestra en el cuadro 1.1, la matriz de generación eléctrica del SEN cuenta con una mayor participación de energías renovables. Y derivado de ello, México logró posicionarse dentro del ranking mundial de los países con los precios de energías limpias más bajos reportados en una subasta de energía eléctrica.

En marzo de 2018, la CRE y el CENACE publicaron la convocatoria de la cuarta Subasta Eléctrica de Largo Plazo⁶, siendo la primera vez que participa la CRE en el desarrollo de la subasta a fin de coadyuvar a que el Suministrador de Servicios Básicos y las Entidades Responsables de Carga anticipen sus necesidades de Energía, Potencia y Certificados de Energías Limpias, mediante procesos competitivos.

⁶ Para mayor detalle consulte:

<https://www.cenace.gob.mx/Docs/MercadoOperacion/Subastas/2018/01%20Convocatoria%20SLP2018%20v15%2003%202018.pdf>

CUADRO 1. 1. RESULTADOS DE LAS SUBASTAS ELÉCTRICAS A LARGO PLAZO

Capacidad contratada	Primera subasta	Segunda subasta	Tercera subasta
Solar	1,691 MW	1,853 MW	1,323 MW
Eólica	394 MW	1,283 MW	689 MW
Geotermia		25 MW	
Gas			550 MW
Precio promedio (USD por MWh)	41.8	33.47	20.57

Fuente: Elaborado por SENER.

Por su parte, la subasta de mediano plazo permite dar continuidad a la modernización de la industria mexicana en el sector y permitirá incrementar la infraestructura eléctrica del país.

En agosto de 2017 se dio a conocer la convocatoria⁷ de la primera subasta de mediano plazo cuyo objetivo es que los compradores y vendedores celebren contratos de cobertura eléctrica por un período máximo de tres años, que den certidumbre y reduzcan la exposición ante la volatilidad de precios del mercado de corto plazo.

En marzo de 2018 se dio a conocer el fallo⁸ de la primera subasta de mediano plazo 2017 en el cual se dieron a conocer las ofertas y las correspondientes asignaciones de contrato. Se reportó 41 ofertas de compra con precio definitivo para Energía y 10 ofertas de compra con precio definitivo para Potencia. Asimismo, se recibieron tres ofertas de venta para el producto de Energía y tres ofertas de Venta para el producto de Potencia.

Redes Eléctricas Inteligentes.

En mayo de 2016 se integró el Comité Consultivo de Redes Eléctricas Inteligentes en el que participan representantes del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), La Comisión Reguladora de Energía (CRE), Industria eléctrica e Instituciones de Investigación; dicho Comité da asesoría a la SENER sobre el desarrollo de Redes Eléctricas Inteligentes (REI), en ese mismo mes, contando con la opinión técnica de la CRE se aprobó y publicó el primer Programa de Redes Eléctricas Inteligentes el cual fue desarrollado por el CENACE con el apoyo del transportista, distribuidor y el suministrador; éste programa tiene como objetivo apoyar la modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución, para mantener una infraestructura confiable y segura que, entre otros aspectos facilite la incorporación de nuevas tecnologías que promuevan la integración de energía limpia y de la generación distribuida, dando mayor impulso a la generación limpia distribuida.

En este documento con relación a las REI, se identifican los motivadores y políticas para su despliegue, así como el plan de trabajo para la identificación y propuesta de los proyectos a desarrollar. En agosto de 2017 la SENER aprobó y publicó los proyectos de REI que desarrollarán el CENACE, el Transportista y el Distribuidor.

Certificados de Energías Limpias

La LIE define en su artículo 3, fracción VIII, los CELs como aquel título emitido por la CRE que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de Energías Limpias y que sirve para cumplir los requisitos asociados al consumo de los Centros de Carga.

⁷ Para mayor detalle consulte: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/248710/01_Convocatoria_SMP_1-2017_15082017.pdf

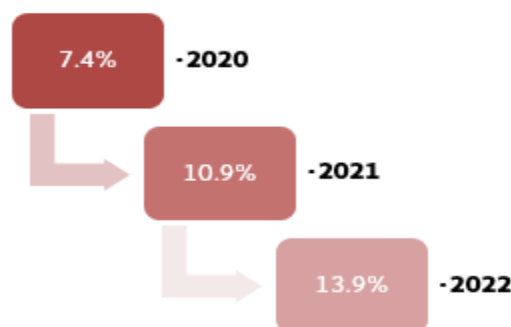
⁸ Para mayor detalle consulte:

http://www.cenace.gob.mx/Docs/MercadoOperacion/Subastas/MedianoPlazo/2017/34%20Fallo%20de%20la%20SMP%201_2017_20180305.pdf

Los Certificados son un instrumento para promover nuevas inversiones en energías limpias y permiten transformar en obligaciones individuales las metas nacionales de generación limpia de electricidad, de forma eficaz y al menor costo para el país.

El precio de los Certificados se fija en función de la demanda y oferta, atendiendo a los criterios publicados por la SENER y el período de obligación es el período comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de cada año.

FIGURA 1. 9. REQUISITO DE CERTIFICADOS DE ENERGÍAS LIMPIAS, 2020, 2021 Y 2022⁹



Fuente: Elaborado por SENER.

Inventario Nacional de las Energías Limpias y Atlas de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias

El Inventario Nacional de las Energías Limpias (INEL, antes INERE) y el Atlas de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL), son instrumentos en constante actualización desarrollados por la SENER en conjunto con otras instituciones, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), CFE, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Laboratorio Nacional de Energías Renovables de USA, etc.) para brindar apoyo en la identificación de zonas factibles para el desarrollo de proyectos con energías limpias y por ende, renovables (véase Figura 1.10).

Estos instrumentos cuentan con mapas de apoyo que identifican zonas con algún tipo de restricción o condicionante para desarrollar proyectos como aspectos de carácter ambiental, social, climatológicos e incluso zonas arqueológicas y sitios históricos.

Durante 2018 se integró una nueva versión del Atlas de Biomasa y se adicionaron los nuevos Atlas de Captura, Almacenamiento y Aprovechamiento de Carbono (CCUS por sus siglas en inglés), y el Atlas de Energía Oceánica. (ver apartado de Estudios y Tendencias en la Energías Renovables). Está en proceso la elaboración del Atlas Eólico Mexicano, que se integrará al AZEL y al Inventario, y aportará a ambas plataformas información de clase mundial respecto del potencial eólico existente en el país.

Las próximas actualizaciones consideradas para el AZEL son: evaluar las zonas con alto potencial para generación de fuentes como la hidroeléctrica, oleaje, cogeneración eficiente y CCUS, así como integrar otras capas de información como la capacidad de la red (inclusión de nivel de congestión por nodo) y futuras redes de transmisión/distribución; costos de generación eléctrica por tecnología por nodo/región; y aspectos relevantes de carácter político, social y/o medioambiental. Se prevé mejorar al AZEL mediante una identificación de zonas calificadas y/o prioritarias para los gobiernos federal y local y los desarrolladores, de manera que se fortalezcan los planes de expansión y modernización de la Red Nacional de Transmisión (RNT) y se agregue valor al diseño de las subastas de energías limpias.

FIGURA 1. 10. INSTRUMENTOS DE LA SENER PARA LA PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

⁹ Para mayor detalle consulte: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5478190&fecha=31/03/2017



Fuente: Elaborado por SENER.

Energías Renovables en Línea (ENRELMx)

El ENRELMx es una plataforma que integra 38 trámites para la construcción de un proyecto de energías renovables mayor a 0.5 MW en el portal GOB.MX, el cual permite gestionar los servicios gubernamentales a toda hora (24X7), desde cualquier lugar y dispositivo. Esto incrementa la transparencia y reduce discrecionalidad y tiempos en la obtención de permisos, alineándose a los objetivos del Programa de un Gobierno Moderno y Cercano y a la Estrategia Digital Nacional y a lo estipulado en el Artículo 14, Fracción XII, inciso f) de la LTE.

En esta plataforma participan, además de la SENER, la SEMARNAT, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), CRE, CENACE, Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). La plataforma inició operaciones en 2018. Asimismo, la herramienta contiene una ruta crítica que permite identificar todos los trámites necesarios y además muestra aquellos que pueden realizarse de manera simultánea, y así disminuir el tiempo promedio de ejecución de todos los trámites del proyecto.

ENRELMx permite a los inversionistas dar seguimiento al avance de cada uno de sus proyectos y sus respectivos trámites.

Plataforma Informática en Materia de Generación Distribuida

En mayo de 2018 se publicó en la página de la CRE la Plataforma Informática en Materia de Generación Distribuida¹⁰, que permite a los usuarios dar seguimiento al estatus de su solicitud de interconexión, así como informar la capacidad disponible con la que cuentan los circuitos de distribución para interconectar centrales eléctricas de generación distribuida.

La Plataforma es una herramienta que surge de la obligación establecida por la CRE mediante las Disposiciones Administrativas en materia de Generación Distribuida y permite manejar a través de internet la elaboración,

¹⁰ <https://www.gob.mx/cre/articulos/plataforma-informatica-en-materia-de-generacion-distribuida?idiom=es>

recepción, seguimiento, atención y emisión de aprobación de las solicitudes de interconexión, para garantizar un trato eficaz, uniforme y no indebidamente discriminatorio a todos los solicitantes de interconexión, de acuerdo con el proceso y los tiempos definidos en el Manual de interconexión¹¹. Permite también conocer la capacidad disponible a través de estadísticas de la integración a las Redes Generales de Distribución.

FIGURA 1. 11. PLATAFORMA INFORMÁTICA EN MATERIA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Plataforma informática en materia de Generación Distribuida de CFE Distribución

La CFE Distribución, pone a disposición el servicio para la elaboración, recepción, seguimiento, atención y emisión de aprobación de las solicitudes de interconexión de centrales eléctricas de generación distribuida. Si usted está interesado en realizar una solicitud de interconexión, deberá acudir con un suministrador, quien le asignará un número de solicitud con el cual podrá verificar su estatus en esta misma plataforma.

También se podrá realizar la consulta de las estadísticas de la integración de la generación distribuida de los circuitos de media tensión de las Redes Generales de Distribución, ubicando un domicilio.

Consulta la integración de la generación distribuida cerca de tu domicilio

Consulta por domicilio

Consultar

Consulta el estatus de una solicitud

Número de solicitud

Consultar

Acceso a Suministradores

Correo electrónico

Contraseña

Ingresar

Fuente: SENER.

1.3.3. Avances para el fomento de las Energías Renovables 2017-2018

Se elaboraron los “Lineamientos para el Aprovechamiento de la Energía Geotérmica para Usos Diversos”¹², para promover la inversión en proyectos de pequeña y mediana escala y detonar un mercado potencial para generar calor, frío y pequeñas unidades de generación eléctrica y los “Lineamientos de Calidad para Biocombustibles Puros” que serán mezclados con hidrocarburos de acuerdo a las Normatividades Mexicanas (NOMs) existentes.

Se publicaron los Mapas de Ruta Tecnológica de Geotermia, de Sistemas Fotovoltaicos y Eólicos, Energía Solar Térmica, del Océano, y para la implementación de políticas públicas sobre generación distribuida. Estos documentos contienen la información sobre los pasos a seguir para promover el desarrollo de estas tecnologías, e incluyen la formación de recursos humanos, la investigación y cuantificación del recurso energético y la manufactura de la tecnología por parte de la industria mexicana.

Se publicó el Programa de Redes Eléctricas Inteligentes que ayudará a la incorporación al sistema de nuevas tecnologías y más energía renovable.

Se alcanzó una cifra de 2,366 técnicos certificados en energías renovables y eficiencia energética. Se superó la meta esperada en el índice de cadenas de valor que publica Bloomberg: el *Climatoscope*, llegando a 4.23

¹¹ Para mayor detalle consulte:

<https://www.cenace.gob.mx/Docs/MarcoRegulatorio/Manuales/Manual%20de%20Interconexi%C3%B3n%20Centrales%20y%20Conexi%C3%B3n%20Centros%20Carga%20DOF%202018-02-09.pdf>

¹² Los Lineamientos para el Aprovechamiento de la Energía Geotérmica para Usos Diversos; los Lineamientos de Calidad para Biocombustibles Puros y la Metodología para calcular las externalidades todavía no se publican.



cuando; la meta establecida fue de 4.1. Se desarrollaron criterios técnicos para evaluar empresas proveedoras de tecnologías y servicios de Energías Renovables con el objetivo de crear un estándar de proveedores confiables. En agosto de 2017 inició el Programa de Maestría en Captura, Uso y Almacenamiento de Carbono (CCUS) UNAM-Berkeley, y en noviembre de 2017 se publicó la convocatoria para la conformación del Centro Mexicano en CCUS (CEMCCUS).

Se elaboró, en conjunto con SEMARNAT, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y CRE la metodología para calcular las externalidades ambientales que aplicará a todos los nuevos proyectos de generación de energía, de acuerdo a lo establecido en la LTE.

1.3.4. Energía del Océano

México cuenta con 3.15 millones de km² de superficie marítima, la cual tiene un importante potencial para la generación de energía eléctrica. Para el aprovechamiento de este potencial, se estudian las cinco fuentes de energía que el océano posee; oleaje, corrientes marinas, mareas, gradiente térmico y gradiente salino.

En mayo de 2016, gracias al apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo, se desarrolló un mapeo y determinación de los lineamientos y normatividad en materia de energías del océano, con el objetivo de conocer las necesidades y definir una estrategia para proveer de bases normativas aplicables a proyectos de energías del océano. Este trabajo derivó en un manual de procedimientos que incluye los aspectos legales para la generación, implementación, construcción y colocación de tecnología que aproveche el recurso marino, de acuerdo con las bases normativas existentes en México.

En enero de 2017, la SENER conformó el Centro Mexicano de Innovación en Energías del Océano en tanto que, en diciembre de ese mismo año, se publicó el Mapa de Ruta Tecnológica en dicho tema con el propósito de identificar los retos y barreras para el aprovechamiento del recurso marino al año 2030. En él se considera factible tener una capacidad instalada de 500 a 1,000 MW para generar electricidad a través de la puesta en marcha de proyectos demostrativos y comerciales; sin embargo, existen retos como la conexión a la red, estudios de factibilidad, madurez en los procesos normativos y permisos que ayuden a incentivar las inversiones en dichos proyectos.

A 2018, se han realizado distintas actividades encaminadas en la conformación de una Política Pública que permita el despliegue y desarrollo de proyectos para el aprovechamiento de energías del océano tales como: el manual de normatividad (SENER, 2016), mapa de ruta tecnológica de Energías del Océano (SENER, 2017), libro “El estado del Arte de la Conversión de Energía Térmica Oceánica” (CEMIE-Océano, 2018), Atlas de Oleaje (GEIC, 2018) y estudios en el Puerto El Sauzal en Ensenada, Baja California, en Cozumel, Quintana Roo y en el Puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán; así como talleres en temas técnicos y ambientales sobre gradientes térmicos y gradientes salinos.

1.4. Uso y Calidad de Biocombustibles

En 2017, con la modificación de la NOM-016-CRE-2016, se autorizó en la zona denominada Resto del País, excepto Zonas Metropolitanas de Guadalajara, Monterrey y Valle de México, el uso del etanol anhidro en una proporción del 10%, con lo que se pretende contribuir a la diversificación de la matriz energética. Adicionalmente, se evalúa la posibilidad de ampliar su uso en las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey e incluir el Biodiésel como B5 en todo el país.

También se desarrollaron Lineamientos que establecen la calidad de los biocombustibles líquidos puros que servirán para regular el biocombustible que se utilizará en la NOM-016-CRE-2016. Dichos lineamientos se encuentran en proceso de publicación en el Diario Oficial de la Federación, al tiempo que se prepara una Norma Oficial Mexicana emergente con el mismo propósito.

CAPÍTULO DOS. DIAGNÓSTICO HISTÓRICO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES, 2007-2017

Las energías renovables hoy en día, tienen un papel muy importante en la generación de energía eléctrica debido a los múltiples esfuerzos para incrementar su participación en la matriz energética. Así, ante el constante crecimiento del sector eléctrico, uno de los principales impulsores de la economía nacional, las energías renovables se han abierto camino gracias a los avances tecnológicos que han permitido la disminución de sus costos

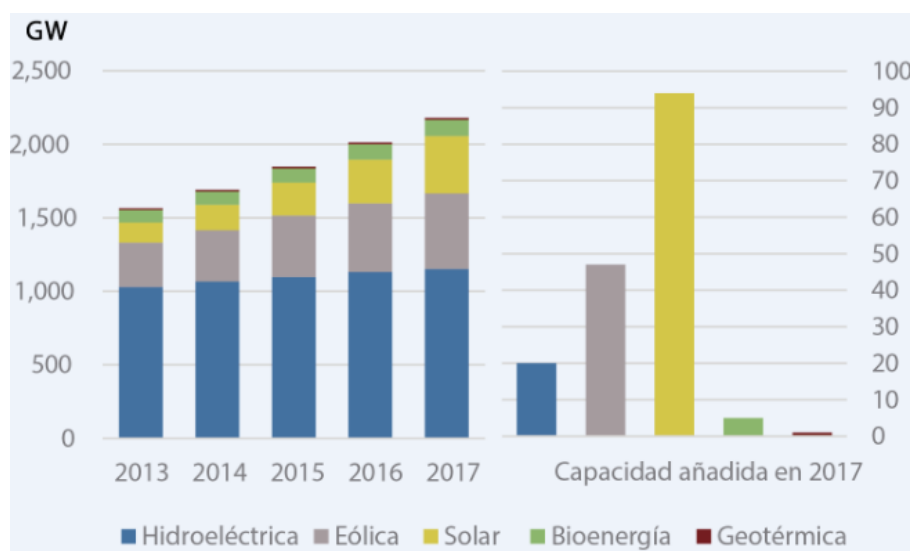
Entre 2007 y 2017, los usuarios de electricidad se incrementaron a una tasa media de crecimiento anual de 2.5%, y registran en el último año poco más de 42 millones de usuarios. Por ende, el consumo bruto de energía eléctrica del SEN creció, para el mismo período, a una tasa media de 2.6%, para ubicarse en 309,727 GWh. En respuesta a estos incrementos, la generación eléctrica con energías renovables creció a una tasa de 4.0%

En el presente capítulo se detallará la participación de cada una de las energías renovables en el sector eléctrico en el período histórico 2007-2017. Cabe mencionar, que la información aquí presentada toma como referencia el Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética, al cierre de 2017¹³.

2.1. Contexto Internacional de las Energías Renovables

De acuerdo a lo reportado en el documento *Renewable Capacity Statistics 2018*¹⁴, publicado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), en 2017 la capacidad total de generación eléctrica con energías renovables a nivel global fue de 2,179 GW, lo que representó un incremento de 8.3% con respecto al 2016, es decir hubo un incremento de 167 GW, y de éste el 85% proviene de las energías eólica y solar. El 64% de la nueva capacidad instalada fue en la región de Asia (véase figura 2.1).

FIGURA 2. 1. CRECIMIENTO EN LA CAPACIDAD INSTALADA



¹³ Para mayor detalle consulte:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/340121/Informe_Renovables_2017_cierre.pdf

¹⁴ <http://www.irena.org/publications/2018/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2018>

Fuente: Renewable capacity highlights 2018, IRENA.

Al cierre de 2017, continúa una importante reconfiguración de la matriz energética, y aunque la energía hidroeléctrica sigue siendo la energía predominante con un 53% (1,152 GW), otras energías como la eólica y la solar han ganado terreno con una participación de 23% (514 GW) y 18% (397 GW) del total de capacidad con energías renovables respectivamente.

