SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029

Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029

SENER

SECRETARÍA DE ENERGÍA

México, 2015

Secretaría de Energía

Pedro Joaquín Coldwell
Secretario de Energía

Leonardo Beltrán Rodríguez
Subsecretario de Planeación y Transición Energética

María Lourdes Melgar Palacios
Subsecretaria de Hidrocarburos

César Emiliano Hernández Ochoa
Subsecretario de Electricidad

Gloria Brasdefer Hernández
Oficial Mayor

Efraín Villanueva Arcos
Director General de Energías Limpias

Víctor Manuel Avilés Castro
Director General de Comunicación Social

Elaboración y revisión:

Leonardo Beltrán Rodríguez
Subsecretario de Planeación y Transición Energética

Efraín Villanueva Arcos
Director General de Energías Limpias

Luis Alfonso Muñozcano Alvarez
Director General Adjunto de Energías Renovables

Karla Jessica Gasca Lara
Directora de Energías Renovables

Michelle Alejandra Ramírez Bueno
Directora de Geotermia

Sergio Gasca Alvarez
Director de Bioenergéticos

Antonio Emmanuel Ramírez Salas
Director de Administración de Programas y
Proyectos en Investigación y Desarrollo Tecnológico

David Alejandro Rocha Ruíz
Coordinador Técnico de Geotermia

Oscar Ruíz Carmona
Subdirector de Programas Sectoriales

Edgar Navarrete Escobar
Subdirector de Promoción de Bioenergéticos

Edgar Erik Vargas Serrano
Subdirector Normativo de Energías Limpias

Lluviely García Quiroz
Jefa de Departamento de Energías Renovables

Fidel Carrasco González
Consultor externo con el apoyo de la
Iniciativa Regional Climática para América Latina
LARCI

En la portada: Central geotermoeléctrica de Los Humeros, Chignautla, Pue.; Paneles solares Aguascalientes, Ags.; Parque eólico Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.
Diseño de portada: Karimi Anabel Molina Garduño (Jefa del Departamento de Diseño Gráfico)

Agradecimientos:

La Secretaría de Energía (SENER) agradece a los miembros e invitados permanentes del Consejo Consultivo para las Energías Renovables: Secretaría de Hacienda y Crédito Público; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Secretaría de Economía; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca; Secretaría de Salud; Comisión Federal de Electricidad; Comisión Reguladora de Energía; Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía; Comisión Nacional del Agua; Petróleos Mexicanos; Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México; Asociación Mexicana de Energía Eólica; Asociación Nacional de Energía Solar; Red Mexicana de Bioenergéticos; Consejo Mundial de Energía; Iniciativa Mexicana para las Energías Renovables.

Además, agradecemos a las diferentes áreas de la propia SENER, organismos de cooperación internacional y otros participantes, por su valioso apoyo en la integración de esta prospectiva:

Dirección General de Planeación e Información Energéticas

Rafael Alexandri Rionda
Director General

Luis Gerardo Guerrero Gutiérrez
Director de Integración de Prospectivas del Sector

Juan Herrera Romero
Director de Formulación de Programas y Balances Energéticos

Alain de los Ángeles Ubaldo Higuera
Subdirectora de Políticas de Combustibles

Dirección General de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica

Oliver Ulises Flores Parra Bravo
Director General

Nelson Ricardo Delgado Contreras
Director General Adjunto de Programas de Generación

Daniela Pontes Hernández
Directora de Instrumentos de Energías Limpias

Programa de Colaboración México-Dinamarca en Materia de Energía y Cambio Climático
Ulla Blatt Bendtsen, Asesora en Energía
Mikael Togeby y Aisma Vitiņa, Consultor y Consultora externos Ea Energy Analyses A/S

Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)
Edgar Roberto Sandoval García, Consultor externo

Bloomberg New Energy Finance
Guillaume Fouché, Business Manager Latin America & Eastern Canada

ÍNDICE

Índice de figuras ..... **vii**

Índice de gráficas ..... **viii**

Índice de tablas ..... **x**

Mensaje del Secretario de Energía ..... **xii**

Introducción ..... **xiii**

Resumen ejecutivo ..... **xiv**

Marco Regulatorio y de Políticas en Energías Renovables **17**

1.1. Reforma Energética 17

1.2. Marco legal y su impacto en las Energías Renovables 18

1.3. Marco de políticas para la promoción de las energías renovables 20

1.3.1. Instrumentos de planeación 20

1.3.2. Instrumentos Económicos 23

1.3.3. Instrumentos de Promoción, Investigación, Desarrollo e Innovación para las Energía Renovables 25

México en el contexto de las energías renovables a nivel mundial **29**

2.1. Comparativo internacional 29

2.2. Evolución de costos de las energías renovables 38

2.2.1. Perspectiva de costos de inversión a nivel internacional y en México 38

2.2.2. Perspectiva de Costos Nivelados 42

2.2.3. Integración de energía renovable al sistema 44

2.3. Políticas de fomento para las energías renovables en el mundo 45

2.4. Iniciativas de cooperación internacional para el desarrollo de México en materia energética y de cambio climático 47

Potencial y Situación Actual de las Energías Renovables en México **50**

3.1. Potencial de las Energías Renovables 50

3.2. Participación de Energías Renovables en la matriz energética 52

3.3. Comportamiento histórico de las Energías Renovables para la generación de energía eléctrica 54

3.3.1. Generación Hidroeléctrica 55

3.3.2. Generación Eólica 55

3.3.3. Generación Geotérmica 56

3.3.4. Generación Solar 57

3.3.5. Generación con Biomasa 57

3.3.6. Generación con biogás 58

3.3.7. Generación Distribuida 59

3.4. Bioenergéticos para el sector transporte 60

3.4.1. Etanol Anhidro 60

3.4.2. Biodiesel 61

3.4.3. Bioturbosina 62

3.5. Comportamiento histórico de las Energías Renovables en aplicaciones térmicas 62

Escenarios de participación de las energías renovables 2015-2029 64

4.1. Escenario para la generación de energía eléctrica 64

4.1.1. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2015 - 2029 64

4.1.2. Escenario esperado de la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento... 69

4.1.3. Escenario de generación distribuida 2015 – 2028 69

4.1.4. Principales conclusiones y resultados 70

Anexo 1. Resumen de políticas para la promoción de energías renovables en México 72

Acrónimos y abreviaturas 76

Índice de figuras

FIGURA 1. REFORMA ENERGÉTICA, IMPLEMENTACIÓN..... 18

FIGURA 2. RECURSOS DEL FSE PARA LOS CEMIEs..... 26

FIGURA 3. GENERACIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES, 2014, EXCLUYENDO SOLAR..... 51

Índice de gráficas

GRÁFICA 1. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA OFERTA TOTAL DE ENERGÍA, 2013 30

GRÁFICA 2. PARTICIPACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN LA OFERTA TOTAL, 2013 31

GRÁFICA 3. INTENSIDAD ENERGÉTICA Y CONSUMO PER CÁPITA, 2014 31

GRÁFICA 4. PARTICIPACIÓN ESTIMADA DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ELECTRICIDAD, 2014 32

GRÁFICA 5. NUEVAS INVERSIONES GLOBALES EN ENERGÍAS RENOVABLES POR TECNOLOGÍA, 2014 32

GRÁFICA 6. GENERACIÓN BRUTA DE ELECTRICIDAD CON ENERGÍA HIDROELÉCTRICA 33

GRÁFICA 7. GENERACIÓN BRUTA CON ENERGÍA EÓLICA, 2014 34

GRÁFICA 8. GENERACIÓN BRUTA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, 2014 35