La energía solar volvió a ocupar el primer lugar en incremento de capacidad instalada, con 94 GW, 32% mayor que lo reportado en 2016, seguido de la energía eólica con un aumento de 47 GW. Las capacidades de energía hidroeléctrica y bioenergía aumentaron en 21 GW y 5 GW respectivamente. La energía geotérmica aumentó en poco menos de 1 GW. Asimismo, según lo reportado en 2017 y a nivel mundial, México ocupó el lugar número 17 en capacidad instalada. Posicionándolo como el segundo país latinoamericano con mayor capacidad instalada de energías renovables, representando cerca del 1% del total global.

2.1.1. Aspectos destacados por tecnología (2016-2017)¹⁵

Energía Hidroeléctrica: La cantidad de nueva capacidad hidroeléctrica oficial al cierre de 2017 fue la más baja observada en la última década. Brasil y China en conjunto, presentan la mayor parte de esta expansión (12.4 GW o 60% de toda la nueva capacidad).

Energía Eólica: Tres cuartas partes de la nueva capacidad de energía eólica se instalaron en cinco países: China (15 GW); Estados Unidos (6 GW); Alemania (6 GW); Reino Unido (4 GW); e India (4 GW). Brasil y Francia también instalaron más de 1 GW.

Energía Solar: En 2017 Asia continuó dominando la expansión de la capacidad solar mundial con un incremento de 72 GW al total reportado. Tres países representaron la mayor parte de este crecimiento, con aumentos en China de 53 GW (68% mayor que en el 2016), en India: 9.6 GW (100% con respecto al 2016) y en Japón con 7 GW (17% más de lo reportado en el 2016). Otros países que instalaron más de 1 GW de energía solar en 2017 fueron: Estados Unidos (8.2 GW); Turquía (2.6 GW); Alemania (1.7 GW); Australia (1.2 GW); Corea del Sur (1.1 GW); y Brasil (1 GW).

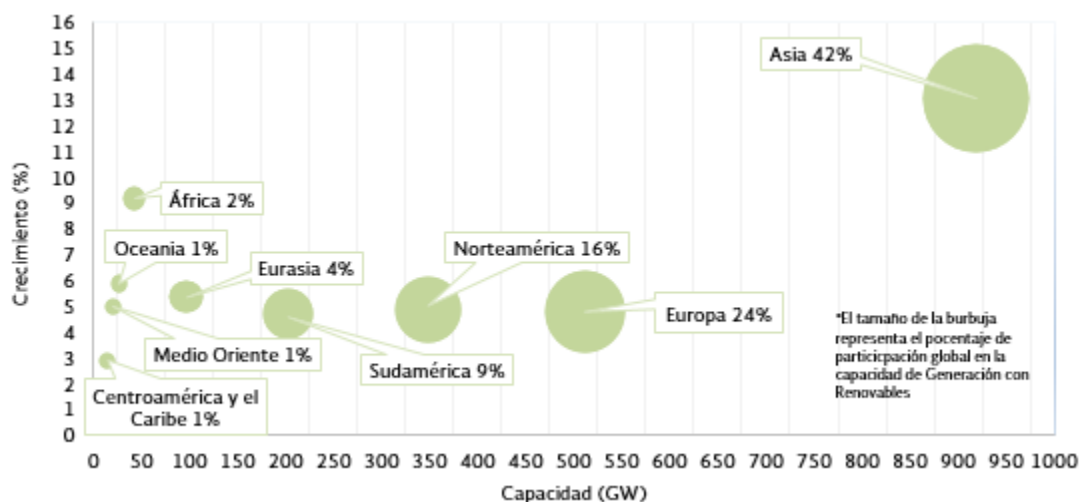
Energía Geotérmica: La capacidad de energía geotérmica aumentó en 0.644 GW en 2017, con importantes expansiones en Indonesia 0.306 GW y Turquía con 0.243 GW. Turquía superó el nivel de capacidad geotérmica de 1 GW al final del año e Indonesia se acerca rápidamente a los 2 GW.

Bioenergía: Asia sigue representando la mayor parte del aumento de la capacidad de bioenergía, con aumentos de 2.1 GW en China, 0.510 GW en India y 0.430 GW en Tailandia. La capacidad de bioenergía también aumentó en Europa (1.0 GW) y Sudamérica (0.500 GW). Sin embargo, en Sudamérica el crecimiento en la capacidad de bioenergía fue inferior en comparación con años anteriores.

Generación Distribuida: Se estima que alrededor de 6.6 GW de capacidad de generación renovable atiende a clientes que no están conectados a la red. Ésta cifra es 10% superior a lo reportado en el año 2016 y equivalente a 0.620 GW. La cantidad estimada de personas que utilizan energías renovables fuera de la red también se calcula en 146 millones, de los cuales 115 millones utilizan luces solares y el resto está conectado a otros tipos de energía renovable (véase figura 2.2).

¹⁵ http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/RE_capacity_highlights_2018.pdf?la=en&hash=21795787DA9BB41A32D2FF3A9C0702C43857B39C

FIGURA 2. 2. CAPACIDAD DE GENERACIÓN RENOVABLE A NIVEL REGIONAL



Fuente: Elaboración propia con base a información del Renewable Capacity Highlights 2018, IRENA.

2.2. Potencial de las Energías Renovables en México

México cuenta con dos instrumentos estratégicos para la localización de recursos potenciales para la generación de energía eléctrica con energías renovables, estos son el INEL y el AZEL, instrumentos previamente descritos en el capítulo anterior.

El INEL, a través de mapas interactivos, permite identificar el potencial existente para la generación de energía, las zonas en las que es factible desarrollar nuevos proyectos, e incluso los proyectos que ya se encuentran en desarrollo o que cuentan con algún permiso. También se puede consultar y descargar información de las centrales generadoras con tecnologías limpias que se encuentran en funcionamiento.

Los potenciales de generación¹⁶ con los que cuenta México se clasifican en Probado, Probable y Posible, como se muestra en la figura 2.3 y tabla 2.1.

FIGURA 2. 3. TIPOS DE POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Potencial Probado	• Es aquel Potencial que cuenta con estudios técnicos y económicos que comprueban la factibilidad de su aprovechamiento, se encuentra en las energías eólica y solar.
Potencial Probable	• Es aquel que cuenta con estudios de campo que comprueban la presencia de los recursos, pero que no son suficientes para evaluar la factibilidad técnica y económica de explotación, corresponde a los recursos geotérmicos.
Potencial Posible	• Se refiere al potencial teórico de los recursos pero que carece de los estudios necesarios para evaluar la factibilidad técnica y los posibles impactos económicos, ambientales y sociales. En este rubro el mayor potencial está en la energía solar seguida de la eólica.

Fuente: Elaborado por SENER con información del Inventario de Energías Limpias.

¹⁶ Es la energía eléctrica que podría ser generada por una central eléctrica durante un año.

TABLA 2. 1. POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO, 2017
(GWh/a)

Recursos	Geotérmica	Hidráulica	Eólica	Solar	Biomasa	Oceánica
Probado	2,610	4,920	25,104	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 INERE (próximamente INEL), con información actualizada a septiembre de 2016.

Por otra parte, tomando en consideración las restricciones ambientales, sociales y tecnológicas, el AZEL define 4 escenarios que permitirán al país aprovechar los recursos renovables y limpios en el corto, mediano y largo plazo (véase Figura 2.4 y tabla 2.2).

FIGURA 2. 4. DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS DE ZONAS DE ALTO POTENCIAL

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Identifica zonas o sitios de alto potencial para el desarrollo de proyectos de generación limpia sin considerar distancias a la Red Nacional de Transmisión.	Identifica zonas o sitios de alto potencial para el desarrollo de proyectos de generación limpia, situados a una distancia media (20 km) a la Red de Transmisión.	Identifica zonas o sitios de alto potencial para el desarrollo de proyectos de generación limpia cercanos (2 km para energía solar y 10 km para las fuentes de energía restantes) a la Red Nacional de Transmisión.	Identifica zonas o sitios de alto potencial para el desarrollo de proyectos de generación limpia lejanos (>20 km) a la Red Nacional de Transmisión.

Fuente: Elaborado por SENER con información del AZEL.

TABLA 2. 2. POTENCIAL DE CAPACIDAD Y GENERACIÓN ELÉCTRICA POR ESCENARIOS
(MW, GWh/a)

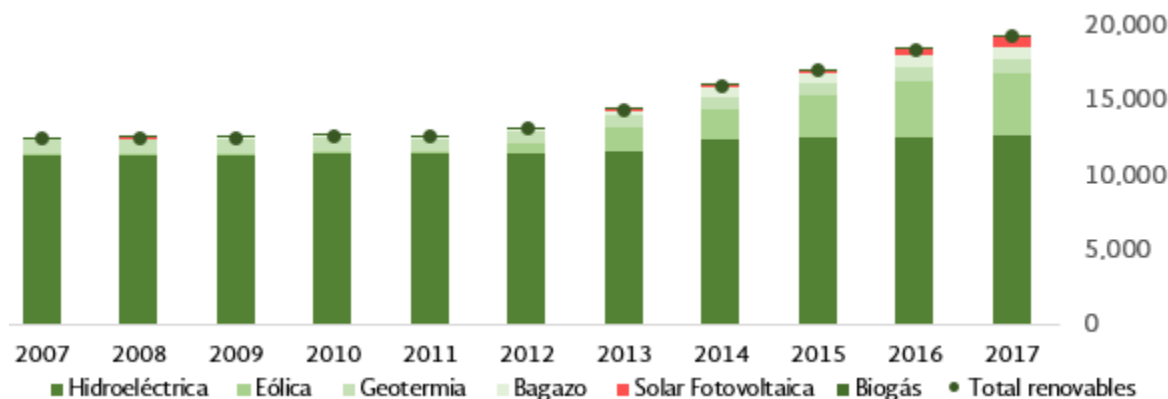
Energía	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4	
	Capacidad Instalable (MW)	Potencial de Generación (GWh/a)	Capacidad Instalable (MW)	Potencial de Generación (GWh/a)	Capacidad instalable (MW)	Potencial de Generación (GWh/a)	Capacidad instalable (MW)	Potencial de Generación (GWh/a)
Solar fijo	33,482,300	60,622,953	18,269,133	33,036,744	3,971,421	7,215,578	13,207,976	23,930,277
Solar Seguimiento	23,929,631	59,371,346	12,875,592	31,881,155	2,790,538	6,932,762	9,546,586	23,886,562
Eólica	2,332,800	5,946,850	1,160,996	2,961,328	633,207	1,611,386	1,189,777	3,000,743
Geotérmica	174	1,373	571	4,509	399	3,146	125	986
Biomasa	963	6,752	1,082	7,588	1,478	10,365	0	0
Total	59,745,868	125,949,274	32,307,374	67,891,324	7,397,043	15,773,237	23,944,464	50,818,568

Fuente: Elaborado por SENER con información del AZEL.

2.3. Diagnóstico Histórico de las Energías Renovables

Para el período 2007-2017, la capacidad instalada de generación eléctrica con energías renovables creció a una tasa media anual de 4.5%. Las energías eólica y solar presentaron la mayor tasa de crecimiento promedio anual con 47.6% y 43.2% respectivamente (véase figura 2.5).

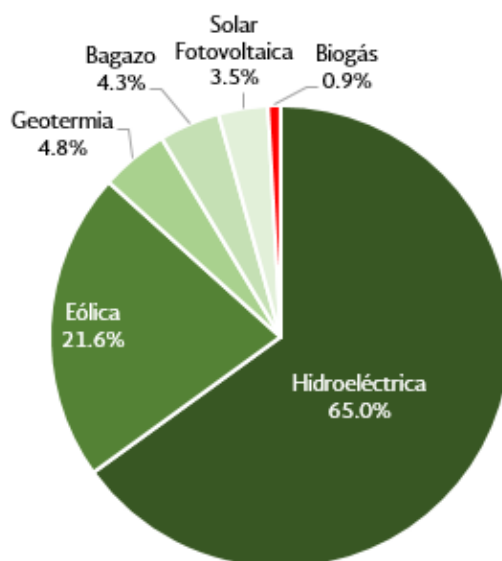
FIGURA 2. 5. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE ENERGÍAS RENOVABLES
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

Por tecnología, la energía hidroeléctrica tuvo la mayor participación dentro de las energías renovables del total reportado en 2017, seguida de la energía eólica (véase figura 2.5).

FIGURA 2. 6. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA CAPACIDAD INSTALADA DE GENERACIÓN EN MÉXICO, 2017
(Porcentaje)

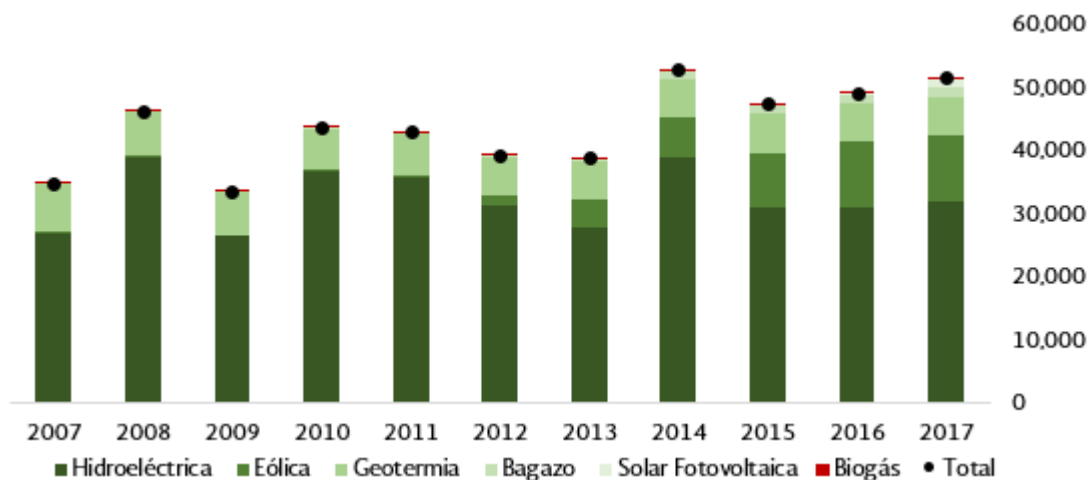


*Se incluye generación distribuida.

Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

Respecto a la generación eléctrica, el crecimiento promedio anual de la generación eléctrica entre 2007 y 2017 proveniente de tecnologías renovables fue de 4.0% (véase figura 2.7).

FIGURA 2. 7. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN BRUTA ELÉCTRICA CON TECNOLOGÍAS RENOVABLES, 2017
(GWh)

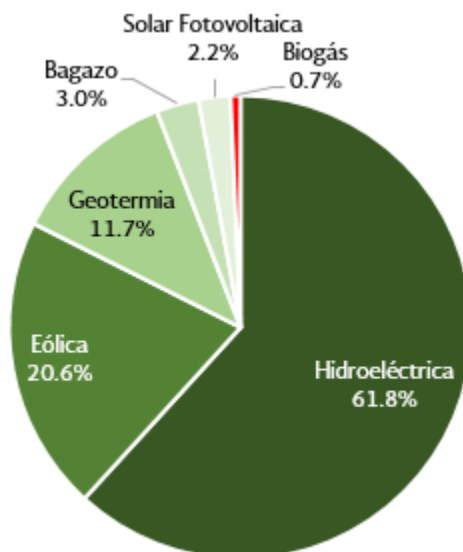


*Se incluye generación distribuida

Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

La generación con energía hidroeléctrica representó en 2017, el 61.8% del total de participación de las energías renovables (véase figura 2.8).

FIGURA 2. 8. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN BRUTA EN MÉXICO, 2017
(Porcentaje)



*Se incluye generación distribuida

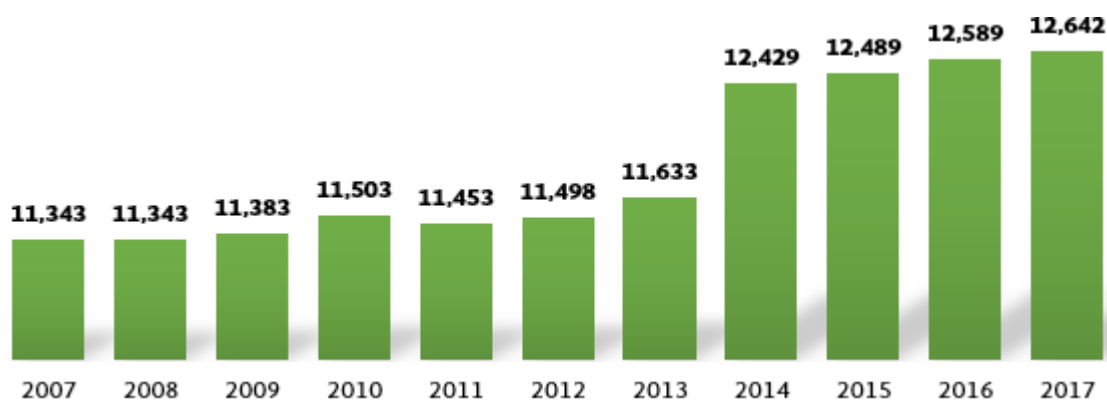
Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

2.3.1. Energía Hidroeléctrica

La Energía Hidroeléctrica ocupa la primera posición dentro de las energías renovables en México.

- Para el período 2007-2017 la capacidad instalada de generación de energía hidroeléctrica creció a una tasa media anual de 1.1%.

FIGURA 2. 9. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA
(MW)

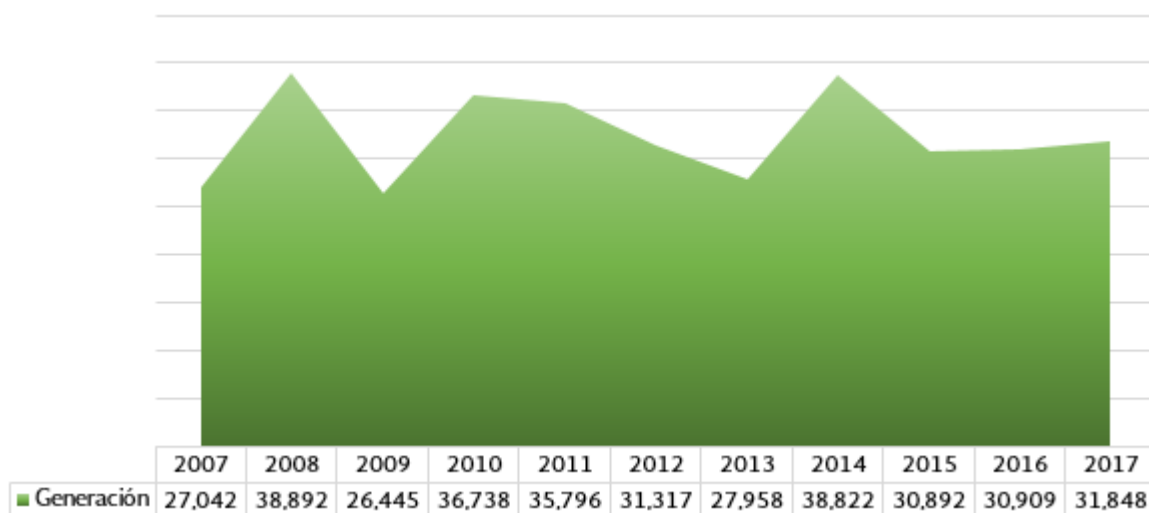


Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

Históricamente, se ha comprobado la alta vulnerabilidad de esta fuente ante los fenómenos climatológicos, por lo que se buscan alternativas que permitan dar un mayor respaldo y resiliencia a esta tecnología, como el fomento al desarrollo de pequeñas hidroeléctricas y mini hidroeléctricas y al rebombeo hídrico.

- En la última década, la generación de energía hidroeléctrica presentó un crecimiento promedio anual de 1.6% (véase Figura 2.10).

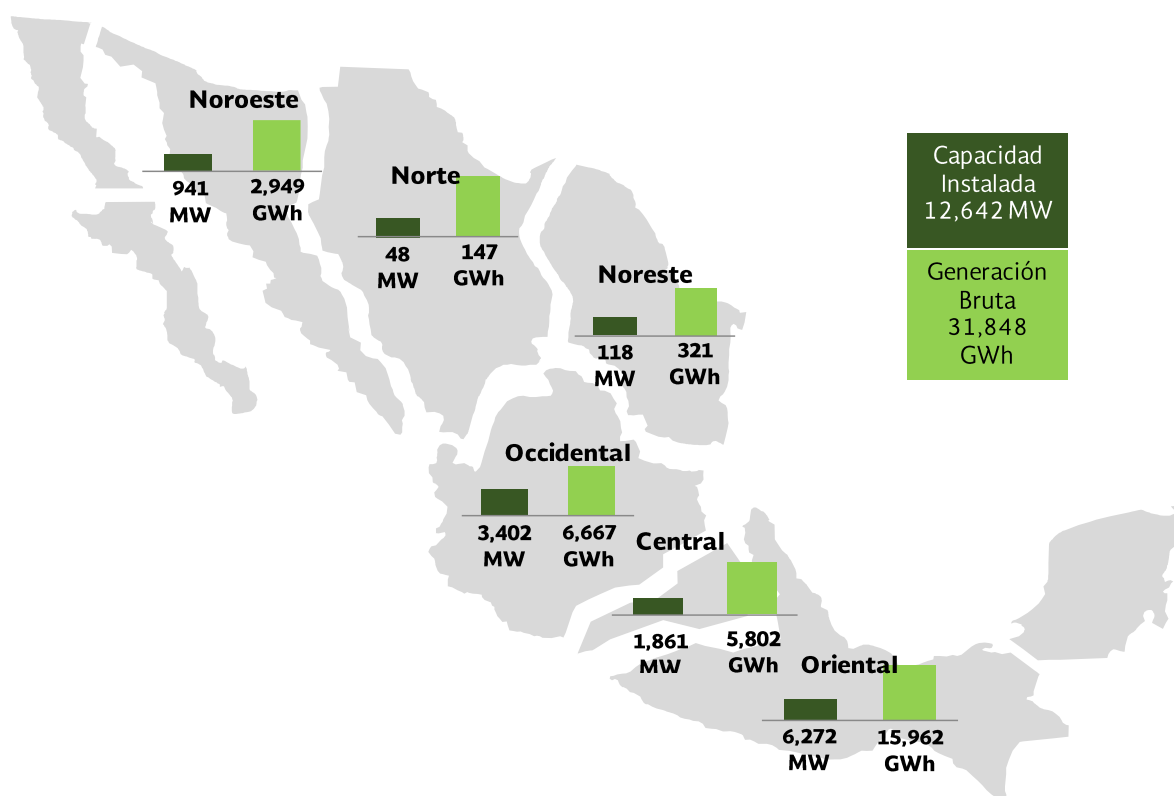
FIGURA 2. 10. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA
(GWh)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

- Al cierre de 2017, se reportaron 86 centrales de generación hidroeléctrica en todo el país.
- En la región Oriental se identificó la mayor capacidad instalada de centrales hidroeléctricas.
- La generación bruta de hidroenergía creció 3.0% entre 2016 y 2017, para ubicarse en 31,848 GWh (véase figura 2.11).
- Chicoasén nuevamente se posiciona como la principal central hidroeléctrica en el país con una capacidad instalada de 2,400 MW y una generación bruta de 4,615 GWh, según lo reportado por CENACE en 2017.

FIGURA 2. 11. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS POR REGIÓN DE CONTROL, 2017
(MW, GWh)



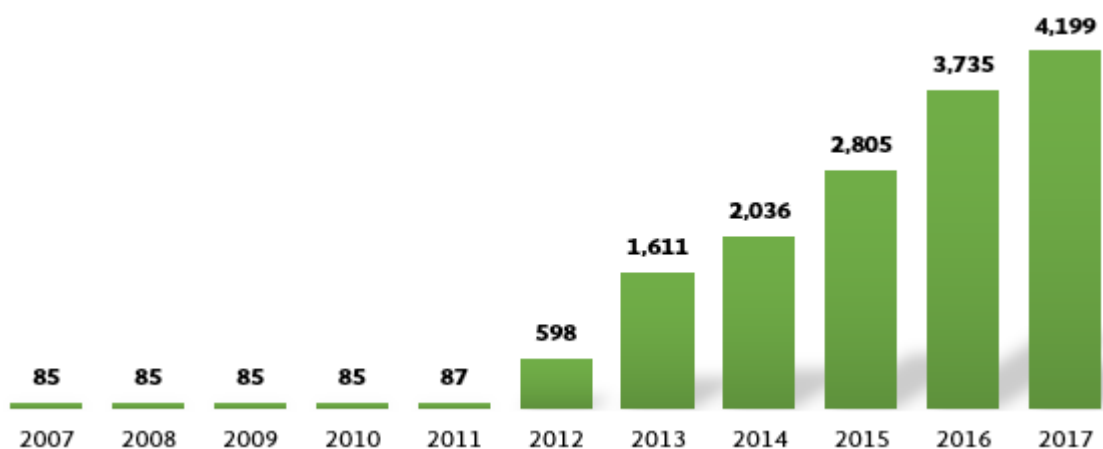
Fuente: Elaborado por la SENER con información de la CFE, la CRE y el CENACE.

2.3.2. Energía Eólica

La energía eólica, presenta las mayores tasas de crecimiento tanto en capacidad instalada como en generación de energía eléctrica, respecto a todas las energías renovables.

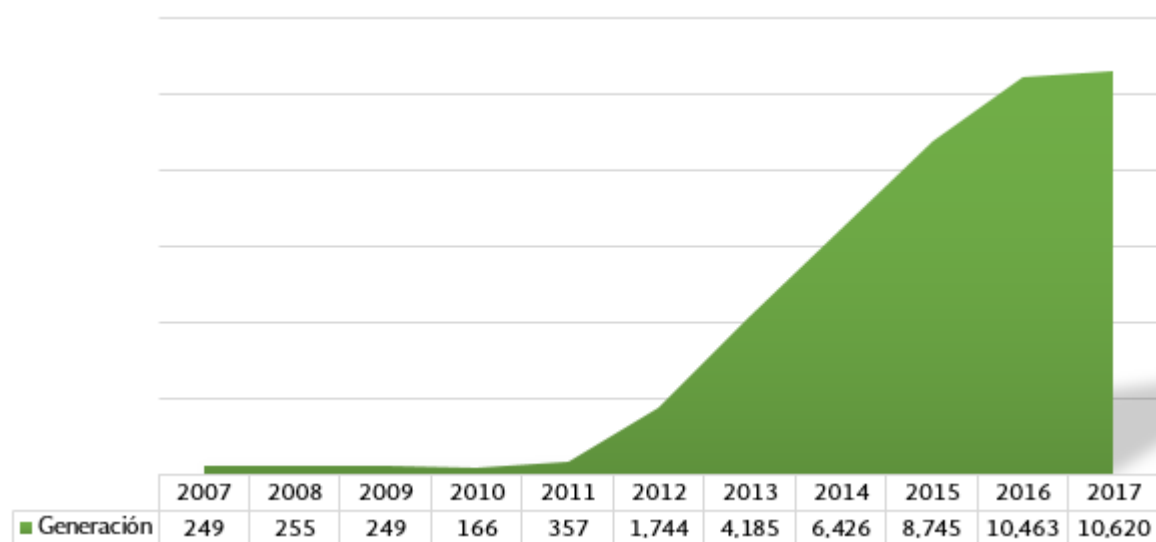
- Entre 2007 y 2017, la capacidad instalada de generación de energía eólica creció anualmente en 47.6% (véase figura 2.12)
- La generación bruta de energía eólica tuvo un crecimiento promedio anual de 45.6% (véase figura 2.13).

FIGURA 2. 12. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

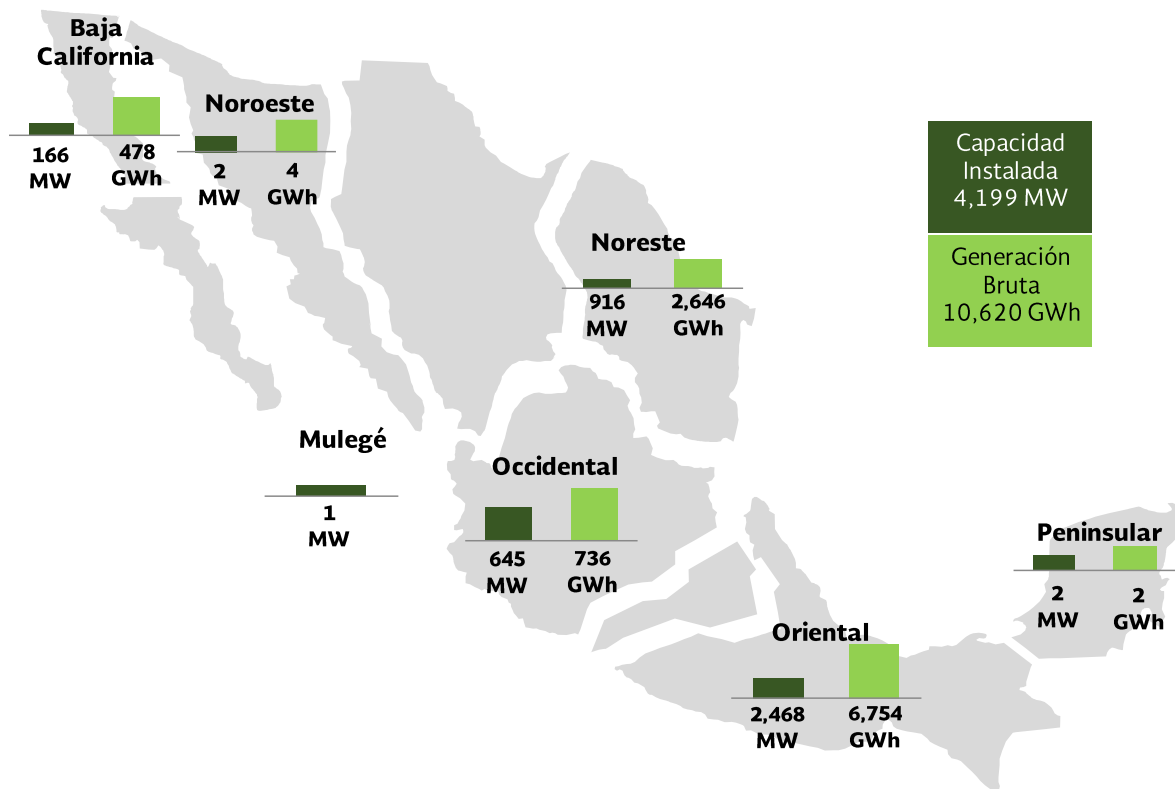
FIGURA 2. 13. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA EÓLICA
(GWh)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

- En 2017, en México se registraron 45 plantas de energía eólica, la mayoría ubicadas en la región Oriental, donde se concentra el 59% del total de capacidad eólica a nivel nacional
- Durante 2017 el incremento en la capacidad instalada fue de 464 MW respecto al año anterior, para ubicarse en 4,199 MW.
- La generación eólica sólo aumentó 1.5% (157.09 GWh), debido a los daños causados por el sismo del 7 de septiembre de 2017, que provocó paros técnicos en varios de los parques eólicos ubicados en Oaxaca y en la Subestación de Ixtepec, la cual en enero 2018 funcionaba al 66% de su capacidad, limitando la generación de energía del Estado el cual contribuye con el 80% de la generación eólica nacional.
- El estado de Oaxaca, ubicado en la región de control Oriental, reportó el mayor nivel de generación eléctrica con energía eólica, siendo al cierre de 2017 de 6,478 GWh. Por su parte, en esa misma región se encuentra instalada la central con mayor capacidad "Eurus" con 251 MW.

FIGURA 2. 14. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES EÓLICAS POR REGIÓN DE CONTROL, 2017
(MW, GWh)



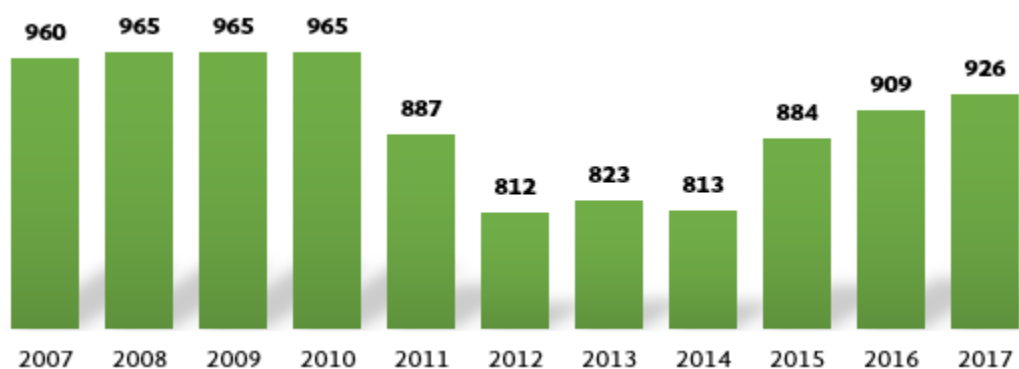
Fuente: Elaborado por la SENER con información de la CFE, la CRE y el CENACE.

2.3.3. Energía Geotérmica

Al primer semestre de 2018 se tienen 25 permisos de exploración geotérmica vigente¹⁷, además de las dos nuevas concesiones de explotación otorgadas en 2015 y los cuatro campos geotérmicos en explotación con anterioridad a la Reforma Energética, un total de 31 proyectos que podrían representar un crecimiento en la matriz energética de 50 MW de capacidad instalada en los próximos dos años a partir de ampliaciones en los campos actualmente en explotación y hasta 115 MW en las áreas en exploración en los próximos seis años. Estos proyectos afianzan de manera estratégica un crecimiento a mediano plazo de la industria geotérmica, clave para una matriz energética balanceada en renovables intermitentes y de carga base.

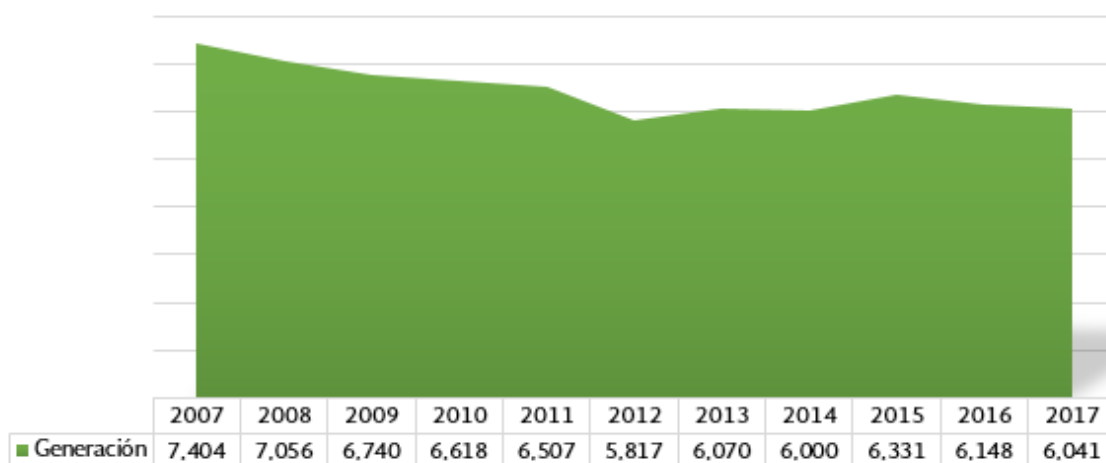
- La capacidad de generación con energía geotérmica presentó una tasa negativa de crecimiento, en el período 2007-2017 de 2.0%.

FIGURA 2. 15. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA (MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

FIGURA 2. 16. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA GEOTÉRMICA (GWh)

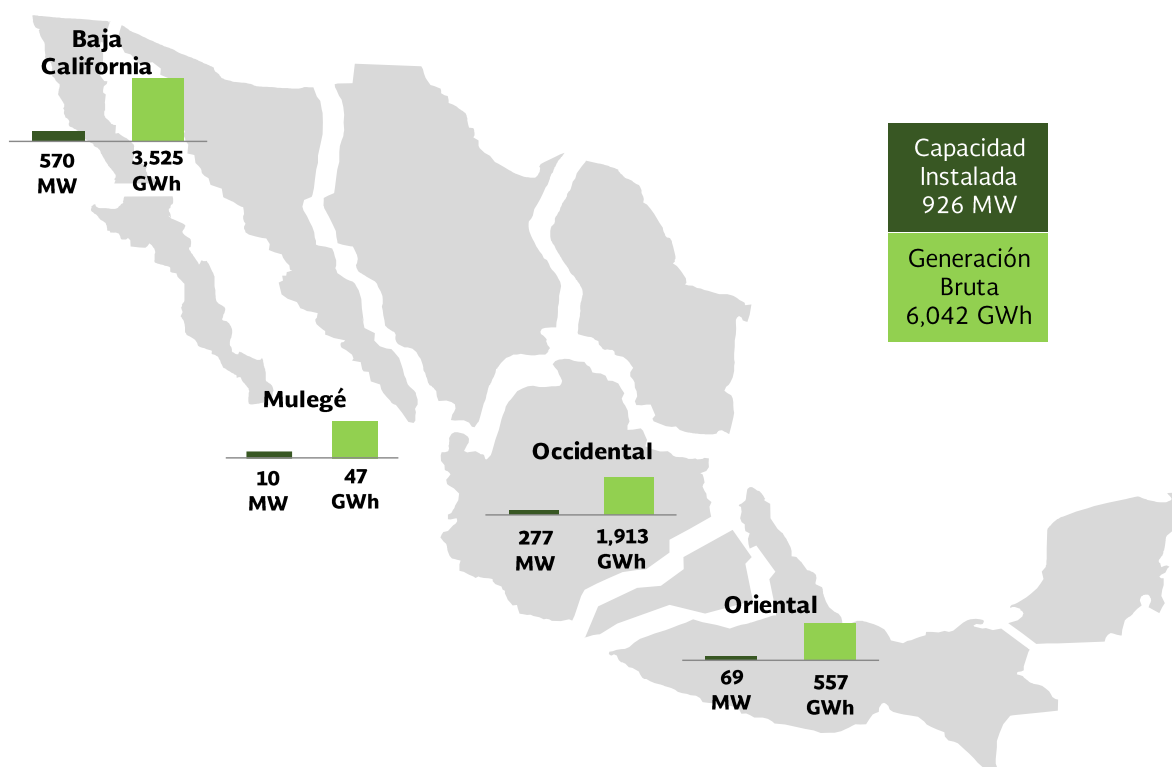


Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

¹⁷ Estos pueden ser consultados en la página: <https://www.gob.mx/sener/documentos>

- Al cierre de 2017, se registró un incremento de 17 MW de capacidad¹⁸ y se reportaron 8 plantas de geotermia en operación ubicadas en los estados de Baja California, Baja California Sur, Michoacán, Nayarit y Puebla.
- En la región de Baja California se concentran los mayores niveles de capacidad instalada y generación de energía eléctrica con geotermia, registrada en 2017 (véase figura 2.17).
- La central eléctrica que aportó más generación geotérmica fue los Azufres, ubicada en Michoacán puesto que registró en 2017, una generación eléctrica de 1,760 GWh.