GRÁFICA 9. GENERACIÓN BRUTA CON ENERGÍA GEOTÉRMICA, 2014 36

GRÁFICA 10. GENERACIÓN BRUTA CON BIOMASA, 2014 37

GRÁFICA 11. RANGO DE LCOE Y VALORES PROMEDIO DE LCOE PARA MÉXICO, 2030 43

GRÁFICA 12. POTENCIAL PROBADO Y PROBABLE DE ENERGÍAS RENOVABLES POR ENTIDAD FEDERATIVA DEL PAÍS, 2014 51

GRÁFICA 13. POTENCIAL PROBADO Y PROBABLE POR FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE EN LAS DIFERENTES ENTIDADES FEDERATIVAS DEL PAÍS, 2014 52

GRÁFICA 14. COMPOSICIÓN DE LA CAPACIDAD TOTAL DE LA MATRIZ ENERGÉTICA, JUNIO 2015 53

GRÁFICA 15. COMPOSICIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DE LA MATRIZ ENERGÉTICA, JUNIO 2015 54

GRÁFICA 16. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES HiDROELÉCTRICAS, 2004-2014 55

GRÁFICA 17. CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES EÓLICAS, 2004 - 2014 56

GRÁFICA 18. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA EN CENTRALES GEOTÉRMICAS, 2004 - 2014 56

GRÁFICA 19. CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS, 2005 - 2014 57

GRÁFICA 20. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE ELECTRICIDAD CON BAGAZO DE CAÑA 2004 – 2014 58

GRÁFICA 21. CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOGÁS, 2004 – 2014 58

GRÁFICA 22. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA, 2007 - 2014 59

GRÁFICA 23. DISTRIBUCIÓN DE LOS CONTRATOS DE INTERCONEXIÓN LEGADOS BAJO ESQUEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA, 2014 59

GRÁFICA 24. VOLÚMENES PREVISTOS DE ETANOL ANHIDRO EN GASOLINAS EN EL PERIODO 2016 - 2026 61

GRÁFICA 25. EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA, 2005 - 2014 63

GRÁFICA 26. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA CON ENERGÍAS RENOVABLES EN PRODESEN, 2015 – 2029 65

GRÁFICA 27. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES EN PRODESEN, 2015 – 2029 66

GRÁFICA 28. EVOLUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA CON ENERGÍAS RENOVABLES Y OTRAS TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN PRODESEN, 2015 - 2029 67

GRÁFICA 29. EVOLUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LA GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES Y OTRAS TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN PRODESEN, 2015 - 2029 68

GRÁFICA 30. CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA Y EXPECTATIVAS DE CRECIMIENTO DE LA GEOTERMIA, 2015-2029 69

GRÁFICA 31. ESCENARIO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA, 2014 – 2028 70

Índice de tablas

TABLA 1. AVANCE EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA REFORMA DEL SECTOR ELÉCTRICO..... 17

TABLA 2. EVOLUCIÓN DE INDICADORES DEL PEAER AL 2014 22

TABLA 3. RECURSOS ECONÓMICOS DESTINADOS PARA LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN ENERGÍAS RENOVABLES/LIMPIAS, A TRAVÉS DEL FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA..... 23

TABLA 4. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS PARA EL OTORGAMIENTO Y LIQUIDACIÓN DE LOS CERTIFICADOS DE ENERGÍAS LIMPIAS 23

TABLA 5. PRINCIPALES HITOS DEL CALENDARIO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA SUBASTA DE LARGO PLAZO 24

TABLA 6. CENTROS MEXICANOS DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA 26

TABLA 7. TRÁMITES CONTEMPLADOS EN LA VENTANILLA ÚNICA 28

TABLA 8. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON ENERGÍA HIDROELÉCTRICA, 2014 33

TABLA 9. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON ENERGía EÓLICA, 2014 34

TABLA 10. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, 2014 35

TABLA 11. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON ENERGÍA GEOTÉRMICA, 2014 36

TABLA 12. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON BIOMASA, 2014 37

TABLA 13. COSTO PROMEDIO DE INSTALACIÓN DE PROYECTOS EÓLICOS TERRESTRES EN PAÍSES SELECCIONADOS, ACTUAL Y PROSPECTIVO 39

TABLA 14. COSTO PROMEDIO DE INSTALACIÓN DE PROYECTOS FOTOVOLTAICOS EN PAÍSES SELECCIONADOS, ACTUAL Y PROSPECTIVO 40

TABLA 15. COSTO PROMEDIO DE INSTALACIÓN DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS EN PAÍSES SELECCIONADOS, ACTUAL Y PROSPECTIVO 40

TABLA 16. COSTO PROMEDIO DE INSTALACIÓN DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS EN PAÍSES SELECCIONADOS, ACTUAL Y PROSPECTIVO 41

TABLA 17. RESUMEN DE LAS VARIABLES CLAVE PARA EL CÁLCULO DE LCOE, 2030..... 42

TABLA 18. COMPARATIVO DE POLÍTICAS DE FOMENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO 46

TABLA 19. GENERACIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE GENERACIÓN CON ENERGÍAS

RENOVABLES, 2014 50

TABLA 20. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN, JUNIO 2015 53

TABLA 21. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN TOTAL 54

TABLA 22. RELACIÓN DE PERMISOS Y AVISOS PARA BIOCOMBUSTIBLES 60

TABLA 23. AVISOS Y PERMISOS DE BIOENERGÉTICOS DEL TIPO BIODIESEL 61

TABLA 24. EVOLUCIÓN DE PRECIOS DE BIOTURBOSINA Y TURBOSINA 62

TABLA 25. ESCENARIOS DE PLANIFICACIÓN DEL PRODESEN, 2015 – 2029 64

TABLA 26. CUMPLIMIENTO DE METAS DE CAPACIDAD DEL PEAER EN PRODESEN, 2018 67

TABLA 27. CUMPLIMIENTO DE METAS DE GENERACIÓN DEL PEAER EN PRODESEN, 2018 ... 68

TABLA 28. MARCO LEGAL DE ENERGÍAS RENOVABLES. 72

TABLA 29. POLÍTICAS PARA LA PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES 73

TABLA 30. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA LA PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES 74

Mensaje del Secretario de Energía

El año 2015 ha sido particularmente relevante para completar la instrumentación y operación de la Reforma Energética según las instrucciones del Presidente Enrique Peña Nieto, así como del mandato derivado del Honorable Congreso de la Unión desde la Reforma Constitucional de Diciembre de 2013 y la legislación secundaria aprobada en agosto de 2014.

Al cierre de 2015, prácticamente están listas las instituciones, las regulaciones y las empresas para participar por primera vez en esta histórica reforma que establece el mercado de energía que inicia en enero de 2016, y que ha sembrado tan relevantes posibilidades para alcanzar una transición energética donde las energías limpias sean las principales protagonistas de los cambios en el sector eléctrico nacional. Muestra de ello es la publicación de la Convocatoria para la Primera Subasta de Capacidad y de Certificados de Energías Limpias. La pieza que faltaba para completar la armonización entre las energías renovables y la Ley de Industria Eléctrica es la Ley de Transición Energética, que acaba de ser aprobada en el Congreso de la Unión. Con ello, estamos listos para impulsar una plena y efectiva participación del sector privado en la generación de electricidad, cuidando con esmero tanto el impacto social de los proyectos como la sustentabilidad de los mismos, tal como lo establece con precisión la reforma constitucional en materia de energía.

Deseo destacar que las energías limpias, y en particular las renovables, han tenido un vertiginoso ascenso en la escena internacional en materia de inversiones. Como se retoma en el Capítulo 2 de esta Prospectiva, los informes de las principales agencias de energía en el mundo reportan un crecimiento sostenido y ascendente de las inversiones, sobre todo en las tecnologías bajas en carbono, debido a dos factores principalmente: la reducción en los costos de las tecnologías limpias y las políticas públicas puestas en marcha para estimular la participación de las renovables. Por primera vez en cuatro décadas, las emisiones globales de carbono asociadas al consumo de energía permanecieron estables a pesar del crecimiento de la economía global. Esta estabilización se atribuye al aumento de la participación de las energías renovables.

Hay que tomar en consideración que ante un escenario de volatilidad y precios bajos de los hidrocarburos, es imperativo seguir demostrando la viabilidad de las energías renovables en el largo plazo, aprovechando el contexto de la creciente demanda por energéticos limpios y confiables, así como por los acuerdos de la COP 21 en París que llaman al mundo a reducir emisiones y en consecuencia impulsar las energías limpias.

Previo a la publicación de la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento, producto de la reforma energética, la industria geotérmica en México mostraba un decaimiento en la generación debido al agotamiento de recursos y rezagos en la exploración y explotación de nuevos yacimientos geotérmicos. Con la entrada en vigor del nuevo marco regulatorio para los recursos geotérmicos, la industria se ha visto renovada por el interés en el desarrollo y aprovechamiento de los recursos geotérmicos del país. A partir de la Reforma se han otorgado 6 concesiones para la explotación de recursos geotérmicos, de las cuales 2 se relacionan con proyectos totalmente nuevos, y 15 permisos de exploración distribuidos en 10 estados de la República.

La energía eólica ha tenido también un impresionante crecimiento y el portafolio de proyectos permite avizorar que para el cierre de esta administración federal, en 2018, tendremos 9 mil Megawatts adicionales con inversiones del orden de 14 mil millones de dólares y su consecuente derrama en empleos de cadenas de valor nacionales. Por su parte, la energía solar fotovoltaica, debido a las ganancias en competitividad y a la disminución de sus costos, vislumbra un crecimiento muy significativo en la capacidad instalada.

México enfrenta con decisión, pero también con organización, el mandato de avanzar en la construcción de una transición energética que provea al país de un sector eléctrico renovado, competitivo internacionalmente, atento a la integración de cadenas de valor nacionales, preparado para asumir con seguridad y confiabilidad una mayor proporción de energías renovables intermitentes en el sistema, al tiempo de asumir estos compromisos con plena responsabilidad hacia el medio ambiente y respetando los derechos humanos de las comunidades.

Introducción

La Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029 se presenta en cumplimiento del artículo 17 del Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética (LAERFTE). La Prospectiva tiene como objetivo analizar la penetración de las energías renovables en el país como parte de la transición energética y de esta manera informar sobre el estado del desarrollo del sector de energías renovables, su trayectoria futura y contribución al cumplimiento de metas del país sobre capacidad y generación de energías renovables y limpias.

En esta edición de la Prospectiva, el escenario a quince años de la participación de las energías renovables se encuentra enmarcado en la publicación del primer Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2015 - 2029 (PRODESEN) para el caso de la generación de energía eléctrica. Además, para el sector transporte se analiza la realización de la primera prueba de concepto de introducción de un biocombustible (etanol anhidro) en gasolinas.

Las Energías Renovables son definidas inicialmente por la LAERFTE, y la definición es retomada por la Ley de Transición Energética (LTE), en su Artículo 3º, fracción XVI: "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. Se consideran fuentes de Energías Renovables las que se enumeran a continuación:

a) El viento;

b) La radiación solar, en todas sus formas;

c) El movimiento del agua en cauces naturales o artificiales con embalses ya existentes, con sistemas de generación de capacidad menor o igual a 30 MW o una densidad de potencia definida como la relación entre capacidad de generación y superficie del embalse, superior a 10 watts/m^2;

d) La energía oceánica en sus distintas formas, a saber: de las mareas, del gradiente térmico marino, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal;

e) El calor de los yacimientos geotérmicos;

f) Los bioenergéticos, que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, y

g) Aquellas otras que, en su caso, determine la Secretaría de Energía".

Adicionalmente, la Ley de la Industria Eléctrica, en su Artículo 3º, fracción XXII, y como parte de la definición de Energías Limpias incluye a los siguientes procesos de generación de electricidad que utilizan Energías Renovables, cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan:

f) "La energía generada por el aprovechamiento calorífico del metano y otros gases asociados en los sitios de disposición de residuos, granjas pecuarias, y en las plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros;

j) La energía generada con los productos del procesamiento de esquilmos agrícolas;

l) La energía generada por ingenios azucareros que cumplan con los criterios de eficiencia que establezca la Comisión Reguladora de Energía y de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales".

Resumen ejecutivo

La presente edición de la Prospectiva de Energías Renovables se divide en cuatro capítulos o temas principales de análisis: El marco regulatorio y las políticas para las energías renovables; el contexto internacional y la ubicación de México en el mismo; el potencial de las energías renovables en México y su situación actual y, finalmente, un análisis de los escenarios de las energías renovables en el periodo 2015-2029.

En la primera parte se da cuenta de los principales avances en la implementación de la Reforma Energética, haciéndo énfasis en los hitos relacionados con las energías renovables, el marco legal y regulatorio en que se apoyan estas tecnologías. En este sentido, la publicación de los Requisitos para la Adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2018, así como la publicación de la Primera Convocatoria para las Subastas de Largo Plazo se constituyen como los principales elementos de promoción emanados de esta Reforma durante 2015. Del mismo modo, la reciente aprobación de la Ley de Transición Energética permitirá armonizar la definición de energías limpias en el contexto de la Ley de la Industria Eléctrica, así como de otros ordenamientos legales, incluida la Ley General de Cambio Climático.

Asimismo, se hace un recuento de los instrumentos de planeación, económicos y de investigación y desarrollo vigentes para el fomento de las energías renovables, entre los que resaltan el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014 – 2018 (PEAER), la adición del artículo 77-A en la Ley del Impuesto sobre la Renta, que permite el incentivo fiscal de deducción al 100% de las inversiones realizadas en maquinaria y equipo para la generación de energía renovable o de cogeneración eficiente; y la creación de los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs), que se han constituido como los principales instrumentos de investigación, desarrollo e innovación para las energía renovables. Los CEMIEs en geotermia, solar, eólica, bioenergía y energía del océano recibirán alrededor de 2,679 millones de pesos, que serán complementados por aportaciones concurrentes del sector privado del orden de 1,047 millones de pesos adicionales.

El Inventario Nacional de Energías Limpias, el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias y la Ventanilla de Proyectos de Energías Renovables (VER) se posicionarán como los principales instrumentos de promoción en materia de energías limpias, incluidas las renovables. Particularmente, la VER permitirá disminuir en promedio de 620 a 465 el número de días trámite para la instalación de un proyecto con este tipo de fuentes de energía, mientras que el Atlas será un insumo importante para los programas de adición y retiros de capacidad, así como de los programas de expansión de la Red Nacional de Transmisión y la Red General de Distribución.

Al igual que en ediciones anteriores, el Capítulo 2 presenta una reseña de la evolución en la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica con energías renovables a nivel internacional, pero en esta ocasión además incorpora dos temas que son relevantes ante una mayor participación de las renovables en México: la situación actual y la evolución esperada de los costos de inversión, así como los costos de integración al sistema eléctrico de la energía solar y eólica.

Destaca en este capítulo el análisis sobre la evolución y mayor participación de las energías renovables en el contexto internacional, favorecida por el establecimiento de políticas públicas para su promoción y por la sostenida disminución de costos de las tecnologías, particularmente la eólica y la solar que son las que muestran el mayor dinamismo.

En este contexto, es importante destacar que los costos de inversión en México para la tecnología solar y eólica todavía se perciben por encima de los de otros países de la región como Estados Unidos, Brasil, Chile y Panamá, pero en largo plazo se prevé una reducción de costos muy alineada principalemente con la prospectiva para Estados Unidos y Brasil. En el caso de los proyectos geotermoeléctricos e hidroeléctricos, cuyos costos de capital son muy específicos de cada proyecto, los costos en México se encuentran en el rango observado a nivel internacional, por lo que en el largo plazo no se esperan reducciones importantes,

además de que también se espera reflejen los valores esperados para Estados Unidos y Brasil.