FIGURA 2. 17. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES GEOTÉRMICAS POR REGIÓN DE CONTROL, 2017
(MW, GWh)



Fuente: Elaborado por la SENER con información de la CFE, la CRE y el CENACE.

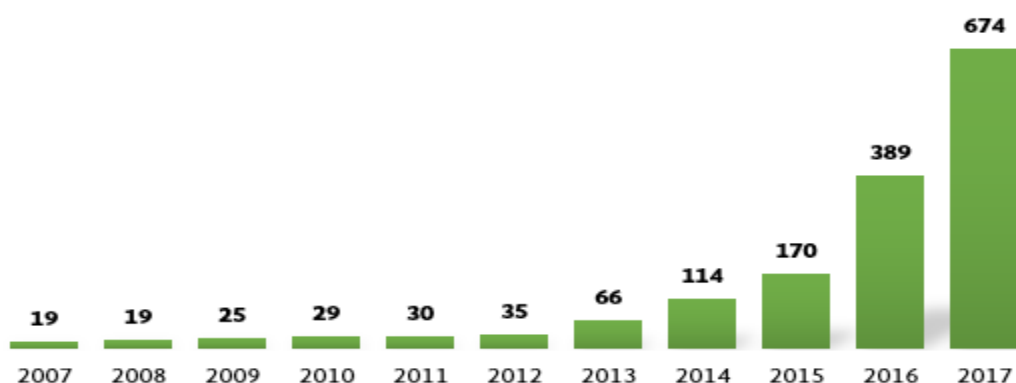
¹⁸ Este incremento se derivó de un aumento de potencia en la central Geotérmica para el Desarrollo de 17 MW, ubicada en el estado de Nayarit.

2.3.4. Energía Solar Fotovoltaica

El rápido crecimiento de la energía solar se debe en gran medida a la incorporación de los proyectos de sistemas de generación distribuida y a las primeras tres Subastas de Largo Plazo, que han servido para que más usuarios tengan acceso a la energía eléctrica, principalmente en regiones apartadas o de difícil acceso a la red.

- Para el período 2007-2017, la capacidad de generación con energía solar fotovoltaica creció a una tasa media anual de 43.2% (véase figura 2.18).

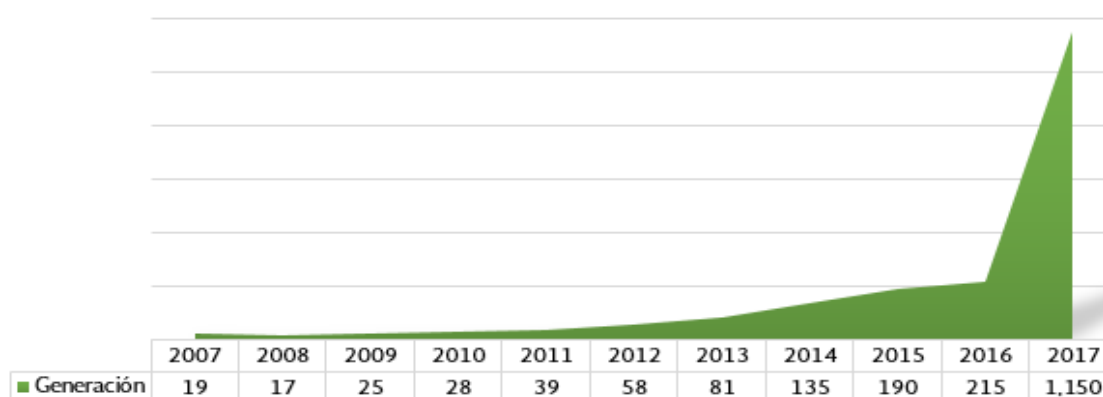
FIGURA 2. 18. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR¹⁹
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

- La generación de energía eléctrica con energía solar creció en promedio anual 50.4% entre 2007 y 2017 (véase figura 2.19).
- En 2017, se registró el mayor incremento de generación solar, incluyendo generación distribuida, de 435%, 935 GWh mayor que lo reportado en 2016.

FIGURA 2. 19. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA SOLAR
(GWh)



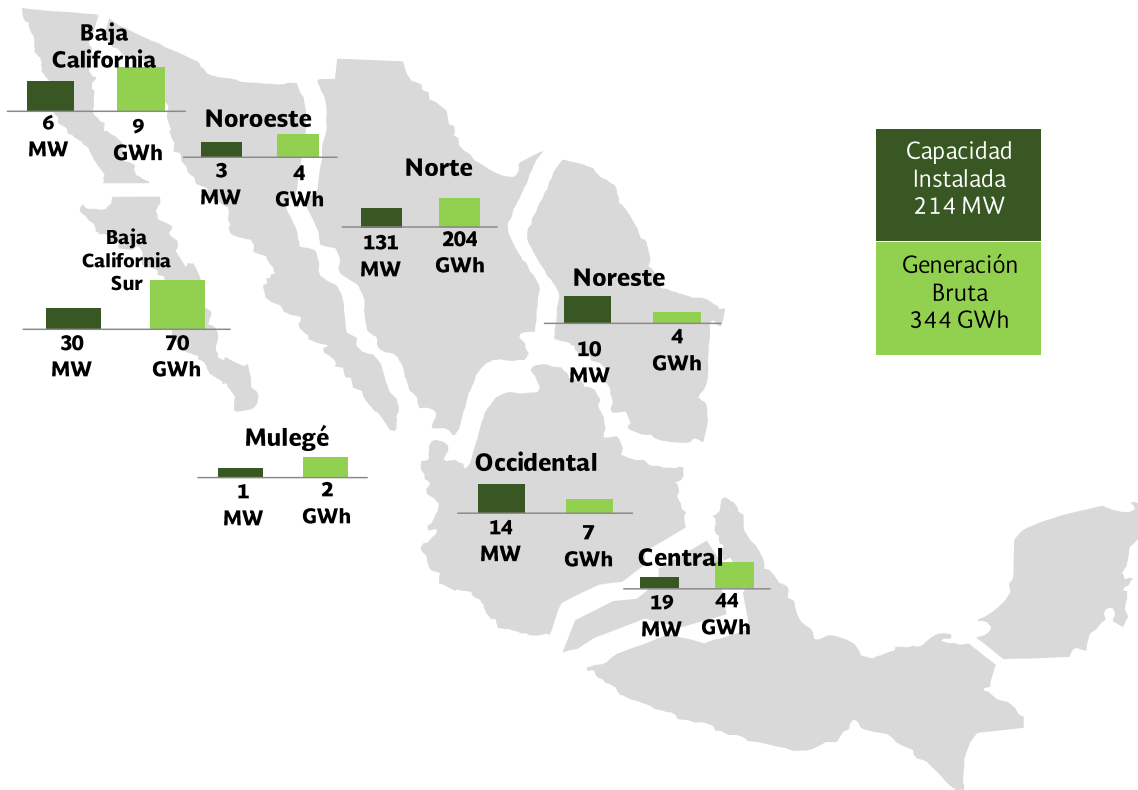
Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

¹⁹ Considera generación distribuida

Sin considerar los sistemas de generación distribuida, al cierre de 2017 se registraron 23 plantas de generación solar.

- Derivado del alto potencial del recurso disponible, en la región Norte, se ubicó la mayor concentración de capacidad instalada y generación eléctrica con energía solar, a nivel nacional. (véase figura 2.20).
- En 2017 el estado de Baja California Sur generó 70 GWh de energía eléctrica con tecnología solar fotovoltaica.

FIGURA 2. 20. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES SOLARES POR REGIÓN DE CONTROL, 2017
(MW, GWh)



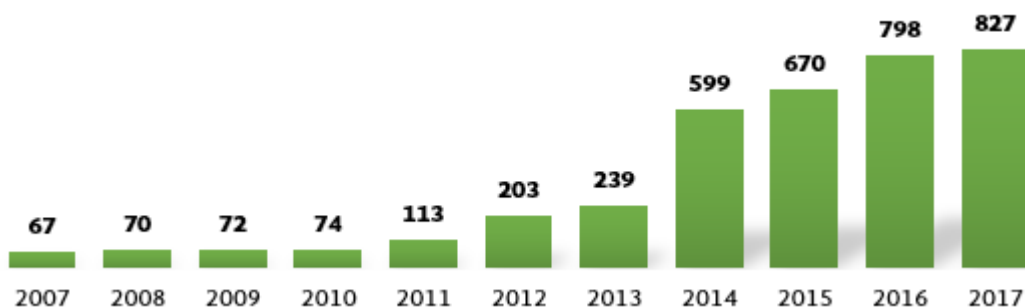
Fuente: Elaborado por la SENER con información de la CFE, la CRE y el CENACE.

2.3.5. Bioenergía

La biomasa²⁰, y específicamente la biomasa residual agroindustrial²¹ y los residuos sólidos urbanos, tienen un importante potencial de generación de energía eléctrica y térmica, incluyendo usos vehiculares, la inyección de biometano a las redes de gas natural y la producción de pellets.

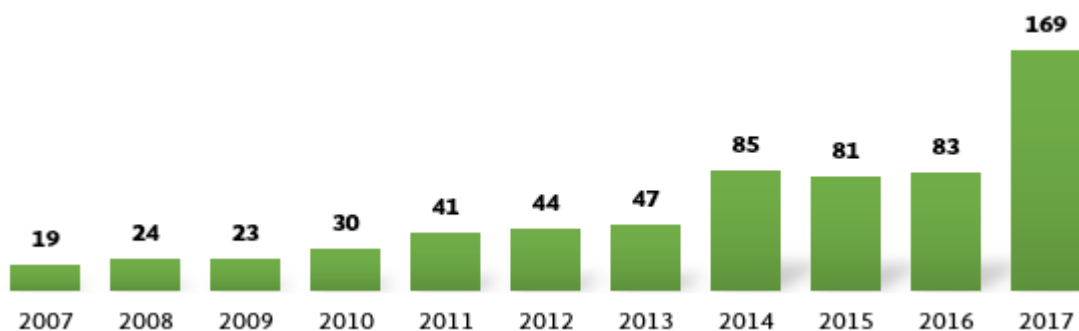
- Entre 2007 y 2017 la capacidad de generación con bagazo creció 28.6%, mientras que para biogás este crecimiento fue de 24.2% en promedio anual.
- En 2017, la capacidad instalada para generación eléctrica a partir de bioenergía fue 996 MW, de los cuales 827 MW corresponden a bagazo de caña y 169 MW a biogás (véase figuras 2.21 y 2.22).
- La capacidad instalada de generación con biogás en 2017 tuvo un importante crecimiento respecto al año anterior de 103%, equivalente a 86 MW de nueva capacidad instalada.

FIGURA 2. 21. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON BAGAZO (MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

FIGURA 2. 22. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON BIOGÁS (MW)



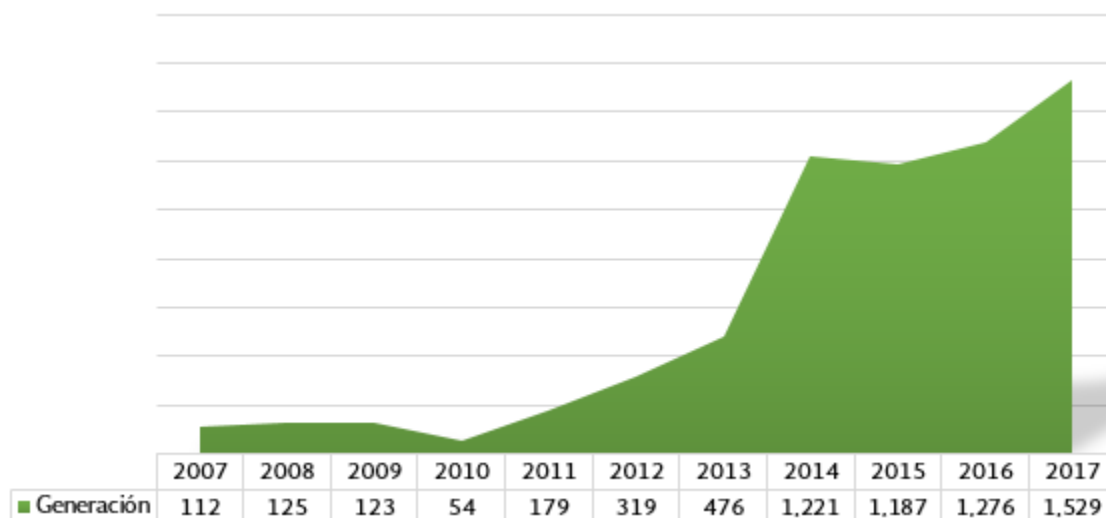
Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

²⁰ Biomasa es la materia de origen biológico, excluida la incrustada en yacimientos y formaciones geológicas fosilizadas. Fuente: INERE.

²¹ Materia orgánica obtenida de productos y residuos animales y vegetales, utilizable como fuente de energía; en las Reglas de Operación del Programa de Fomento a la Agricultura de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio 2018 (DOF: 29/12/2017)

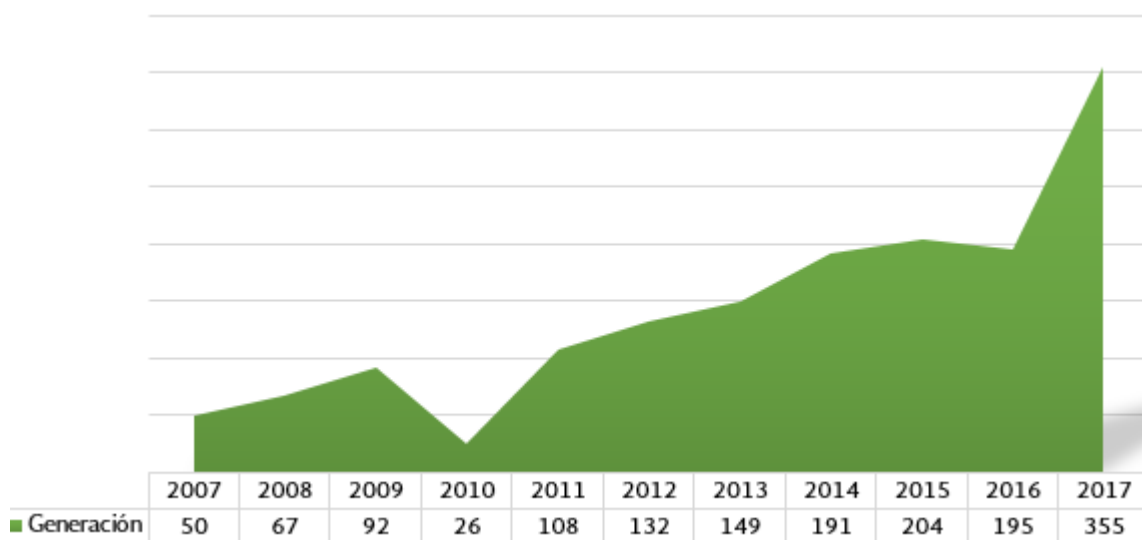
- La participación de la Bioenergía en la matriz de generación eléctrica fue, equivalente a 1,884 GWh, de los cuales 1,529 GWh corresponden a bagazo de caña y 355 GWh a biogás (véase Figuras 2.23 y 2.24).

FIGURA 2. 23. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN BRUTA CON BAGAZO
(GWh)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

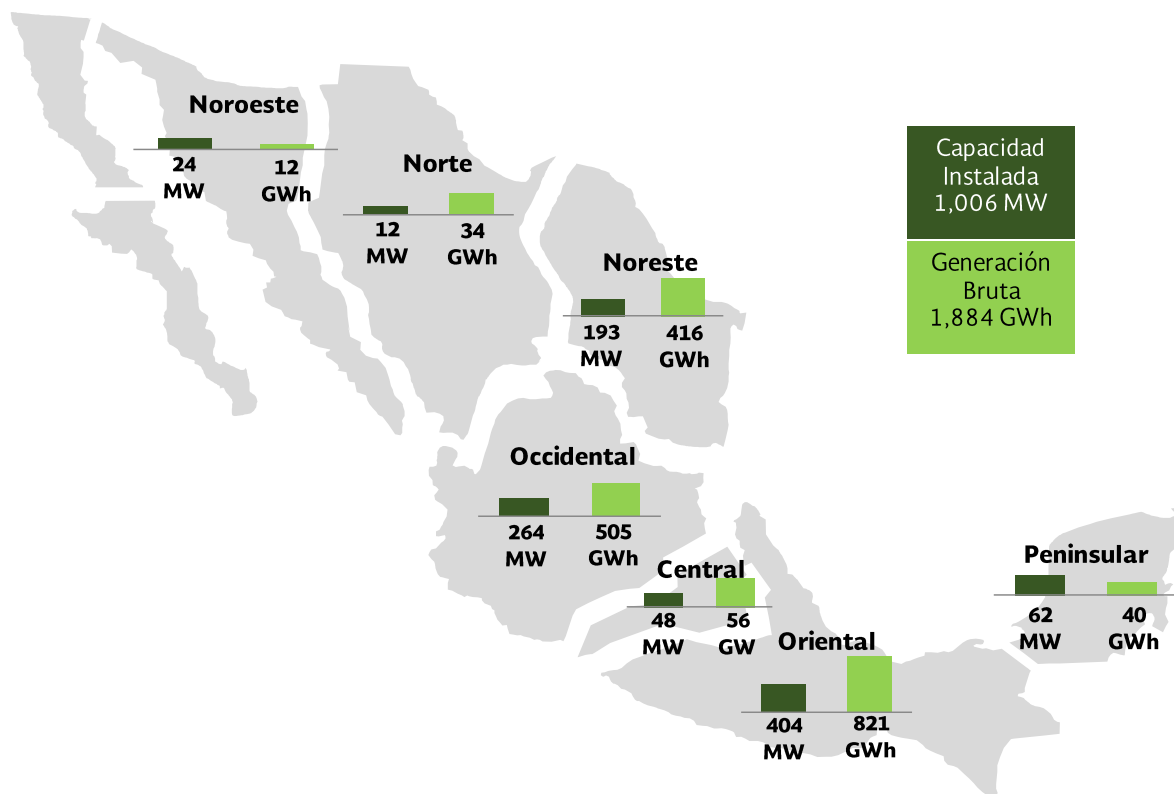
FIGURA 2. 24. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN BRUTA CON BIOGÁS
(GWh)



Fuente: Elaborado por SENER con información del Reporte de Avances de Energías Limpias en la Matriz Energética.

- Al cierre de 2017, el PRODESEN 2018-2031 reportó 79 plantas en operación que utilizan bioenergía.
- La región Oriental, tuvo la mayor participación dentro del total de generación con bioenergía, aportando 821 GWh al SEN (véase figura 2.25).

FIGURA 2. 25. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES DE BIOENERGÍA POR REGIÓN DE CONTROL, 2017
(MW, GWh)



Fuente: Elaborado por la SENER con información de la CFE, la CRE y el CENACE.

CAPÍTULO TRES. PROSPECTIVA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

En los últimos años, México ha avanzado en la atracción de inversiones en energías renovables, logrando posicionarse como uno de los países con mayor captación y crecimiento en este rubro. Gracias a la rápida disminución de los costos de energías renovables y a las políticas estratégicas surgidas de la Reforma Energética, se está logrando una transición energética más limpia y acorde a las crecientes necesidades del país.