En lo relativo a la integración de una mayor proporción de energías renovables intermitentes al sistema, se destaca que como la mayoría de los sistemas eléctricos, el mexicano no fue diseñado para incorporar generación eólica o solar, y se establece un conjunto de recomendaciones relevantes para tomar en consideración en la planeación de la transición energética que constituye ya un mandato de la legislación derivada de la Reforma Energética.

El Capítulo 3 presenta el potencial de México para la generación de energía eléctrica con energías renovables, y la evolucion histórica en los últimos 10 años. También se presentan los avances en el uso de biocombustibles en el sector transporte, así como el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua.

Resalta el potencial probado y probable con el que cuenta México, el cual se estima en 100,278 GWh por año, suficiente para suministrar una tercera parte de toda la energía eléctrica generada durante 2014. Baja California Norte concentra alrededor de una tercera parte de este potencial (32.68%) y en conjunto con Chiapas y Oaxaca alcanzan poco más de la mitad (52.89%). En total estas y otras 11 entidades federativas concentran alrededor del 84% del potencial total identificado.

Al 30 de junio de 2015 la capacidad instalada de energías renovables en México sumó 16,953.2 MW, lo cual representa el 25.3% de la capacidad total. La mayor parte de esta capacidad continúa dominada por las centrales hidroeléctricas, que contribuye con el 18.6%, seguida de las centrales eólicas, que participa con 4.1%. Asimismo, durante 2014 la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables alcanzó un total de 55,002 GWh, el 18.2% de la generación total. Esta proporción se mantuvo sin cambio en el primer semestre de 2015, en que la generación fue de 27,307.1 GWh. Destaca durante 2015 una disminución en la participación de la generación hidroeléctrica y el crecimiento de la eólica y la geotérmica.

Por otro lado, previo a la publicación de la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento, la industria geotérmica en México mostraba un decaimiento en la generación debido al agotamiento de recursos y rezagos en la exploración y explotación de nuevos yacimientos geotérmicos. Con la entrada en vigor del nuevo marco regulatorio para los recursos geotérmicos, la industria se ha visto renovada por el interés en el desarrollo y aprovechamiento de los recursos geotérmicos del país. En tan solo 16 meses, a través del régimen transitorio definido por la Ley de Energía Geotérmica se han otorgado 6 concesiones para la explotación de recursos geotérmicos, de las cuales 2 se relacionan con proyectos totalmente nuevos, y 15 permisos de exploración distribuidos en 10 estados de la República.

En materia de bioenergéticos la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos (CIB) determinó realizar una prueba de concepto para introducir etanol anhidro al 5.8% (E6) en gasolinas Magna impulsando proyectos que abastezcan este biocombustible en los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. Esta prueba, coordinada por PEMEX involucra la producción e introducción de etanol durante 10 años, alcanzando volúmenes entre 1,536 y 2,221.5 millones de litros de este bioenergético. Los insumos serán la caña de azúcar y el sorgo.

Respecto al calentamiento solar de agua, su uso ha mostrado una tendencia creciente en los últimos 10 años. Durante 2013 y 2014, se ha logrado mantener una tasa de crecimiento de alrededor de 300 mil metros cuadrados al año.

Finalmente, el Capítulo 4 presenta el escenario para el desarrollo de las energías renovables en México en los próximos 15 años, el cual retoma el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE), así como los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución contenidos en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2015 – 2029.

Bajo este escenario, la capacidad instalada en energías renovables se incrementará en 20,869 MW hacia el año 2029, es decir, un crecimiento de alrededor de 134% respecto al año base (2014). Las principales adiciones de capacidad tendrán lugar en proyectos de energía eólica con alrededor de 12,000 MW, seguido por los proyectos hidroeléctricos, los cuales habrán adicionado alrededor de 5,450 MW. Hacia el año 2029,

las centrales solares y proyectos geotermoeléctricos habrán adicionado una capacidad similar con 1,822 MW y 1,618 MW, respectivamente. Los proyectos que aprovechan la biomasa tendrán un crecimiento moderado en comparación del resto de las tecnologías, registrando hacia el final del periodo adiciones de capacidad por únicamente 108 MW.

En lo que respecta a los recursos geotérmicos, y derivado del escenario esperado de la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento, se prevé una adición de capacidad de 1,060 MW en el periodo 2015 – 2029, es decir, un crecimiento del 121% en los próximos 15 años.

En términos de generación de energía eléctrica, el escenario de energías renovables y otras tecnologías limpias del PRODESEN ubica a México en el camino adecuado para dar cumplimiento con sus metas de mediano y largo plazo, ya que es congruente con las metas establecidas recientemente en la Ley de Transición Energética. De esta forma, en el año 2018 la generación de electricidad con energías limpias de este escenario alcanzaría 33.87% en 2018, mientras que para 2021 y 2024 llegaría a 38.64% y 42.81%, respectivamente.

Una de las áreas de oportunidad identificadas en los siguientes ejercicios de planeación es mejorar la información sobre costos de inversión de las energías renovables, además de generar información que permita estimar los costos de su integración al Sistema Eléctrico Nacional.

En este sentido, la generación distribuida con energías renovables podría tener un papel decisivo para alcanzar las metas de mediano plazo del PEAER. Este tipo de generación es particularmente adecuada para acelerar el desarrollo de las energías renovables en México, no solo porque ayuda a reducir el consumo de energía que de otra manera hubiera sido generada en centrales convencionales, sino también porque ha permitido incorporar bloques importantes de capacidad en México en los últimos años.

MARCO REGULATORIO Y DE POLÍTICAS EN ENERGÍAS RENOVABLES

1.1. Reforma Energética

Durante el año 2015 tuvieron lugar varios hitos para la implementación de la reforma del sector eléctrico. La TABLA 1 muestra las principales disposiciones administrativas y la FIGURA 1 muestra la evolución histórica de la Reforma Energética hasta la fecha, marcando aquellas relativas a las energías renovables.

TABLA 1. AVANCE EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA REFORMA DEL SECTOR ELÉCTRICO

Completado	En proceso
• Requisitos para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2018 • Disposiciones administrativas para la solicitud de permisos de generación de energía eléctrica • Criterios para interconexiones de generación • Concesión de áreas geotérmicas para la Comisión Federal de Electricidad (Séptimo Transitorio de la Ley de Energía Geotérmica) • Modelos de contrato provisional de interconexión y convenios provisionales de transmisión y compraventa de excedentes • Publicación del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) • Disposiciones Administrativas para la importación de energía eléctrica • Publicación de las Bases del Mercado • Primera concesión de recursos geotérmicos a un particular • Manual de Subastas de Largo Plazo • Mecanismo para solicitar la modificación de los permisos otorgados bajo la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica por permisos con carácter único de generación • Convocatoria y Publicación de las Bases de Licitación de Subastas de Largo Plazo	• Disposiciones administrativas para la Evaluación de Impacto Social en el sector energético • Disposiciones administrativas para la Prestación del Servicio de Suministro Eléctrico • Disposiciones administrativas para la operación y registro de comercializadores no suministradores • Disposiciones administrativas para la operación y funcionamiento del registro de usuarios calificados • Modelos de contrato del mercado eléctrico • Términos de separación y restructuración de la CFE • Metodologías y criterios para contraprestaciones de generadores exentos • Expedición de tarifas reguladas (disposiciones para generación distribuida) • Licitaciones de áreas geotérmicas • Manual de pronósticos • Manual de Mercados de Energía de Corto Plazo • Inicio de operación del mercado eléctrico

Fuente: SENER

En relación a las energías renovables, la Reforma Energética tiene los siguientes beneficios:

1. Crea los Certificados de Energías Limpias, que permitirán que las energías renovables y otras tecnologías limpias, como la cogeneración eficiente, compitan entre sí para cumplir las metas al menor costo.

2. Elimina barreras que inhiben el crecimiento de las energías renovables, estableciendo un operador imparcial que determine los requerimientos de expansión e interconexión de la red nacional de transmisión del sistema eléctrico.

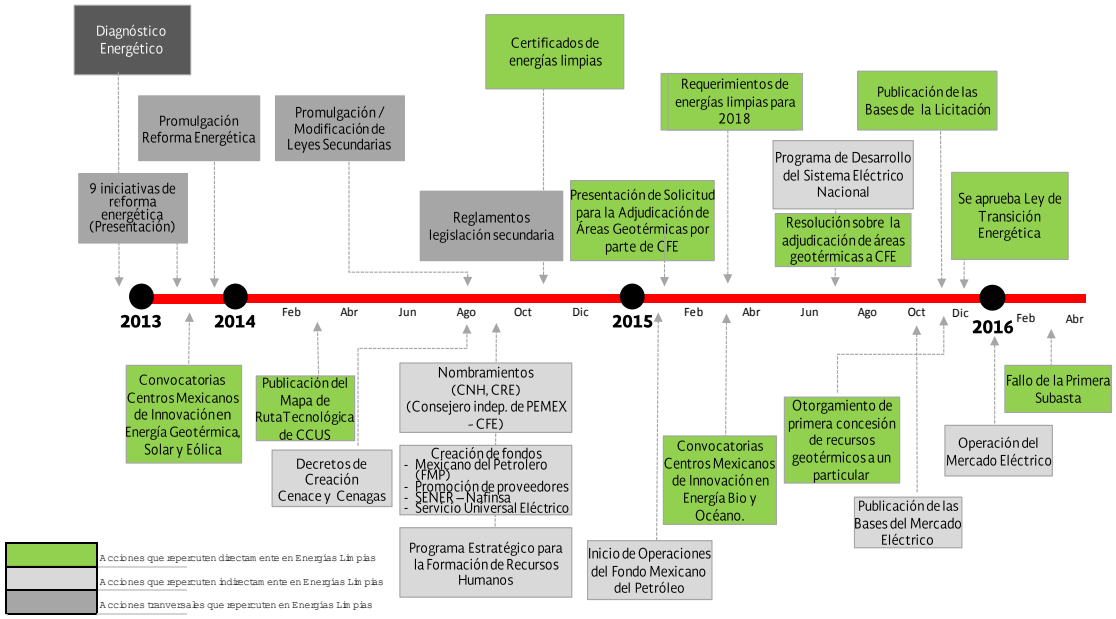
3. Facilita la comercialización de energías renovables mediante la creación de un mercado eléctrico.

4. Crea mecanismos para la interconexión sin demoras ni sobrecostos de la generación distribuida.

5. Establece mecanismos que permitan financiar nuevos proyectos de energías renovables.

6. Crea un marco normativo para consultas y evaluaciones de impacto social.

FIGURA 1. REFORMA ENERGÉTICA, IMPLEMENTACIÓN



Fuente: SENER

1.2. Marco legal y su impacto en las Energías Renovables

El marco legal para las energías renovables se muestra en la TABLA 28 (Sección de Anexos). En los párrafos siguientes se describe brevemente cómo cada uno de estos instrumentos jurídicos impacta de manera favorable a la energía renovable:

- La **Ley de Transición Energética** (LTE), aprobada el 11 de diciembre de 2015 y pendiente de publicación al momento de redactar este documento, abroga la **Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía** (LASE) y la **Ley para el Aprovechamiento de las Energías**

Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), unificando sus objetivos y disposiciones y homologando criterios y definiciones con otras leyes de la reforma Energética, particularmente con la Ley de la Industria Eléctrica (LIE). Sus principales características son:

- Homologa la definición de energías limpias con la LIE y mantiene el concepto de energías renovables establecido previamente en la LAERFTE.
- Ratifica las metas de participación mínima de energías limpias en la generación de energía, previamente contenidas en la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y en el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables (PEAER) y agrega una intermedia, quedando de la siguiente manera: 25% en 2018, 30% en 2021 y 35% en 2024.
- Ofrece la posibilidad de incidir en el desarrollo de las energías renovables y la planeación del sistema eléctrico nacional mediante la obligación de publicar y actualizar anualmente el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias.
- Amplía el espectro del Inventario Nacional de Energías Renovables al disponer que éste deberá incluir la capacidad de energías limpias.
- Mejora las posibilidades de coordinación con gobiernos locales para facilitar el acceso a zonas con alto potencial de fuentes de energías limpias para su aprovechamiento y la compatibilidad de los usos de suelo para tales fines.
- Dispone la elaboración y actualización de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, con una visión de 15 y 30 años que establezca metas, políticas y medidas para impulsar el aprovechamiento energético de recursos renovables. La Estrategia deberá publicarse antes de 365 días a partir de la promulgación de la Ley.
- Dispone la elaboración de un Programa Especial de la Transición Energética, que retome lo establecido en el PEAER e instrumente para cada periodo administrativo las acciones establecidas en la Estrategia. También dispone la elaboración de un Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE).
- Dispone incorporar las externalidades en la evaluación de los costos asociados a la operación y expansión de la industria eléctrica, incluidos aquellos sobre la salud y el medioambiente. Asimismo, la contabilización de externalidades podrá utilizarse en el diseño de mecanismos y programas para promover la inversión en generación de energías limpias.
- Establece un mecanismo de flexibilidad durante los primeros 4 años para las obligaciones de Certificados de Energías Limpias (CEL), permitiendo diferir sin multa hasta el 50% de las obligaciones en caso de no haber disponibilidad de cuando menos el 70% de los CEL que el mercado requiera o cuando el precio del CEL exceda 60 Unidades de Inversión (UDIs).

- La **Ley de la Industria Eléctrica** (LIE) define las energías limpias[1] y crea un esquema a los usuarios obligados para la adquisición de CEL, garantizando así una demanda mínima para la generación limpia. Además de ello, mandata la emisión de reglas de interconexión y transmisión para energías limpias y determina que en la planeación debe considerarse la infraestructura para transportar energía de las zonas de alto potencial renovable.

[1] La Ley de Industria Eléctrica, en su Artículo 3, Fracción 22, define a las Energías Limpias, como: "Aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan". Entre las Energías Limpias se consideran 14, además de las que determinen la Secretaría de Energía y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con base en parámetros y normas de eficiencia energética e hídrica, emisiones a la atmósfera y generación de residuos, de manera directa, indirecta o en ciclo de vida.

- La publicación e implementación de la **Ley de Energía Geotérmica** (LEG) y su reglamento han hecho posible que en 2015 se hayan otorgado 15 permisos de exploración y dos concesiones de explotación adicionales a las áreas geotérmicas existentes. Estas acciones podrían incrementar en 75% la capacidad instalada existente.

- En materia de Energías Renovables, la **Ley General de Cambio Climático** (LGCC) determina que las políticas públicas deberán promover la sustitución gradual del uso y consumo de los combustibles fósiles, así como la generación de electricidad a través del uso de fuentes renovables de energía y la transferencia y desarrollo de tecnologías bajas en carbono. Crea el Fondo de Cambio Climático para apoyar acciones de mitigación y adaptación, incluyendo la adopción de energías renovables y prevé la creación de instrumentos económicos, fiscales y financieros, como los mercados de carbono para reducir emisiones y apoyar el desarrollo de energías renovables. Establece que para el año 2020 deberá haberse constituido un sistema de incentivos que promueva y haga rentable la generación de electricidad a través de energías renovables. La LGCC se alinea con las metas establecidas en la LAERFTE, y en su Artículo Tercero, inciso e), establece que "La Secretaría de Energía en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Reguladora de Energía, promoverán que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energía limpia alcance por lo menos 35 por ciento para el año 2024". Estas metas son retomadas en la recientemente aprobada LTE.