En el presente capítulo se muestra el horizonte prospectivo a 15 años esperado para cada una de las energías renovables en México, tomando como referencia el PRODESEN 2018-2032.

3.1. Supuestos del Escenario de Planeación

Se requiere una serie de variables que permitan determinar el comportamiento futuro de las energías renovables. Si bien el potencial de generación mediante energías renovables es un factor determinante para poder establecer nuevos proyectos ubicados en zonas estratégicas donde se logre el mayor aprovechamiento de los recursos, (véase cuadro 3.1), antes se debe de considerar los pronósticos de crecimiento de la economía acompañado de la tendencia poblacional y su relación con el consumo de energía eléctrica, como principales indicadores de las necesidades futuras que tendrá el país.

CUADRO 3. 1. POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES

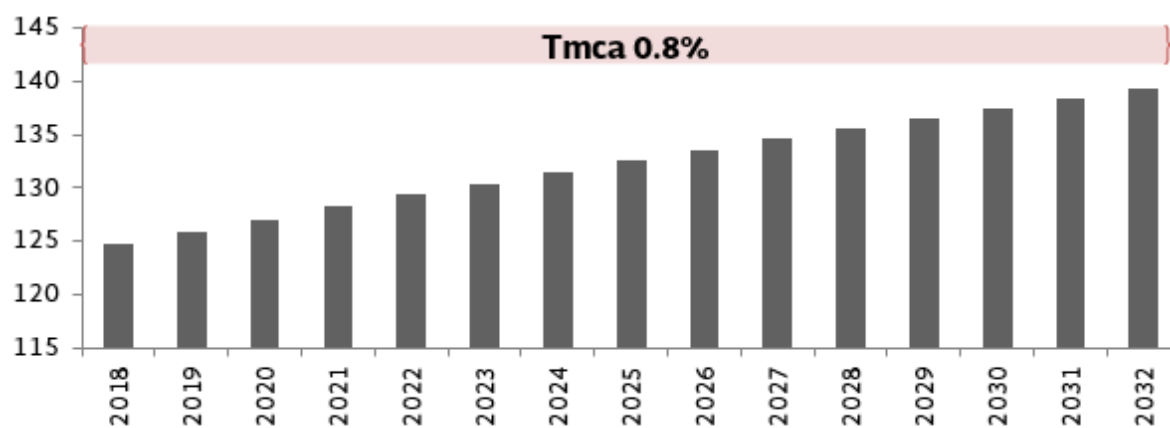
Tecnología	Potencial Disponible (MW)	Tipo	Fuente
Bioenergía	1,478	Referente a zonas con alto potencial instalable para el desarrollo de proyectos de generación eléctrica cercanos a la RNT.	Atlas de Zonas con Energías Limpias (SENER) https://dgel.energia.gob.mx/azel/
Eólica	15,000	Referente conservador del potencial instalable para el desarrollo de proyectos de generación eléctrica cercanos a la RNT.	Atlas de Zonas con Energías Limpias (SENER) https://dgel.energia.gob.mx/azel/
Geotérmica	2,610	De acuerdo a la expectativas de crecimiento de la geotermia.	Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029 http://www.gob.mx/sener/documentos/prospectivas-del-sector-energetico
Hidroeléctrica	2,692	De acuerdo con el potencial probable y un factor de planta del 100%.	Inventario Nacional de Energías Renovables (SENER) https://dgel.energia.gob.mx/inere/
Solar Fotovoltaica	11,661	Referente al potencial que cuenta con estudios técnicos y económicos	Inventario Nacional de Energías Renovables (SENER) https://dgel.energia.gob.mx/inere/

Fuente: Elaborado por SENER.

- Para el período prospectivo 2018-2032, se espera que la población crezca a una tasa media anual de 0.8% y registrar al final del período 139 millones de personas (véase figura 3.1).

FIGURA 3. 1. TENDENCIA POBLACIONAL 2018-2032

(Millones de personas, porcentaje)

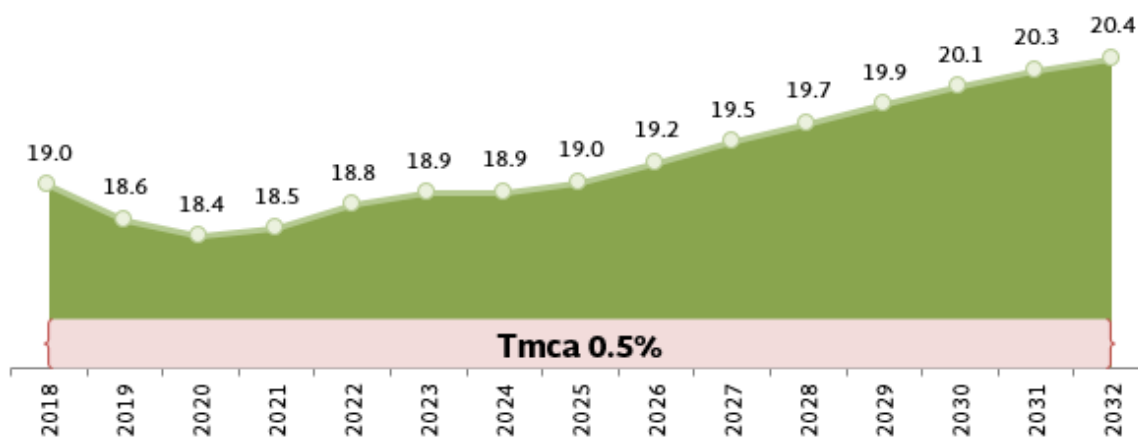


Fuente: Elaborado por SENER con información de INEGI y Oxford Economics.

- El tipo de cambio esperado para 2018-2032 crecerá en promedio 0.6% (véase figura 3.2).

FIGURA 3. 2. EVOLUCIÓN ESPERADA DEL TIPO DE CAMBIO

(Pesos por dólar)



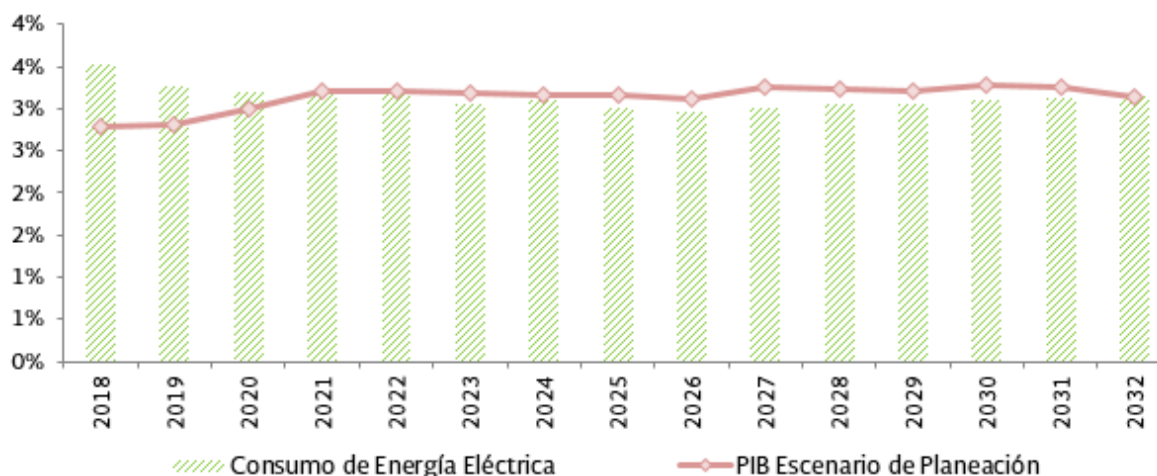
Fuente: Elaborado por SENER con información de INEGI y Oxford Economics.

El sector eléctrico es un referente para la economía nacional. En particular, el consumo de energía eléctrica presenta un comportamiento similar al crecimiento económico.

- Se espera que para el ejercicio de planeación 2018-2032, la economía nacional crezca a una tasa media anual de 3.2%²².
- Por su parte, se prevé que el consumo bruto de energía presente un crecimiento de 3.1% (véase figura 3.3).

²² Para el ejercicio de planeación considerado en el PRODESEN 2018-2032, se tomó como referencia los escenarios macroeconómicos acordes a los crecimientos publicados en los Criterios Generales de Política Económica 2017.

FIGURA 3. 3. TENDENCIA ESPERADA DEL CONSUMO BRUTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SEN Y EL CRECIMIENTO ESPERADO DE LA ECONOMÍA NACIONAL, 2018-2032
(Porcentaje de variación anual)



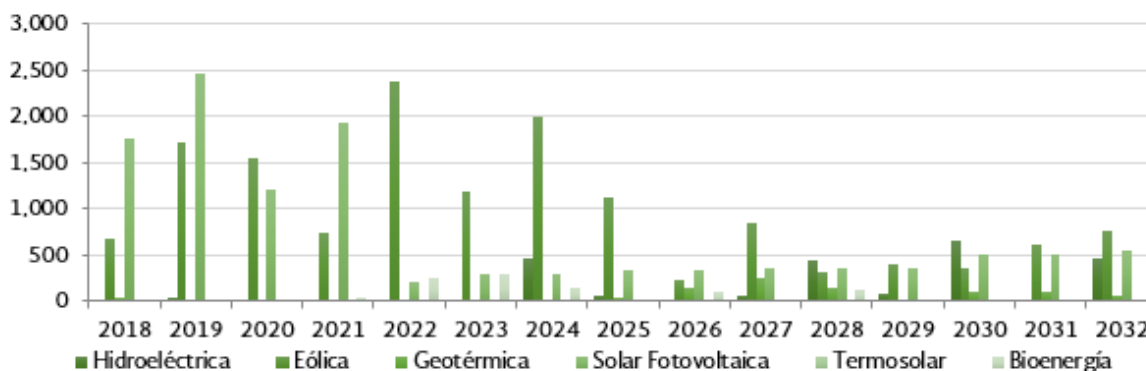
Fuente: Elaborado por SENER con información de INEGI y Oxford Economics.

3.2. Evolución esperada de la capacidad Instalada y generación bruta eléctrica con energías renovables

En la búsqueda de una mayor diversificación de la matriz de generación eléctrica, que conlleve a la transición energética que requiere el país, las energías renovables juegan un papel importante y trascendente. Gracias a las políticas aplicadas derivadas de la Reforma Energética, se han permitido la incorporación de nuevos proyectos con energías renovables, con la finalidad de lograr un sistema energético totalmente modernizado, eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

- Para el período de planeación 2018-2032 se prevé se adicionen en total 30,241 MW de capacidad de generación con tecnologías renovables.
- En 2019 se espera el mayor nivel de capacidad a instalar, como resultado de las tres primeras subastas eléctricas de largo plazo (véase figura 3.4).

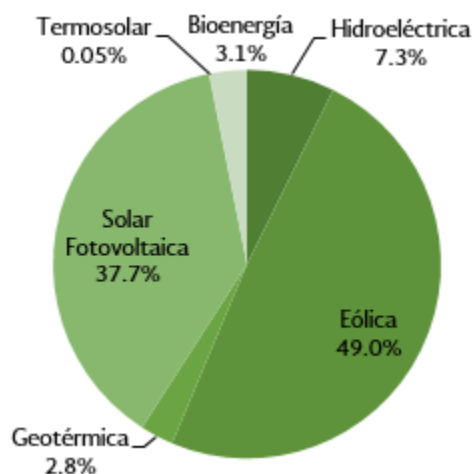
FIGURA 3. 4. EVOLUCIÓN DE LAS ADICIONES DE CAPACIDAD CON TECNOLOGÍA RENOVABLE
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

- Del total de adiciones de capacidad con energías renovables, las tecnologías eólicas y solar fotovoltaica concentraran el mayor porcentaje de nueva capacidad a instalar,

FIGURA 3. 5. PARTICIPACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN LAS ADICIONES DE CAPACIDAD 2018-2032
(Porcentaje)

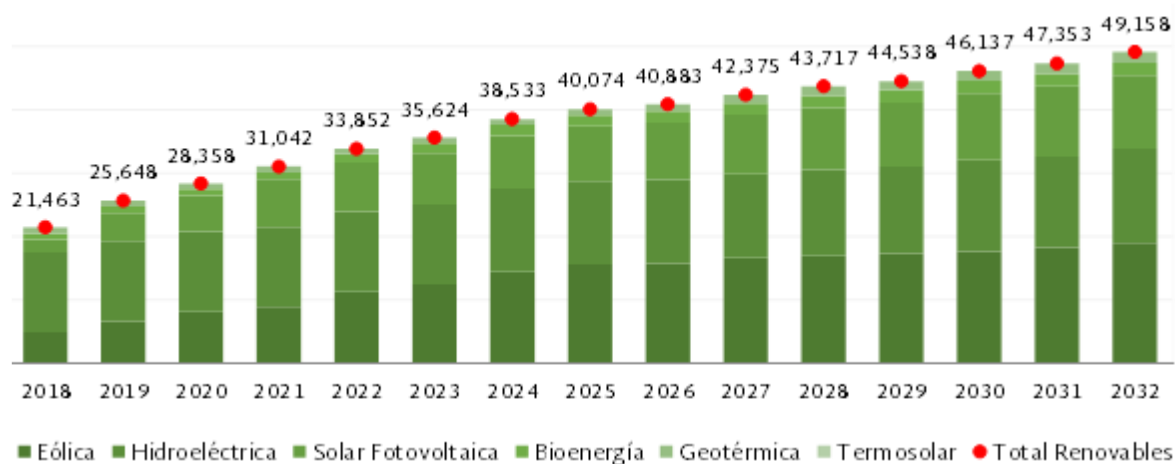


Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

Por otra parte, se estima se retiren entre 2018 y 2021, 61 MW provenientes de 7 unidades geotérmicas y una eólica²³.

Entre 2018 y 2032, la capacidad instalada de generación eléctrica con energías renovables crecerá a una tasa media anual de 6.1% para ubicarse en 49,158 MW como se muestra en la figura 3.6.

FIGURA 3. 6. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA POR TIPO DE TECNOLOGÍA RENOVABLE 2018-2032
(MW)

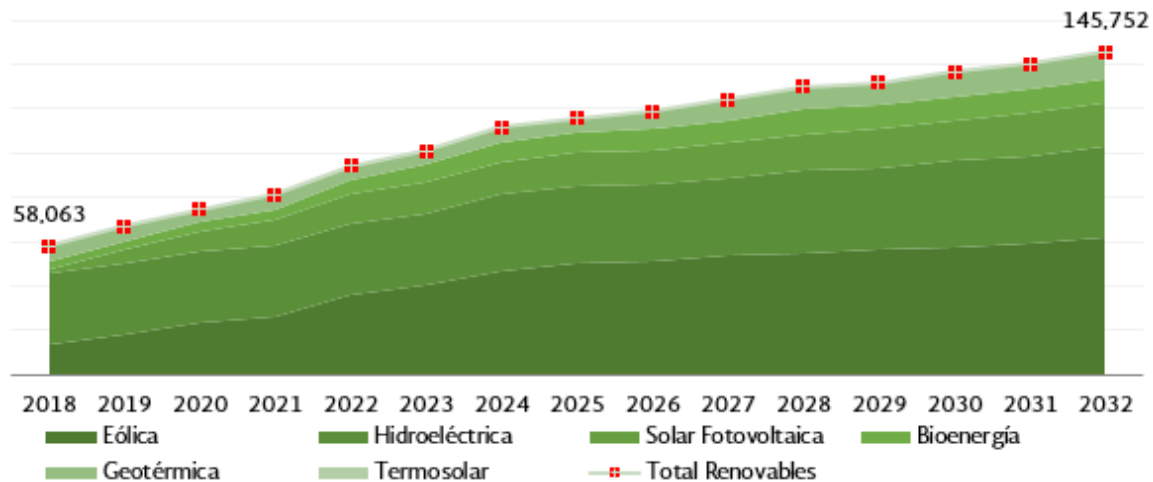


²³ Estos retiros hacen referencia a la central eólica Puerto Viejo ubicada en Baja California Sur y a las centrales geotérmicas: Los Azufres (unidades 2, 6 y 10) ubicadas en Michoacán; Cerro Prieto (unidad 5) ubicada en Baja California y Los Hornos (unidades 3, 6 y 8) ubicadas en Puebla.

El total incluye la adición y retiro de capacidad, no se incluye Importación, Generación Distribuida y FIRCO.
Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

Respecto a la evolución de la generación bruta con energías renovables, se prevé tenga una tasa media de crecimiento anual de 6.8% y registre un incremento de 87,689 GWh entre 2018 y 2032, como se muestra en la figura 3.7.

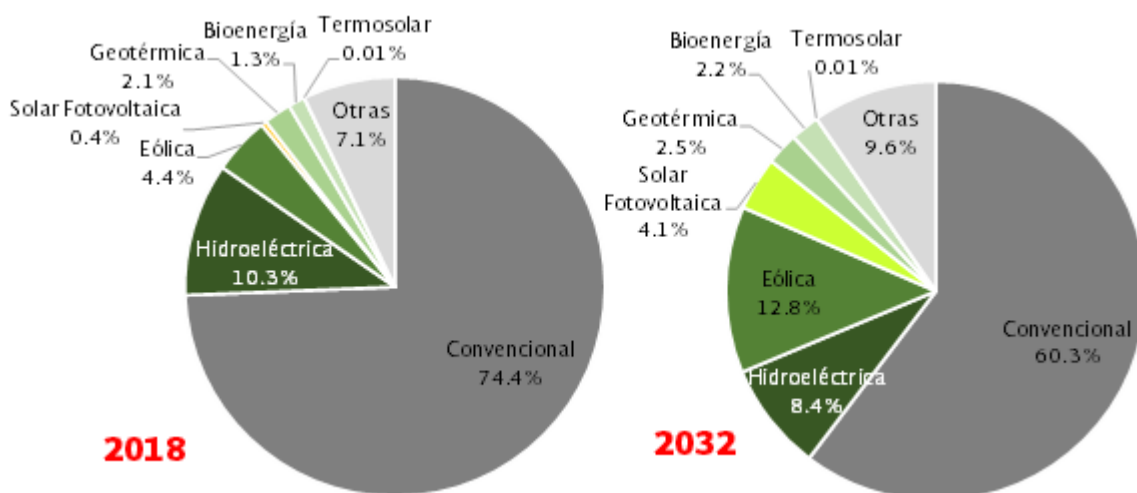
FIGURA 3. 7. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TECNOLOGÍA 2018-2032
(GWh)



Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

La participación de las tecnologías renovables en la matriz de generación eléctrica se incrementará sustancialmente pues según lo reportado en el PRODESEN 2018, se prevé que éstas participen con el 18.5% y para el 2032, se incremente su participación a 30.0% (véase figura 3.8).

FIGURA 3. 8. PARTICIPACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2018 Y 2032
(Porcentaje)

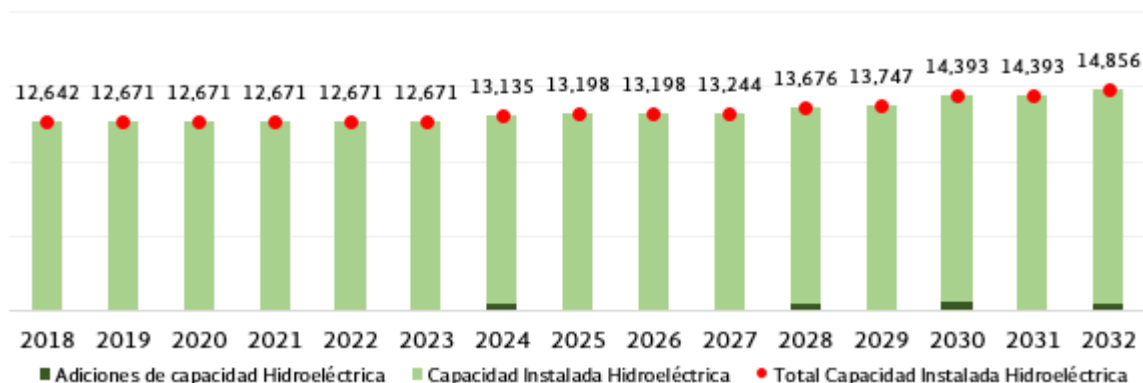


Otras* considera tecnologías Nucleoeléctricas y Cogeneración eficiente.
Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

3.2.1. Energía Hidroeléctrica

La capacidad instalada para la energía hidroeléctrica se incrementará 1.2% anual en promedio, para ubicarse en 14,856 MW. Asimismo, entre 2019 y 2032, se prevé se adicionen 47 nuevas centrales de generación hidroeléctrica a las existentes, con un total de capacidad adicional de generación de 2,213 MW²⁴ (véase figura 3.9).

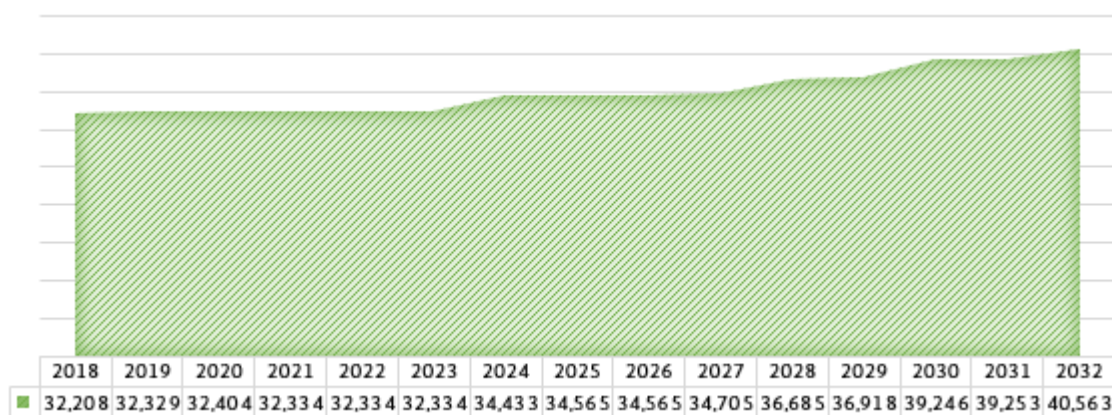
FIGURA 3. 9. EVOLUCIÓN DE LAS ADICIONES DE CAPACIDAD Y LA CAPACIDAD INSTALADA DE TECNOLOGÍA HIDROELÉCTRICA, 2018-2032
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

La generación bruta de electricidad esperada con energía hidroeléctrica crecerá a una tasa de 1.7%, para el ejercicio de planeación, lo que implicará un incremento entre 2018 y 2032 de 8,356 GWh de nueva energía producida, como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 3. 10. EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA GENERACIÓN BRUTA ELÉCTRICA CON TECNOLOGÍA HIDROELÉCTRICA, 2018-2032
(GWh)



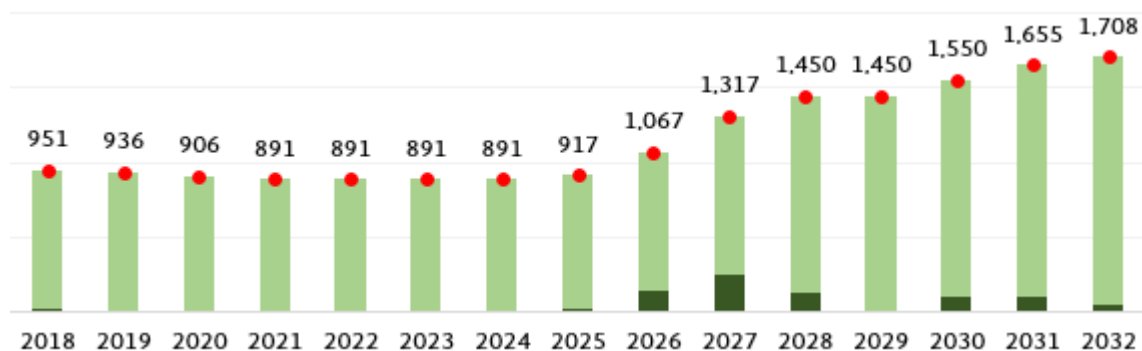
Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

²⁴ Para mayor detalle consulte el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) en: <https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-33462>

3.2.2. Energía Geotérmica

La capacidad instalada de generación con energía geotérmica tendrá un importante crecimiento entre 2018 y 2032, de 4.3% en promedio anual. Además, se prevé se adicionen 26 nuevas centrales de generación geotérmica que en conjunto sumarían 842 MW, y así registrar al final del período prospectivo una capacidad total de 1,708 MW (véase figura 3.11).

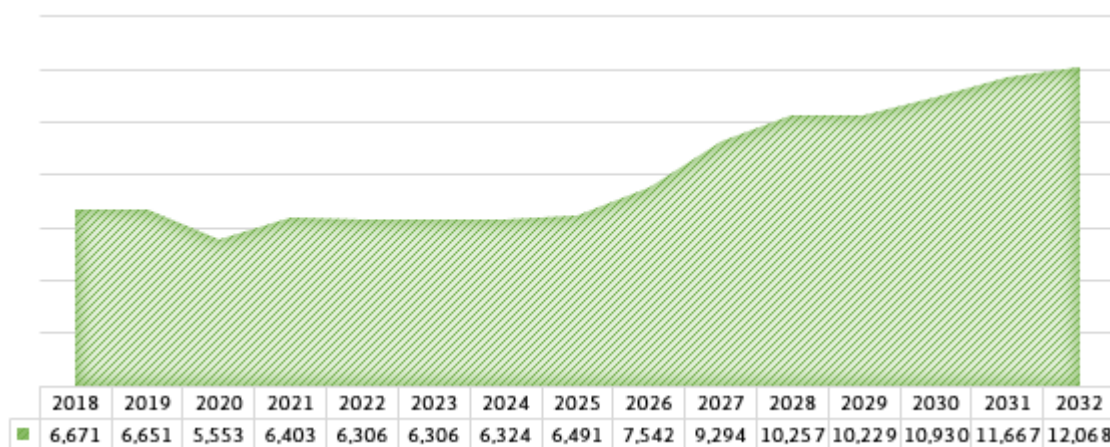
FIGURA 3. 11. EVOLUCIÓN DE LAS ADICIONES DE CAPACIDAD Y LA CAPACIDAD INSTALADA DE TECNOLOGÍA GEOTÉRMICA, 2018-2032
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

La generación bruta esperada con energía geotérmica crecerá a una tasa de 4.3%, para el ejercicio de planeación, lo que implicará un incremento entre 2018 y 2032 de 5,397 GWh de nueva energía producida, como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 3. 12. EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA GENERACIÓN BRUTA ELÉCTRICA CON TECNOLOGÍA GEOTÉRMICA, 2018-2032
(GWh)

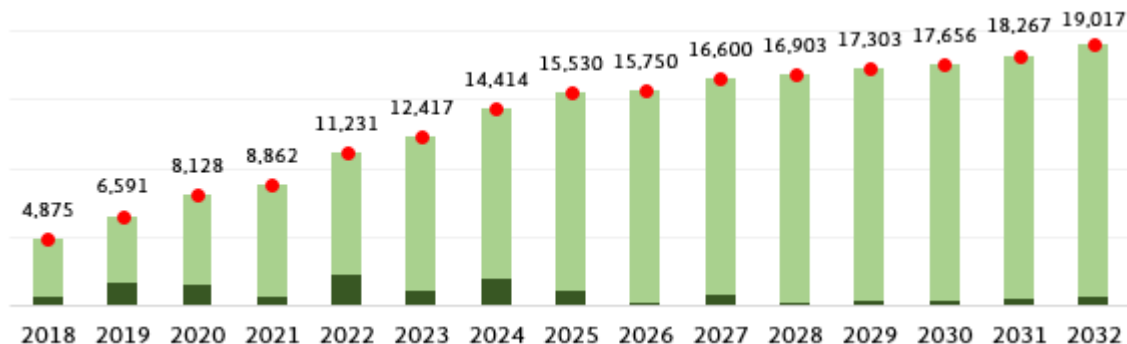


Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

3.2.3. Energía Eólica

La energía eólica presenta uno de los mayores niveles de crecimiento anual, para el período 2018-2032, tanto en capacidad instalada como en generación bruta con 10.2% y 11.3% respectivamente, de ahí que se adicionarán 107 nuevas centrales de generación eólica sumando en conjunto 14,819 MW de nueva capacidad.

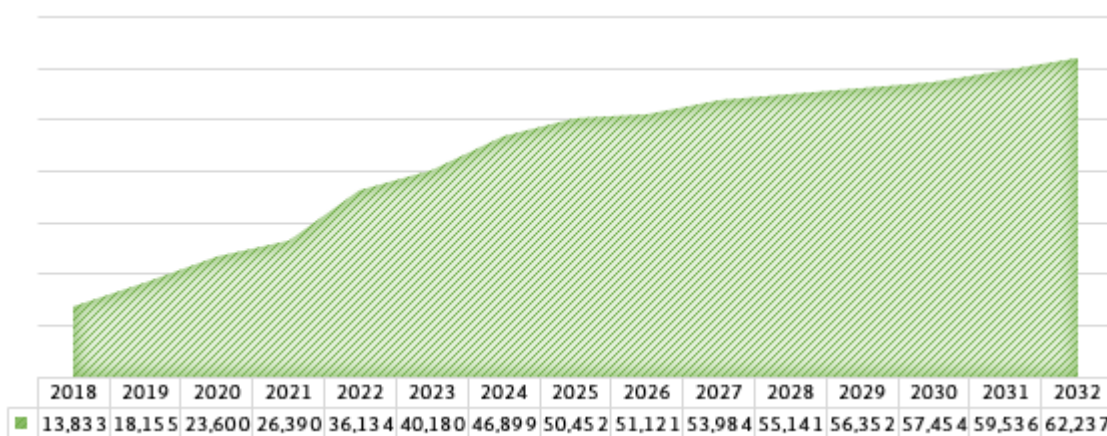
FIGURA 3. 13. EVOLUCIÓN DE LAS ADICIONES DE CAPACIDAD Y LA CAPACIDAD INSTALADA DE TECNOLOGÍA EÓLICA, 2018-2032
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

Para el año 2032, la energía eólica concentrará el 12.8% del total de generación, equivalente a 62,237 GWh, ocupando la primera posición, dentro de las energías renovables, en la participación en la matriz de generación (véase figura 3.14).

FIGURA 3. 14. EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA GENERACIÓN BRUTA ELÉCTRICA CON TECNOLOGÍA EÓLICA, 2018-2032
(GWh)



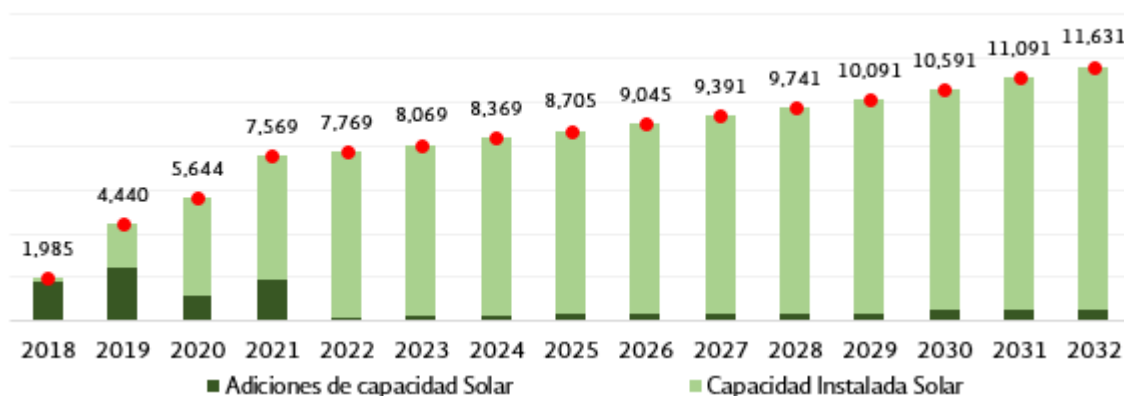
Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

3.2.4. Energía Solar Fotovoltaica y Termosolar

Entre 2018 y 2021, se adicionarán 7,365 MW de nueva capacidad con energías solar fotovoltaica y termosolar, equivalente a 66 nuevas centrales de generación de las 88 programadas para el período de planeación (11,427 MW).

La capacidad instalada de generación eléctrica con tecnologías solar fotovoltaica y termosolar crecerá a un ritmo de 13.5% anual, el mayor esperado para las energías renovables (véase figura 3.15).

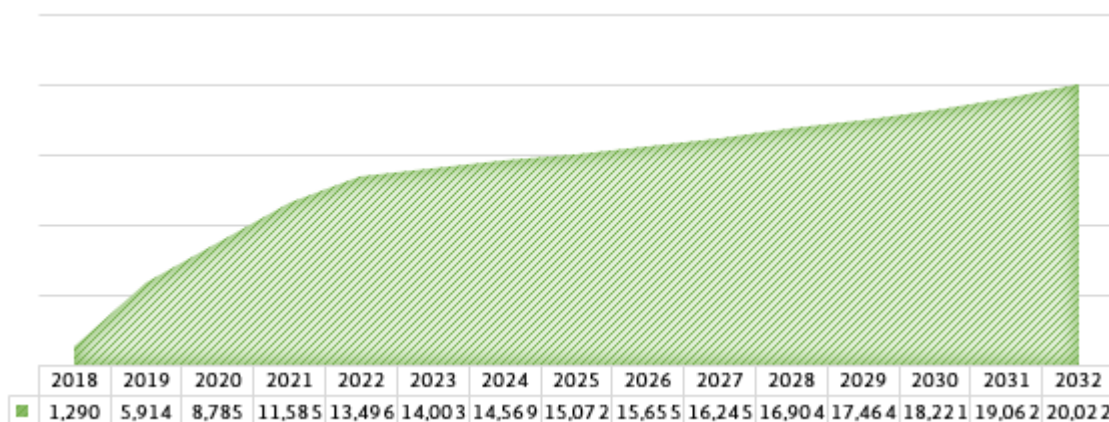
FIGURA 3. 15. EVOLUCIÓN DE LAS ADICIONES DE CAPACIDAD Y LA CAPACIDAD INSTALADA DE TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y TERMOSOLAR, 2018-2032
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

Por su parte, la generación bruta de energía eléctrica con tecnologías solar fotovoltaica y termosolar crecerá en el ejercicio de planeación 2018-2032, a una tasa 21.6%, lo que implicará un incremento de 18,732 GWh de nueva energía producida con estas tecnologías, como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 3. 16. EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA GENERACIÓN BRUTA ELÉCTRICA CON TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y TERMOSOLAR, 2018-2032
(GWh)

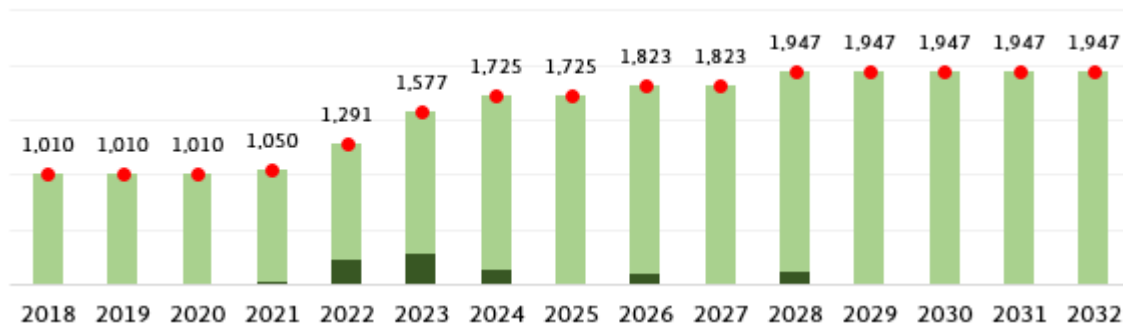


Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

3.2.5. Bioenergía

Entre 2018 y 2028, se estima se adicionen 80 nuevas centrales de generación con tecnología de bioenergía, con una capacidad de generación total de 940 MW. La tasa promedio anual para la capacidad instalada es de 4.8% (véase figura 3.17)

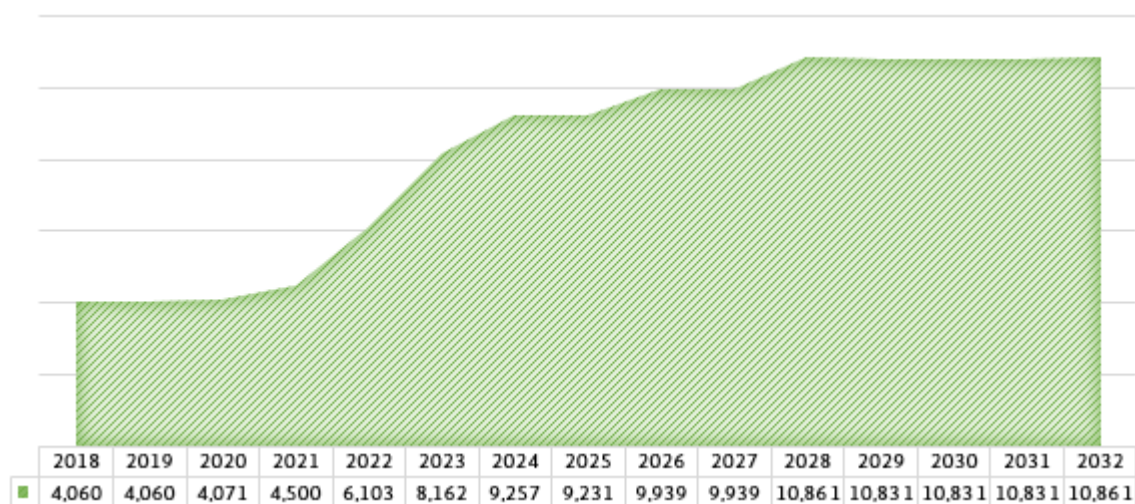
FIGURA 3. 17. EVOLUCIÓN DE LAS ADICIONES DE CAPACIDAD Y LA CAPACIDAD INSTALADA DE BIOENERGÍA, 2018-2032
(MW)



Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

La generación eléctrica con bioenergía crecerá a un ritmo de 7.3% anual, para ubicarse al final del período prospectivo en 10,861 GWh (véase figura 3.18).

FIGURA 3. 18. EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA GENERACIÓN BRUTA ELÉCTRICA CON BIOENERGÍA, 2018-2032
(GWh)



Fuente: Elaborado por SENER con información del PRODESEN 2018-2032.

3.3. Infraestructura planeada de Transmisión para el fomento de las Energías Renovables

Se tiene considerado una serie de proyectos dentro del Programa de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión (PAMRNT) 2018-2032, con el objetivo de fomentar una mayor participación de las energías renovables en el SEN. A continuación, se describe algunos de estos proyectos y sus principales características.