- El **Reglamento Interior de la Secretaría de Energía**, establece las atribuciones de la Secretaría en materia de energías renovables, incluyendo los procesos de planeación y aplicación de los ordenamientos existentes.

- La **Ley de Promoción y Desarrollo de los Biocombustibles** (LPDB) ha permitido una integración interinstitucional que conjunta los esfuerzos de SENER, SEMARNAT, SE, SHCP, SCT, y SAGARPA para promover y desarrollar bioenergéticos. Crea la Comisión Intersecretarial para la Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos, bajo la cual se ha conformado un Grupo de Trabajo que atiende diversos temas relacionados con el uso, consumo y desarrollo de los bioenergéticos.

- La **Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética** gobierna las actividades de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y de la **Comisión Reguladora de Energía** (CRE), quien debe fomentar el desarrollo eficiente de la industria, promover la competencia en el sector y proteger los intereses de los usuarios, incluyendo a todas las tecnologías. Asimismo, llevará el registro de CEL y, por tanto, el cálculo de CEL a recibir por generador, los CEL requeridos por usuario y suministrador de servicios básicos, y las transacciones que se realicen, así como las sanciones asociadas a los incumplimientos por CEL. La CRE ha definido también la metodología de cálculo para determinar la cogeneración eficiente.

1.3. Marco de políticas para la promoción de las energías renovables

En la actualidad, México cuenta con diversos instrumentos para promover la utilización de las energías renovables en la generación de electricidad, para el calentamiento de agua y para su uso como biocombustible en el sector transporte. En los siguientes apartados se presenta un resumen de estos instrumentos.

1.3.1. Instrumentos de planeación

Una de las herramientas más favorables para el impulso de las energías renovables es el desarrollo de instrumentos de planeación que den certidumbre a todos los actores involucrados (Ver TABLA 29 en la Sección de Anexos). A partir del Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018 se desprenden los siguientes instrumentos programáticos del sector energía los cuales promueven el desarrollo de las energías renovables en México:

- **La Estrategia Nacional de Energía 2013-2027** (ENE). En sus Temas Estratégicos 8, 10 y 15 promueve dar mayor flexibilidad a las redes de transmisión y distribución; diversificar y optimizar el parque de generación, e identificar y aprovechar el potencial de energías renovables en nuestro país, para cumplir con las metas establecidas en materia de energías renovables y dar mayor seguridad y eficiencia al abasto de energía eléctrica.

- **La Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía** (ENTEASE), en relación a las energías renovables consolida en el Presupuesto de Egresos de la Federación las provisiones de recursos del sector público tendientes a promover el uso eficiente de la energía en todos los sectores; diversificar y optimizar el parque de generación eléctrica; identificar y aprovechar el potencial de energías renovables en nuestro país; y procurar de manera continua la integridad industrial y ambiental.

- **La Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios**, integra recomendaciones de política pública que permitan impulsar la transición hacia tecnologías y combustibles más limpios en el país, incluyendo bioenergía, energía eólica, energía solar, geotermia, hidroenergía, redes inteligentes y generación distribuida. La Estrategia deberá actualizarse como resultado de la promulgación de la LTE

- **El Programa Sectorial de Energía 2013-2018** (PROSENER) tiene como finalidad cumplir compromisos con el medio ambiente, avanzar hacia una economía baja en carbono y reducir la intensidad energética de la economía, incrementando la participación de energías limpias y renovables en la generación de electricidad, promoviendo el aprovechamiento sustentable de la energía e instrumentando programas de responsabilidad ambiental y social relacionados con el sector energía.

- El **Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables** 2014-2018 (PEAER) es el instrumento de planeación rector de la política pública de México en materia de energías renovables. Este Programa se elaboró en el seno del Consejo Consultivo para las Energías Renovables (CCER) y establece cinco objetivos con 118 líneas de acción. El cumplimiento del PEAER se sigue mediante 10 indicadores, cuyo avance a diciembre 2014 se muestra en la TABLA 2. Adicionalmente la SENER ha implementado una plataforma para dar seguimiento al avance de todas las Líneas de Acción. Al momento de esta publicación se cuenta con las fichas para el 79% de las líneas de acción y han registrado en la plataforma el 25%de las líneas de acción, que en conjunto tienen un 30%de avance promedio.

    - Objetivo 1. Aumentar la capacidad instalada y la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energía.

    - Objetivo 2. Incrementar la inversión pública y privada en la generación, así como en la construcción y ampliación de la infraestructura para su interconexión.

    - Objetivo 3. Incrementar la participación de biocombustibles en la matriz energética nacional.

    - Objetivo 4. Impulsar el desarrollo tecnológico, de talento y de cadenas de valor en energías renovables.

    - Objetivo 5. Democratizar el acceso a las energías renovables mediante la electrificación rural, el aprovechamiento térmico y la participación social.

TABLA 2. EVOLUCIÓN DE INDICADORES DEL PEAER AL 2014

Indicador	Línea base	2014	Meta 2018
Participación de capacidad instalada con energías renovables y tecnologías limpias	28.4% (2013)	27.7%	34.6%
Porcentaje de capacidad de generación con energía renovable.	25.32% (2012)	25.0%	32.8%
Porcentaje de energía eléctrica generada por proyectos de energía renovable	14.78% (2012)	18.0%	24.9%
Optimización de los trámites, permisos y contratos requeridos (días de trámite)	620 (2013)	620	465
Inversión en geotermia de alto potencial de aprovechamiento (reservas probadas)	1.05 (2013)	1.26	2.0
Incremento de la generación eléctrica mediante biocombustibles (GWh/a)	973.8 (2012)	1,378.7	2,142
Índice de desarrollo de cadenas de valor y servicios en energías renovables	2.6 de 5 (2013)	2.8 de 5	3.2 de 5
Empleos en el sector de energías renovables. Considerando grandes hidroeléctricas	5,53 (2012)	6,606	8,150
Participación de las energías renovables en la electrificación	6% (2013)	4.16%	≥ 8%
Incremento en proyectos de energía eléctrica en cogeneración eficiente (MW)	0 (2012)	218	1,480

Fuente: SENER, Logros 2014 del PEAER

- El **Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2015-2029** (PRODESEN) es resultado de la LIE, (Art. 11, Fracción III: Dirigir el proceso de planeación y la elaboración del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional). Este Programa reúne los elementos relevantes de los programas indicativos para la instalación y retiro de centrales de generación eléctrica y los programas de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y de las redes generales de distribución. El PRODESEN sustituye al Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE)[2].

- **Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética** (PEFRHME). Se prevé que debido a la Reforma, en los próximos cuatro años la industria energética generará un mínimo de 135 mil empleos directos y 365 mil indirectos y tendrá un efecto multiplicador en el resto de la economía. Para satisfacer la demanda de personal, se necesitan expertos de alto nivel, profesionales y técnicos con los conocimientos y capacidades tanto en las áreas de ingenierías como en las económicas, sociales y legales, entre otras. El Programa ayudará a cerrar la brecha entre la oferta de empleos y la demanda de especialistas en el sector energético. A través del PEFRHME, se otorgarán más de 60 mil becas para nivel técnico, superior, especialidad, posgrado e idiomas, a fin de preparar especialistas en el sector (Ver TABLA 3). Estas becas se concederán a partir de los siguientes instrumentos:

    - Fondos Sectoriales de Energía CONACYT - SENER cuentan con la capacidad para otorgar hasta 22,800 becas hacia el final de la administración para diplomados, especialidades, maestrías nacionales, maestrías en el extranjero, doctorados nacionales, doctorados en el extranjero y posdoctorado en el extranjero.

    - El CONACYT, por su parte, cuenta con la capacidad para otorgar cerca de 5,000 becas al año.

    - La Coordinación Nacional de Becas de Educación Superior (CNBES) de la SEP tiene como meta entregar entre 3,000 y 5,000 becas por año.

- La **Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos** (CIB) determinó iniciar la introducción de biocombustibles mediante una prueba de concepto con duración de 10 años para usar un 5.8% de etanol anhidro en gasolinas de PEMEX. El proyecto inició en 2014 y a partir de 2016 empezará a

[2] La elaboración del POISE implicaba un trabajo dinámico y continuo, basado en conjunto de herramientas y modelos de planificación sofisticados que consideraban los criterios de seguridad, calidad y costos alineados a los objetivos de política pública en su momento.

implementarse en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, generando una producción y consumo de hasta 2,214.9 millones de litros del biocombustible.

TABLA 3. RECURSOS ECONÓMICOS DESTINADOS PARA LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN ENERGÍAS RENOVABLES/LIMPIAS, A TRAVÉS DEL FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA[3]
(Millones de pesos)

Convocatoria		Monto	Estimación en formación de RH
2014-01	Fortalecimiento Institucional para la Sustentabilidad Energética	1,200.0	120.0
2014-02	Proyectos de ciencia y tecnología en temas de frontera	65.0	65.0
2014-03	Proyectos posdoctorales mexicanos en Sustentabilidad Energética	300.0	300.0
2013-04	Demandas específicas en tecnologías no fósiles	73.3	13.4
2013-05	Laboratorios de Innovación en Sustentabilidad Energética	300.3	6.0

Fuente: SENER

1.3.2. Instrumentos Económicos

Otro elemento importante para el impulso a las energías renovables es el acceso a instrumentos económicos. En la actualidad existen diversos instrumentos de esta naturaleza, los cuales se describen en este apartado y a manera de resumen en la TABLA 30 (Sección de Anexos):

- En cuanto a la generación de energía eléctrica, el principal instrumento emanado de la Reforma son **los Certificados de Energías Limpias** (CEL). La SENER debe establecer durante el primer trimestre de cada año los Requisitos de CEL, que serán cumplidos durante los tres años siguientes, los cuales, una vez fijados, no se reducirán. Estos certificados serán una fuente de ingreso adicional a la que ya reciben los Generadores Limpios por la venta de energía eléctrica, mejorando con ello la rentabilidad de los proyectos. Para el año 2018 se ha fijado como Requisitos de CEL que el 5% de toda la energía eléctrica consumida entre el 1° de enero y el 31de diciembre esté sujeta a esta obligación. El precio de cada certificado será fijado según la oferta de los Generadores Limpios y la demanda de los Participantes Obligados (Ver TABLA 4).

TABLA 4. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS PARA EL OTORGAMIENTO Y LIQUIDACIÓN DE LOS CERTIFICADOS DE ENERGÍAS LIMPIAS

Generadores limpios (Oferta)	Participantes obligados (Demanda)
• Los Generadores Limpios que representen a las Centrales Eléctricas Limpias (que entren en operación después del 11 de agosto de 2014) y a las Centrales Eléctricas Legadas (que hayan entrado en operación antes del 11 de agosto de 2014, siempre y cuando hayan realizado un proyecto para aumentar su producción de energía limpia) tendrán derecho a recibir CEL por un periodo de 20 años • Los Generadores Limpios tendrán derecho a recibir un CEL por cada Megawatt-hora generado; cuando se utilicen combustibles fósiles tendrán derecho a recibir un CEL por cada Megawatt-hora generado, pero multiplicado por el porcentaje libre de	• Los sujetos obligados son: los Suministradores, los Usuarios Calificados Participantes del Mercado, los Usuarios Finales que se suministren por Abasto Aislado y los Contratos de Interconexión Legados con Centros de Carga cuya energía eléctrica no provenga en su totalidad de una Central Limpia • Un Contrato de Cobertura Eléctrica de CEL obliga a las partes a comprar y vender una cantidad de CEL en una fecha futura y a un precio determinado • Los participantes obligados pueden diferir la Liquidación de hasta el 25 % de sus Obligaciones para cada periodo de obligación hasta por dos años. • Durante los primeros cuatro años, en caso de no haber disponibilidad de al menos 70% de los CEL que requiere el mercado, o si el precio está por arriba de

[3] Se entiende como sustentabilidad energética al equilibrio entre tres dimensiones principales: la seguridad energética, la equidad social, y la mitigación del impacto ambiental (World Energy Council).

Generadores limpios (Oferta)	Participantes obligados (Demanda)
combustibles fósiles y de acuerdo a la Metodología expedida por la CRE • La Generación Limpia Distribuida tendrá derecho a los CEL, calculado conforme al punto anterior, pero dividido entre el porcentaje de energía entregada	60 UDIs, podrán diferirse sin multa y por dos años hasta el 50% de las Obligaciones • Los Participantes Obligados que no cumplan con sus Obligaciones, serán acreedores de una sanción en los términos del artículo 165, fracción IV de la LIE

Fuente: SENER, CRE

- El 19 de noviembre de 2015 se publicó la convocatoria para la primer **Subasta de Largo Plazo para Potencia, Energía y CEL**, misma que será adjudicada en marzo de 2016 de acuerdo al calendario mostrado en la TABLA 5. Las subastas son un instrumento para asegurar que en el largo plazo el país cumpla los objetivos marcados en el PRODESEN, entre los cuales está contar con energía eléctrica a menor costo, más limpia y confiable. Para ello se subastarán potencia y energía eléctrica por un periodo de 15 años, y CEL por un periodo de 20 años, lo cual da certidumbre al desarrollo de proyectos con energías renovables. Durante esta primera subasta el Suministrador de Servicios Básicos será el único comprador ya que es la única entidad que comercializa la energía eléctrica para los usuarios residenciales y comerciales, pero en el futuro otros suministradores podrán participar.

TABLA 5. PRINCIPALES HITOS DEL CALENDARIO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA SUBASTA DE LARGO PLAZO

Actividad	Fecha:
Publicación de las bases de licitación	30 de noviembre de 2015
Recepción de ofertas de compra	20 de enero de 2016
Notificación de cantidades a subastar	26 de enero de 2016
Emisión de constancias de precalificación	18 de marzo de 2016
Ofertas de venta: Ofertas económicas	28 de marzo de 2016
Fallo	31 de marzo de 2016

Fuente: SENER, CENACE

- Desde el año 2005 existe en México un **instrumento fiscal** aplicable a proyectos para la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables. Este incentivo se encuentra considerado en el **Artículo 34, Fracción XIII de la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR)** y permite deducir el 100% de las inversiones realizadas en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes de energía renovable o de cogeneración eficiente. Adicionalmente, y como parte de la Reforma Hacendaria para el año 2016, el 18 de noviembre de 2015 se publicó en el Diario Oficial de la Federación una modificación a la LISR en la cual se adicionó el **artículo 77-A**. Esta modificación incluye la posibilidad de que las empresas dedicadas exclusivamente a la generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente (aquellos cuyos ingresos por dichas actividades representen cuando menos el 90% de sus ingresos totales) puedan calcular el ISR a pagar en la distribución de utilidades, utilizando una **cuenta de utilidad por inversión en energías renovables** en lugar de la Cuenta de

Utilidad Fiscal Neta (CUFIN). Esto permitirá a las empresas acceder a dividendos sin pago de impuestos, excepto la retención del 10% de ISR como pago definitivo.