3.3.1. Licitación de la línea de Transmisión de corriente directa, Yautepec-Ixtepec

Este proyecto corresponde a una línea de transmisión de corriente directa de 3,000 MW, con el objetivo de desahogar la energía eólica que se genera en el Istmo de Tehuantepec. Además, el proyecto consiste en la construcción, modernización, operación y mantenimiento de 1,221 kilómetros de circuitos de línea de transmisión eléctrica que correrán a un voltaje de 500 kV desde Ixtepec, Oaxaca, hasta Yautepec, Morelos (véase cuadro 3.2).

CUADRO 3. 2. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE CD YAUTEPEC-IXTEPEC

Características
2 Obras de estaciones convertidoras con voltaje ± 500 kV – Bipolo, 3,000 MW – 7,200 MVA – 500 kV DC/400 kV AC.
4 alimentadores DC en 500kV y 5 alimentadores de CA en 400 kV.
7 obras de subestaciones con voltaje de 400 kV con una capacidad de 1,750 MVA, 166.68 MVar y 11 alimentadores.
5 obras de líneas de transmisión de CA con un voltaje de 400 kV y un total de 437.3 km-C.
1 obra de línea de transmisión de CD con un voltaje de 500 kV y un total de 1,221.0 kmC
Las obras estarán localizadas en los Estados de Estado de México, Morelos, Puebla, Oaxaca, CDMX y Veracruz.

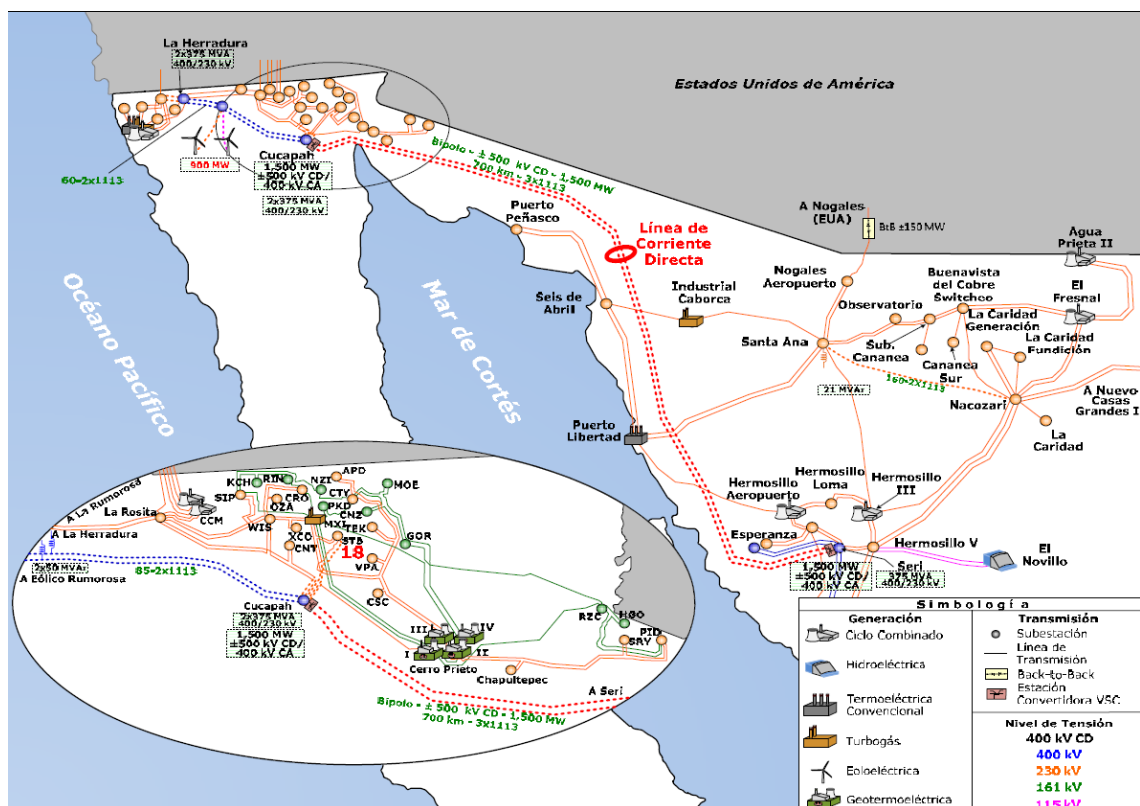
Fuente: Elaborado por SENER.

3.3.2. Interconexión Baja California – Sistema Interconectado Nacional

El proyecto consiste en la interconexión del Sistema Eléctrico de Baja California (BC) con el Sistema Interconectado Nacional (SIN). Los puntos de interconexión parte de Seri, Hermosillo en el estado de Sonora a Cucapah, Mexicali en el estado de Baja California.

El proyecto considera una interconexión en corriente directa de punto bipolar con una capacidad de diseño de 1,500 MW, en un nivel de tensión de ± 500 kV y operación inicial a 1,000 MW. Se conectará de la Subestación (SE) Cucapah en Mexicali, a la SE Seri en Hermosillo, con una longitud estimada de 700 km. Asimismo, se considera la construcción de dos estaciones convertidoras, con tecnología HVDC VSC.

FIGURA 3. 19. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL PROYECTO DE INTERCONEXIÓN BC-SIN



Fuente: PRODESEN 2018-2032.

CAPÍTULO CUATRO. ESTUDIOS Y TENDENCIAS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

Para poder transitar a una economía con más energía limpia, se debe tomar en cuenta todos aquellos avances tecnológicos que están surgiendo en todo el mundo, a la par de emplear todos los instrumentos posibles que ofrece el Gobierno Federal en colaboración con instituciones públicas y privadas, para lograr con éxito la sustentabilidad energética del país.

En el presente capítulo se muestran una serie de estudios y tendencias derivados de la Reforma Energética, para transitar a una economía limpia y sustentable mediante la promoción de generación de energía eléctrica con fuentes renovables. La importancia de dar a conocer estos estudios y tendencias en el documento de Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, es para darles difusión y que sirvan como referente en futuras investigaciones y desarrollo de inversiones, así como para la toma de decisiones estratégicas que promuevan un mejor uso de los recursos con los que cuenta el país.

Es importante resaltar que algunos de los estudios mostrados se encuentran en proceso de elaboración por lo que podrían o no, estar considerados dentro de la planeación del sector energético; de igual manera, algunos ya se encuentran publicados en diferentes plataformas de información.

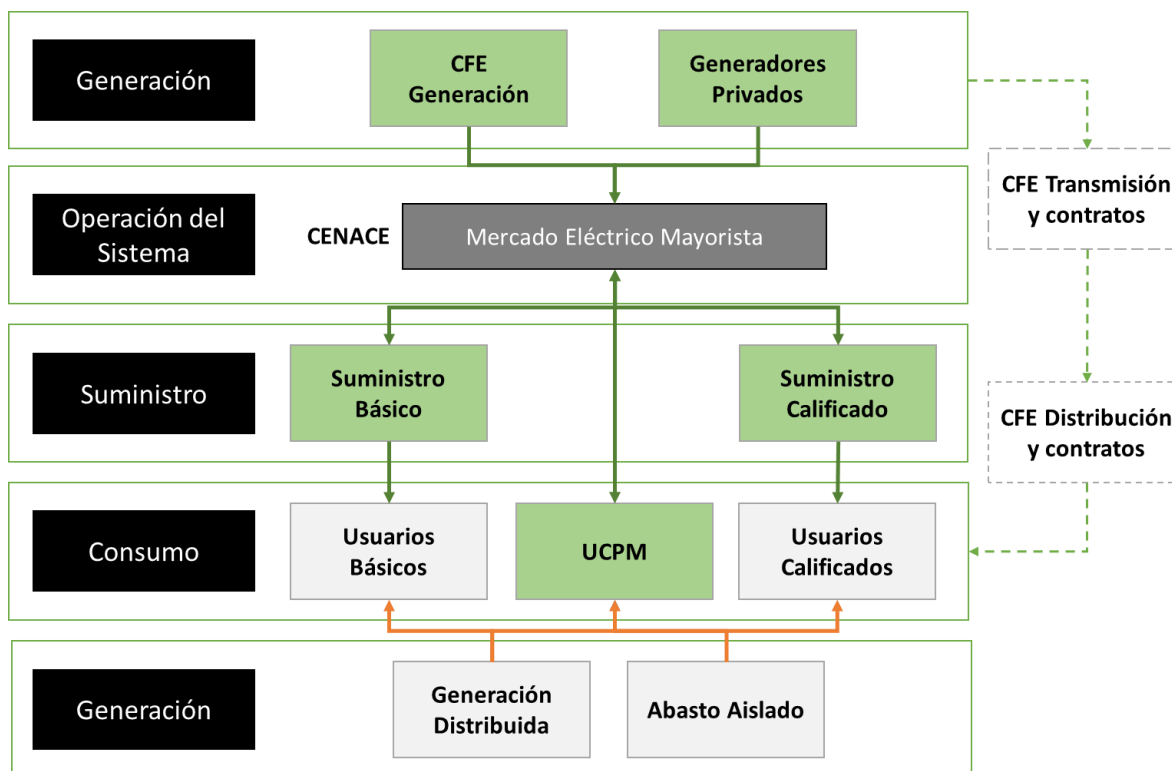
4.1. Guía de modalidades de compras de energías renovables para el sector comercial e industrial mexicano.

La Guía de” Modalidades de compras de energías renovables para el sector comercial e industrial mexicano” fue elaborada por la Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable (GIZ, por sus siglas en alemán) con la colaboración del *World Resources Institute (WRI)*, y se elaboró en el contexto de la Campaña de Compras Corporativas de Energías Renovables aprobada y promovida en la Ministerial de Energías Limpias, de la que México forma parte.

El propósito de la Guía es proporcionar a las grandes empresas, así como a las pequeñas y medianas (Pymes) un instrumento para que conozcan las nuevas alternativas del mercado de la electricidad en México, fruto de la Reforma Energética, con información detallada sobre los modelos y la normatividad que los rige.

El Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) es un mercado operado por el CENACE en el que los participantes pueden realizar transacciones de compraventa de energía eléctrica, Servicios Conexos, Potencia, Derechos Financieros de Transmisión (DfT), CELs y demás productos requeridos para el funcionamiento del SEN. Para participar directamente en el MEM es necesario celebrar un contrato con el CENACE en una de las siguientes modalidades (ver figura 4.1):

FIGURA 4. 1. ESTRUCTURA DEL NUEVO MERCADO ELÉCTRICO



Fuente: Elaborado por SENER.

La Guía presenta diversas alternativas para compras corporativas de energías renovables:

- I. Certificados de Energías Limpias;
- II. Generación en sitio (detrás del medidor, A. Generación Limpia Distribuida, B. Abasto Aislado, C. Generación Local);
- III. Generación remota;
- IV. Cambio de Suministrador (tarifas verdes);
- V. Participar directamente en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

Al Participar directamente en el MEM convertirse en Usuario Calificado participante del Mercado (UCPM), un usuario tiene las siguientes opciones para adquirir energía renovable:

- Participación en las subastas de mediano y largo plazo, las cuales son mecanismos para que los suministradores y los UCPM garanticen un suministro adecuado de energía de tres años (en el caso de las subastas de mediano plazo) o de 15-20 años (en el caso de las subastas de largo plazo).
- Contratos bilaterales de cobertura eléctrica (PPA, del término en inglés "Power Purchase Agreement") con generadores, con los que deberá negociar cantidades, precios y condiciones, además de notificar al CENACE sobre las fechas y cantidades de energía comprometidas, para fines de optimización.
- Compra de energía en el Mercado de Corto Plazo, que comprende a los Mercados del Día en Adelanto (MDA), Hora en Adelanto (MHA) y Tiempo Real (MTR). Las fluctuaciones de precios en el MHA y

MTR hacen que sólo se recurre a ellos para ajustar diferencias (vender excedentes y comprar faltantes) no cubiertas en el MDA o por otros contratos.

- Importación de energía desde el exterior, especialmente para entidades fronterizas. La importación requiere una autorización de la CRE. Los trámites específicos y la información solicitada se pueden consultar en la Resolución RES/810/2015.

Liga para consultar la GUÍA de manera completa:

<http://bit.ly/2HRRMnR>

4.2. Mapas Ruta Tecnológica de Energías Renovables

Como parte de las iniciativas derivadas de la LTE para fortalecer la operación de los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIE), la SENER, a través del Fondo de Sustentabilidad Energética, elaboró los Mapas de Ruta Tecnológica (MRT) para distintas energías renovables, incluyendo bioenergéticos, geotermia, energía del océano, solar fotovoltaica y eólica.

Los MRT son una herramienta de soporte en la planeación estratégica que permiten orientar la definición de proyectos e iniciativas enfocadas a fortalecer y generar las capacidades tecnológicas necesarias para el desarrollo sustentable de la industria de energías renovables en México, incluyendo aspectos de infraestructura, recursos humanos especializados, servicios tecnológicos, entre otros. Los Mapas presentan una serie de acciones estratégicas y habilitadoras que se consideran prioritarias para alcanzar la capacidad instalada establecida con una visión al 2030, así como un conjunto de actividades específicas propuestas para solventarlas, actores involucrados y plazos estimados para su ejecución.

- Mapas de Ruta Tecnológica en Bioenergéticos: El propósito de estos MRT proponen una visión al 2030 en la que se considera factible incrementar la capacidad instalada de producción de biometano equivalente en un rango de 200 a 250 millones de m³ al año; producción de biodiésel incrementada a 900 millones de litros anuales; incrementar a 390 PJ/a el uso de la energía de la biomasa en los tres mercados de biocombustibles sólidos considerados, esto equivale a un consumo de 21.6 millones de tMS/a; contar con una capacidad instalada para producir 2,000 millones de litros anuales de bioetanol; y construir una capacidad de producción de bioturbosina de 750 millones de litros por año.
- Mapa de Ruta Tecnológica en Geotermia: El propósito de este MRT propone una visión al 2030 en la que se considera factible incrementar 750 MW de capacidad instalada a la que se tiene actualmente para generar electricidad.
- Mapa de Ruta Tecnológica en Energías del Océano: El propósito de este MRT propone una visión al 2030 en la que se considera factible tener una capacidad instalada de 500 a 1000 MW, para generar electricidad a través de proyectos demostrativos.
- Mapa de Ruta Tecnológica en Energía Solar: El propósito de este MRT propone una visión al 2030 en la que se considera factible tener una capacidad instalada solar fotovoltaica de 22 GW para generar electricidad.
- Mapa de Ruta Tecnológica en Energía Eólica: El propósito de este MRT propone una visión al 2030 en la que se considera factible tener una capacidad instalada de 21 GW para generar electricidad.

<https://www.gob.mx/sener/documentos/mapas-de-ruta-tecnologica-de-energias-renovables>

4.3. Atlas de Oleaje segunda etapa

En el año 2014 se publicó la primera etapa del Atlas de Oleaje, cuyo objetivo fue determinar los sitios ideales que, por sus características energéticas, fueran los propicios para la colocación de dispositivos para la conversión de energía del oleaje a eléctrica.

El objetivo de la segunda etapa del Atlas de Oleaje fue determinar el potencial de la energía del oleaje en tres sitios de la República Mexicana: Cozumel, Quintana Roo, Puerto Escondido, Oaxaca y Punta Colonet, Baja California, en condiciones medias y máximas, de manera mensual y para el periodo correspondiente a las mediciones de oleaje en cada sitio en particular. Las campañas de medición se realizaron durante un periodo de: siete meses para Puerto Escondido, nueve meses para Punta Colonet y ocho meses para Cozumel. Posteriormente se procesaron y validaron los datos medidos en sitio.

Se implementó el modelo de oleaje de tercera generación MIKE21 SW para realizar las simulaciones del clima del oleaje en el periodo de mediciones para cada sitio en particular. La simulación numérica se realizó sobre una malla de cálculo no estructurada (flexible) compuesta de elementos triangulares con 11,794 elementos para Cozumel, 8,034 elementos para Puerto Escondido y 13,920 elementos para Punta Colonet.

La resolución de los mapas generados es variable y está en función de las condiciones locales de cada sitio, ya que las simulaciones numéricas fueron realizadas sobre una malla no estructurada, la resolución máxima alcanzada en la costa fue de 30 metros.

<https://dgel.energia.gob.mx/inere/>

4.4. Inventario Nacional de Emisiones de CO₂ y Sitios para su Almacenamiento en México (Inventario)

Como parte de las actividades estratégicas para la implementación de la tecnología de Captura, Uso y Almacenamiento de CO₂ (CCUS) en México, en 2015 se inició un trabajo conjunto entre la SENER, la CFE y Petróleos Mexicanos (PEMEX) para identificar y analizar las principales fuentes fijas de emisión de CO₂ en el país en plantas de generación de energía eléctrica, así como una evaluación de los campos petroleros maduros donde el CO₂ puede utilizarse para la recuperación mejorada de petróleo.

Con el propósito de crear una herramienta para la planeación de proyectos y la atracción de inversiones, la información generada durante el análisis de fuentes de emisión y campos ha sido integrada en una plataforma digital, el Inventario que es un sistema de información geográfica, a la cual se ha sumado la información y datos sobre los sitios para almacenamiento geológico permanente de CO₂ en acuíferos salinos profundos y datos de todas las fuentes fijas de emisión en el país que forman parte del Atlas de Almacenamiento Geológico de CO₂ de México, publicado en 2012 por la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC) de la CFE en colaboración con la SENER.

El Inventario de México, permitirá compartir de forma pública información acerca de aquellas industrias donde sería posible instalar plantas de captura de CO₂ la cual es proporcionada por el Registro Nacional de Emisiones a cargo de la SEMARNAT; información sobre los campos petroleros y su situación operativa y de producción que son parte de la plataforma del Centro Nacional de Información de Hidrocarburos (CNIH) de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH); así mismo la GEIC, CFE y PEMEX han contribuido con la información previamente mencionada.

El Inventario a su vez, muestra los proyectos piloto que se tiene contemplados en el país para ponerse en marcha entre 2018 y 2019; el primero en la Central de Ciclo Combinado de Poza Rica a cargo de la CFE, donde será instalada una planta piloto de captura de CO₂; el segundo un proyecto de recuperación mejorada de aceite (EOR) con CO₂ y almacenamiento geológico permanente de carbono en el campo Brillante a cargo de PEMEX donde el CO₂ proviene del Complejo Petroquímico de Cosoleacaque.

A partir de agosto de 2018, esta plataforma estará disponible para consulta del público en general y aquellos interesados en el desarrollo de proyectos de CCUS. La plataforma será actualizada anualmente.

<https://dgel.energia.gob.mx/QA/CCUS/CCUS/>

4.5. Guía para Participar en el Sector Eléctrico Mexicano

En el marco de colaboración con la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo el Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México II (Programa MLED-II), Tetra Tech elaboró “La Guía para participar en el Sector Eléctrico Mexicano”. La Guía tiene como objetivo informar a los actores públicos y privados de manera sencilla y accesible las oportunidades que presenta la Reforma Energética, así como los pasos a seguir para acceder a precios de energía más competitivos, mejorar sus finanzas y ofrecer un mejor servicio a sus clientes. Al tiempo que obtienen ventajas, contribuirán también a lograr mayores beneficios para el país.

Esta Guía está estructurada para ofrecer respuestas a las tres inquietudes que con mayor frecuencia presentan los actores públicos y privados:

- Cómo reducir el costo de la energía adquirida a terceros.
- Cómo reducir costos generando su propia energía.
- Cómo generar ingresos adicionales por la venta de energía y otros productos.

FIGURA 4. 2. INTERACCIONES PERMITIDAS POR EL MARCO REGULATORIO ACTUAL

		OFERTA							
		Suministrador		Generador	Generador Exento	Generador Local	Abasto Aislado	Mercados de Corto Plazo & para el Balance de Potencia	
		Servicios Básicos	Servicios Calificados						
DEMANDA	Usuario de Suministro Básico		Permitido	No permitido	No permitido	Sólo autoconsumo	No permitido	Permitido	No permitido
	Usuario Calificado		No permitido	Permitido	No permitido	Sólo autoconsumo	No permitido	Permitido	No permitido
	Usuario Calificado Participante del Mercado		No permitido	No permitido	Permitido	Sólo autoconsumo	Permitido	Permitido	Permitido
	Suministro	Servicios Básicos	No aplica	No permitido	Permitido	Permitido	No permitido	No permitido	Permitido
		Servicios Calificados	No permitido	No aplica	Permitido	Permitido	Permitido	No permitido	Permitido
Mercados de Corto Plazo & para el Balance de Potencia		No permitido	No permitido	Permitido	No permitido	No permitido	No permitido	No aplica	

Fuente: Elaborado por SENER.

4.6. Redes Eléctricas Inteligentes

En mayo de 2016 se integró el Comité Consultivo de Redes Eléctricas Inteligentes en el que participan representantes del CENACE, CRE, Industria eléctrica e Instituciones de Investigación, el cual dará asesoría a la SENER sobre el desarrollo de Redes Eléctricas Inteligentes (REI). En ese mismo mes, contando con la opinión técnica de la CRE se aprobó y publicó el primer Programa de Redes Eléctricas Inteligentes el cual fue desarrollado por el CENACE con el apoyo del Transportista, Distribuidor y el Suministrador; este programa tiene como objetivo apoyar la modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución, para mantener una infraestructura confiable y segura que, entre otros aspectos facilite la incorporación de nuevas tecnologías que promuevan la integración de Energía Limpia y de la Generación Distribuida, dando mayor impulso a la Generación Limpia Distribuida, en este documento con relación a las REI, se identifican los motivadores y políticas para su despliegue así como el plan de trabajo para la identificación y propuesta de los proyectos a desarrollar.

En 2017 la SENER publicó el segundo Programa de Redes Eléctricas Inteligentes, el cual se integró con la aportación de proyectos del CENACE, el Transportista y el Distribuidor, así como con la opinión de la CRE. Este programa contempla proyectos pilares, los cuales son proyectos fundamentales para el CENACE, el Transportista y Distribuidores, que tienen la finalidad de desarrollar de manera coordinada y complementaria, temas relacionados con el modelo de desarrollo de las REI y en lo referente a recursos que deben de compartir los tres organismos, donde el CENACE es líder de estos proyectos. El Programa, considera que al CENACE le corresponde desarrollar 10 proyectos, a los Transportistas 6 y a los Distribuidores 5.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250609/2017_Programa_de_Red_Elctricas_Inteligentes.pdf

4.7. Estudio de Integración de Energías Renovables en Norte América (NARIS)

En el último semestre del 2017, NREL publicó el documento “ReEDS-Mexico: A *Capacity Expansion Model of the Mexican Power System*, cuyo propósito es documentar la aplicación del modelo Sistema de Despliegue de Energía Regional (ReEDS, por sus siglas en inglés) para el sector eléctrico mexicano. La realización de este modelo tiene la función de crear una plataforma para analizar la construcción coordinada del sector eléctrico entre Estados Unidos, Canadá y México, el cual es uno de los objetivos del Estudio de Integración de Energías Renovables en América del Norte (NARIS, por sus siglas en inglés).

Como demostración de las capacidades del modelo, se construyeron cinco escenarios centrándose en los impactos del crecimiento de la demanda y los precios del gas natural en la evolución del SEN (ver cuadro 4.1). El crecimiento de la demanda se encuentra alineado a las cifras con las proyecciones del PRODESEN 2016, mientras que los escenarios de los precios de gas natural se encuentran alineados con la Perspectiva Energética Anual 2017 (AEO 2017, por sus siglas en inglés) de la Administración de Información Energética de los Estados Unidos (U.S. EIA, por sus siglas en inglés).

CUADRO 4. 1. DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIOS ANALIZADOS

Nombre del escenario	Descripción del escenario
Referencia	Crecimiento de demanda planeado del PRODESEN.
Alto crecimiento de carga	Crecimiento de demanda baja del PRODESEN.
Bajo crecimiento de carga	Crecimiento de demanda alta del PRODESEN.
Altos precios de gas natural	Bajo recurso de petróleo y gas del AEO* 2017.
Bajos precios de gas natural	Alto recurso de petróleo y gas del AEO 2017.

Fuente: U.S. NREL. ReEDS-Mexico: A Capacity Expansion Model of the Mexican Power System. 2017

*AEO: Annual Energy Outlook, Energy Information Agency, USA, 2017

De acuerdo al escenario de referencia, en el corto plazo (cerca del 2020), se espera que nueva capacidad sea añadida principalmente para satisfacer la creciente demanda y reemplazar las unidades termoeléctricas. La nueva capacidad está compuesta principalmente por plantas de ciclo combinado (aproximadamente 12 GW) y energía eólica (aproximadamente 10.5 GW). Por su parte, en el mediano plazo (cerca del 2036), la mayoría de la capacidad adicional que se incorpora es nuevamente tecnologías de ciclo combinado y energía eólica (aproximadamente 34 y 32 GW, respectivamente), mientras que las turbinas de combustión y la energía fotovoltaica son desplegadas en grandes cantidades (aproximadamente 17 GW cada una). Por su parte, las adiciones de energías renovables son influenciadas por el mandato de energías limpias establecido en la LTE, resultando en un total de energías limpias (energías renovables más nuclear) de 35 % para el 2024 manteniéndose en esa proporción hasta mediados de los 2040. Asimismo, debido a la disminución de costos de capital esperada por parte de las nuevas tecnologías fotovoltaicas y una mayor proporción de generación de energía eólica, se estima que para el 2050 la integración de energías limpias alcance aproximadamente un 50 %.

Considerando las sensibilidades impuestas por los precios del gas natural, los resultados principales son los siguientes: en corto plazo, al considerar un bajo precio de gas natural existe un reemplazo marginal de las plantas de generación de carbón por plantas de generación de gas natural; en el mediano plazo, mientras que el escenario de referencia y el escenario de bajos precios de gas natural mantienen la misma proporción de energías limpias, al considerar un alto precio de gas natural, la integración de energías limpias excede las metas (cercano a un 65 % de integración).

Finalmente, en el 2018 el estudio NARIS ha evaluado el sistema eléctrico en función a cuatro escenarios principales: el escenario base, el escenario de bajo costos de tecnologías de generación variable, el escenario de reducción de emisiones de carbono y el escenario de reducción de emisiones de carbono considerando la electrificación del sistema. Adicionalmente, las sensibilidades y supuestos que se toman en cuenta para modelar la expansión de capacidad, se dividen en las siguientes categorías: política de reducción de emisiones de carbono de Canadá, política de reducción de emisiones de carbono de cada estado de Estados Unidos, política de energías limpias de México, trayectoria de costo de las energías renovables, coordinación de las líneas de transmisión, políticas y costos de generación distribuida, flexibilidad de la demanda y oferta de la energía eléctrica, hidroenergía, electrificación y precios de gas natural. Hasta el momento, los resultados preliminares del estudio destacan, independientemente del escenario en consideración, una integración importante de las energías renovables en las siguientes décadas, donde el rango esperado de esta penetración se encuentra entre el 57% y el 84% dependiendo del escenario.

<https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/70076.pdf>

GLOSARIO

Autoabastecimiento Es el suministro de los requerimientos de energía eléctrica de los miembros de una sociedad de particulares mediante una central generadora propia. Como modalidad definida por la CRE se entiende como: la generación de energía eléctrica para fines de autoconsumo siempre y cuando dicha energía se destine a satisfacer las necesidades de personas físicas o morales y no resulte inconveniente para el país.

Capacidad Es la potencia máxima a la cual puede suministrar energía eléctrica una unidad generadora, una central de generación o un dispositivo eléctrico, la cual es especificada por el fabricante o por el usuario.

Carga Es la potencia requerida por los dispositivos de consumo y se mide en unidades de potencia eléctrica (Watts); cada vez que un usuario acciona un interruptor para conectar o desconectar un aparato de consumo eléctrico produce una variación en su demanda de electricidad.

Central Eléctrica Instalaciones y equipos que, en un sitio determinado, permiten generar energía eléctrica y Productos Asociados.

Certificado de Energías Limpias Título emitido por la CRE que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de fuentes renovables o tecnologías limpias y que sirve para cumplir los requisitos obligatorios asociados al consumo de los Centros de Carga

Cogeneración Procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente, etc.). Como modalidad, es la producción de energía eléctrica en conjunto con vapor y/o energía térmica secundaria de otro tipo. Puede ser la producción directa e indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica residual de procesos que utilizan combustibles, o viceversa.

Consumo de Energía (GWh) Total anual de ventas de energía, autoabastecimiento remoto, ventas asociadas a la reducción de pérdidas no-técnicas, importación reducción de pérdidas y usos propios

Consumo Final (GWh) Total anual de ventas de energía eléctrica y autoabastecimiento remoto, consumidos por los usuarios finales del sector eléctrico

Demanda Es la potencia a la cual se debe suministrar la energía eléctrica requerida en un instante dado. El valor promedio dentro de cierto intervalo es igual a la

energía requerida entre el número de unidades de tiempo del intervalo (MWh/h).

Emisiones

Emisiones de bióxido de carbono (CO₂), bióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas sólidas, por el uso de combustibles fósiles en las unidades generadoras

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se define a partir del “efecto fotovoltaico”, que ocurre cuando los fotones de la luz del sol excitan a niveles de energía más altos a los electrones “suelos” de los átomos del material semiconductor sobre el cual incide. Cuando esta propiedad de la luz es combinada con las propiedades de dichos materiales, los electrones fluyen a través de una interfaz y se crea una diferencia de potencial.

Energía solar térmica

La tecnología termosolar produce electricidad concentrando la radiación solar para calentar y producir vapor de agua y hacerlo pasar por una turbina de la misma forma que se realiza en una central termoeléctrica o de ciclo combinado.

Exportación

(modalidad)

Es la generación de energía eléctrica para destinarse al comercio exterior, a través de proyectos de cogeneración, producción independiente y pequeña producción que cumplan las disposiciones legales y reglamentarias aplicables según los casos.

Los permisionarios en esta modalidad no pueden enajenar dentro del territorio nacional la energía eléctrica generada, salvo que obtengan permiso de la CRE para realizar dicha actividad en la modalidad de que se trate.

Factor de planta

Relación entre la energía eléctrica producida por una unidad generadora y la energía posible de producir por la misma la operar a su potencia máxima durante un periodo determinado

Gas natural

Mezcla de hidrocarburos constituida principalmente por metano que se encuentra en los yacimientos en solución o en fase gaseosa con el crudo, o bien en yacimientos que no contienen aceite.

Generador

Permiso otorgado al amparo de LIE para generar electricidad en centrales eléctricas con una capacidad mayor a 0.5 MW, o bien, contrato de Participante del Mercado para representar en el MEM a estas centrales o, con autorización de la CRE, a centrales ubicadas en el extranjero.

Generación bruta

Es la energía que se produce en las centrales eléctricas, medida en las terminales de los generadores. Una parte pequeña de esta energía es utilizada para alimentar los equipos auxiliares de la propia central (usos propios) y el resto es entregado a la red de transmisión (generación neta).

Generación neta	Es la energía eléctrica que una central generadora entrega a la red de transmisión y es igual a la generación bruta menos la energía utilizada en los usos propios de la central.
Importación (modalidad)	Es la adquisición de energía eléctrica proveniente de plantas generadoras establecidas en el extranjero mediante actos jurídicos celebrados directamente entre el abastecedor de la energía eléctrica y el consumidor de esta.
Megawatt (MW)	Unidad de potencia igual a 1,000,000 de Watts
Megawatt hora (MWh)	Unidad de energía. En electricidad es la energía consumida por una carga de un MW durante una hora.
Pequeña producción	Es la generación de energía eléctrica destinada a: La venta a CFE en su totalidad, en cuyo caso los proyectos no podrán tener una capacidad total mayor que 30 MW en un área determinada, o al autoabastecimiento de pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan del servicio de energía eléctrica, en cuyo caso los proyectos no podrán exceder de 1 MW, o a la exportación, dentro del límite máximo de 30 MW.
Potencial de energías renovables	Corresponde a los recursos de fuentes renovables y limpias que pueden ser aprovechados para la generación de energía eléctrica, a través del desarrollo de proyectos de centrales eléctricas que son técnica y económicamente factibles para su ejecución
Producto interno bruto	Valor anual de la producción de bienes y servicios del país
Producción independiente	Es la generación de energía eléctrica proveniente de una planta con capacidad mayor que 30 MW, destinada exclusivamente a su venta a la CFE o -previo permiso de la Secretaría de Energía en los términos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica-, a la exportación.
Proyecto de autoabastecimiento	Desarrollo de una unidad de generación construida por particulares, con la finalidad de abastecer los requerimientos de energía eléctrica propia o entre los miembros de una sociedad de particulares.
Proyectos de generación genérico	Corresponde a posibles centrales eléctricas candidatas asignadas en las diferentes regiones de transmisión en función del potencial de generación disponible y factibilidad de desarrollo, para cumplir con las Metas de Energías Limpias y enviar señales de mercado a los desarrolladores de proyectos interesados en realizar inversiones productivas dentro del sector eléctrico, sujetos a la optimización del modelo de planeación

Proyectos de generación firme

Corresponde a los proyectos de generación que no están sujetos a la optimización del modelo de planeación, por lo que se instalarán en la fecha indicada por los Generadores, siempre y cuando cumplan los siguientes criterios:

- a) Contar con un Contrato de Interconexión y permiso de generación en el que se contemple la entrada en operación comercial a partir del 1 de enero de 2016
- b) Que el CENACE haya instruido al Transportista o Distribuidor la celebración de un Contrato de Interconexión
- c) Haber concluido el estudio de instalaciones y realizando el pago de la garantía financiera, para los proyectos que optaron por el esquema individual de interconexión
- d) Haber realizado el pago de la garantía financiera para los proyectos que optaron por ser incluidos como parte del proceso de planeación
- e) Haber presentado garantía de cumplimiento, para los proyectos asignados en las Subastas de Largo Plazo, en términos

Proyectos de Generación en operación

Corresponde a las centrales eléctricas del SEN, que operaron de forma regular o iniciaron operaciones durante el 2016, de acuerdo con la información reportada por la CFE, el CENACE y la CRE

Proyectos de generación de optimización

Corresponde a los proyectos de generación que no cumplen con la categoría firme, que pueden contar o no, con permiso de generación ante la CRE, sujetos a la optimización del modelo de planeación

Red

Conjunto de elementos de transmisión, transformación y compensación, interconectados para el transporte de energía

Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

Integrado por los participantes públicos y privados, conectados a la red eléctrica nacional, y que intervienen en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Sistema Interconectado Nacional (SIN)

Sistemas eléctricos regionales que comparten a través de sus enlaces sus recursos de capacidad y funcionamiento económico, confiable y eficiente en su conjunto

Usos propios

Proporción de energía eléctrica consumida por los equipos auxiliares de las unidades generadoras

Ventas

Energía eléctrica anual facturada a los usuarios finales del sector eléctrico por sector tarifario en cada región de control

ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS

21CPP	Alianza de los Sistemas Eléctricos del Siglo 21 (21CPP, por sus siglas en inglés)
AUT	Autoabastecimiento
AZEL	Atlas de Zonas con Energías Limpias
BANDAS	Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales
BCS	Baja California Sur
CELS	Certificados de Energías Limpias
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CEM	Ministerial de Energías Limpias (CEM, por sus siglas en inglés)
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CIDE	Centro de Investigación y Docencias Económicas
CIFF	Fundación Fondo de Inversión para la Niñez (CIFF, por sus siglas en inglés)
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DOF	Diario Oficial de la Federación
EIA	Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA, por sus siglas en inglés)
EOL	Eoloeléctrica
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEIC	Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil
GEN	Generación
GEN-CFE	Comisión Federal de Electricidad Generación
GEO	Geotermoeléctrica
GPG	Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
GW	Gigawatt

GWh	Gigawatt-hora
HID	Hidroeléctrica
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INEL	Inventario Nacional de Energías Limpias
INEEL	Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
INPC	Índice Nacional de Precios al Consumidor
IRENA	International Renewable Energy Agency (IRENA, por sus siglas en inglés)
km-c	Kilómetro-circuito
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LTE	Ley de Transición Energética
LOAPF	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
mmpcd	Millones de pies cúbicos diarios
MT	Media tensión
MVA	Megavolt ampere
MW	Megawatt
MWe	Megawatt eléctrico
MWh	Megawatt-hora
n.d.	No disponible
NARIS inglés)	Estudio de Integración de Energías Renovables en Norteamérica (NARIS, por sus siglas en
NRCan	Ministerio de Recursos Naturales de Canadá (NRCan, por sus siglas en inglés)
NREL	National Renewable Energy Laboratory
NOM	Norma Oficial Mexicana
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional

PRONASE	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
PIB	Producto Interno Bruto
PIE	Productor Independiente de Energía
PP	Pequeña producción
RNT	Red Nacional de Transmisión
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SFV	Sistema Fotovoltaico
SIN	Sistema Interconectado Nacional
Tmca	Tasa media de crecimiento anual
TWh	Terawatt-hora
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
VER	Ventanilla Única de Energías Renovables

REFERENCIAS

Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional, 2018-2032, SENER, Ciudad de México, 2017.

Reporte de avances de energías limpias 2017.

Direcciones electrónicas de interés general y específico:

<http://www.banxico.org.mx> Banco de México

<http://www.cenace.gob.mx> Centro Nacional de Control de Energía

<https://dgel.energia.gob.mx/atlashidro/> Atlas Hidroeléctrico

<https://dgel.energia.gob.mx/azel/> Atlas de Zonas con Energías Limpias

<http://inere.energia.gob.mx> Inventario Nacional de Energías Limpias

<https://www.gob.mx/sener> Secretaria de Energía

<http://www.nrel.gov> National Renewable Energy Laboratory

<http://www.irena.org> IRENA

Notas aclaratorias:

- La suma de los datos numéricos o porcentuales en el texto, cuadros, tablas, gráficas o figuras podría no coincidir con exactitud con los totales, debido al redondeo de cifras.
- La información correspondiente al último año histórico está sujeta a revisiones posteriores. Además puede coincidir o no, con la publicada en otros documentos públicos o plataformas de información estadística, debido a la metodología empleada o el nivel de detalle presentado.
- De manera análoga al caso de suma de cifras, el cálculo manual de tasas de crecimiento promedio anual podría no coincidir en forma precisa con los valores reportados debido al redondeo de cifras.

Referencias para la recepción de comentarios

Los lectores interesados en aportar comentarios, realizar observaciones o formular consultas pueden dirigirse a:

Subsecretaría de Planeación y Transición Energética

Secretaría de Energía

Insurgentes Sur 890, piso 3, Col. del Valle

México D.F. 03100

Tel: +(5255) 5000-6000 ext. 2217

Coordinación de la publicación:

Dirección General de Planeación e Información Energéticas

Tel: +(5255) 5000-6000 ext. 2477, 2217, 2097, 2207

E-mail: prospectivas@energia.gob.mx

aubaldo@energia.gob.mx

Encuesta de Satisfacción:

<https://es.surveymonkey.com/r/V7QNQD6>