- El **Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía** (FOTEASE), desde su creación ha apoyado a 37 proyectos con un monto aproximado de 9 mil millones de pesos, destacando entre los proyectos recientes sobre energías renovables uno que apoya directamente a las familias: el Proyecto Servicios Integrales de Energía (PSIE), que dotó de energía eléctrica mediante paneles solares a 40 comunidades rurales remotas en Durango, Coahuila, Chihuahua, Sonora, Guerrero, Nayarit, San Luis Potosí, Baja California Sur, beneficiando a 7,735 personas. Este proyecto se encuentra financiado parcialmente con recursos del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) y el Fondo Global del Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés).

- En 2013 el **Fondo de Sustentabilidad Energética** lanzó las convocatorias para conformar los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs) Geotérmica, Eólica y Solar. Al 20 de noviembre de 2015, las convocatorias abiertas son: "Laboratorio de Innovación en Sustentabilidad Energética"; "Fortalecimiento institucional para la sustentabilidad energética"; "Proyectos posdoctorales mexicanos en sustentabilidad energética"; "CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética-Innovate UK 2015-03"; "Cooperación Internacional en Investigación y Desarrollo entre México y La Unión Europea en Energía Geotérmica"; y Estancias Posdoctorales en México, y Formación de recursos humanos especializados en materia de sustentabilidad energética. En diciembre de 2015 el Comité Técnico del Fondo aprobó el inicio de los CEMIEs dedicados a temas de Biomasa y de Energías del Océano.

- Creado por mandato de la Ley de la Industria Eléctrica, el **Fondo de Servicio Universal Eléctrico**. tiene como objetivo dotar de energía eléctrica a comunidades de zonas rurales y urbanas marginadas al menor costo para el país, promoviendo el uso de energías limpias. El recurso del Fondo estará integrado por el excedente de ingresos de la gestión de pérdidas técnicas en el Mercado Eléctrico Mayorista y por donativos de terceros. Será hasta el año 2016, cuando dicho Fondo entre en operación y se pongan en marcha los proyectos pilotos del mismo.

- La incorporación del **cálculo de externalidades** en los costos asociados a la operación y expansión de la industria como lo indica la **Ley de Transición Energética** (LTE). La actualización de la metodología para calcular las externalidades se encuentra en revisión por parte de la SENER, y deberá considerar los nuevos elementos que aporta la reforma energética y las mejores prácticas a nivel internacional.

- La **Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético**, de la Secretaría de Economía establece la metodología para medir el contenido nacional en asignaciones y contratos en la industria eléctrica; supervisa la verificación del cumplimiento de las metas de contenido nacional establecidas en la industria eléctrica; define, con la opinión de la Secretaría de Energía, las estrategias para el fomento industrial de cadenas productivas locales y para el fomento de la inversión directa en la industria eléctrica; coordina y verifica la operación del Fideicomiso Público para Promover el Desarrollo de Proveedores y Contratistas Nacionales de la Industria Energética.

1.3.3. Instrumentos de Promoción, Investigación, Desarrollo e Innovación para las Energía Renovables

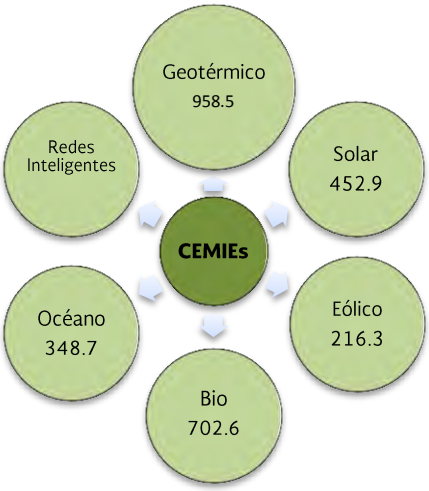
Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs)

La Secretaría de Energía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del Fondo Sectorial CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética, publicaron las convocatorias para la conformación de los Centros Mexicanos de Innovación en Energía Geotérmica, Solar y Eólica. Estos primeros tres CEMIEs representan la mayor inversión que el Gobierno Federal ha realizado en materia de investigación y desarrollo

de energías renovables, al aportar 1,627.8 millones de pesos, que se complementan con una aportación concurrente del sector privado de 340.4 millones de pesos.

Posteriormente, y como consecuencia de las buenas expectativas que han generado los CEMIEs, el Fondo de Sustentabilidad Energética expandió esta iniciativa lanzando los Centros Mexicanos de Innovación en Bioenergía y en Energía del Océano (CEMIE-Bio y CEMIE-Océano), que fueron aprobados en diciembre de 2015 para recibir 1,051.2 millones de pesos, que se complementarán con una aportación privada de 25.4 millones más para el CEMIE-Océano y 681.2 millones para el CEMIE-Bio. Se espera, adicionalmente, lanzar la convocatoria para la conformación de un CEMIE enfocado en redes eléctricas inteligentes que pueda iniciar operaciones en 2016.

FIGURA 2. RECURSOS DEL FSE PARA LOS CEMIES
(Millones de pesos)



El Fondo de Sustentabilidad Energética, hasta este momento ha signado un monto de 2,679 millones de pesos, que sumados a una aportación concurrente del sector privado de 1,047 millones de pesos, contabiliza un total de 3,726 millones de pesos.

Fuente: SENER

TABLA 6. CENTROS MEXICANOS DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA

CEMIEs	
Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CEMIE-Geo)	Este CEMIE está liderado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CEMIE-Sol)	El CEMIE-Sol está liderado por el Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM).
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CEMIE-Eólico)	El CEMIE-Eólico está liderado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).
Centro Mexicano de Innovación en Bioenergía (CEMIE-Bio)	El CEMIE-Bio estará liderado el primer año por el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) y se conforma por 5 clústers de innovación: Bioalcoholes (CINVESTAB-Unidad Guadalajara), Biocombustibles sólidos (IIES-UNAM), Biodiesel (CIATEJ), Biogas (IPICYT) y Bioturbosina (IPICYT).
Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-Océano)	El CEMIE-Océano es liderado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.
Centro Mexicano de Innovación en Redes Inteligentes (CEMIE-Redes)	Se trabaja en la propuesta conceptual para la conformación de un CEMIE-Redes determinando las áreas tecnológicas prioritarias internacionalmente y las principales barreras para el desarrollo de una red eléctrica inteligente.

Fuente: SENER

Inventario Nacional de Energías Limpias (antes Inventario Nacional de Energías Renovables)

- A partir de la publicación de la LTE, el Inventario Nacional de Energías Renovables se denominará Inventario Nacional de Energías Limpias e incorporará la capacidad de los proyectos de generación de energías limpias. El Inventario es un servicio estadístico y geográfico de acceso público que muestra el potencial energético de las distintas fuentes de energía renovable, así como el estado de los proyectos de generación de electricidad por medio de estas fuentes. Permite visualizar en mapas geográficos los inventarios y potenciales de 6 tipos de energías renovables que pueden sobreponerse con áreas de exclusión.

En 2015 se iniciaron las siguientes colaboraciones con instituciones nacionales e internacionales para fortalecer la información del Inventario:

- Actualización del mapa de potencial solar, validando y utilizando datos de 8 años recientes, en colaboración con el Laboratorio de Energías Renovables de Estados Unidos (NREL), y el Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM. A terminarse en abril de 2016.

- Desarrollo de una herramienta que permita calcular el potencial mini hidroeléctrico de las cuencas por tramos de río, a realizarse con la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la CFE. A terminarse en diciembre de 2016.

- Actualización del mapa eólico. Este proyecto es una colaboración técnica entre SENER, la Universidad Técnica de Dinamarca, el Instituto de Investigaciones Eléctricas, el Centro de Estudios Atmosféricos de la UNAM y la Comisión Federal de Electricidad, con duración de tres años. A terminarse en 2017.

- Evaluación del potencial de generación eléctrica de plantas de tratamiento de aguas residuales con caudales mayores a 200 lt/seg, en colaboración con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). A terminarse en noviembre de 2016.

Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (antes Atlas Nacional de Zonas Factibles para desarrollar Energías Renovables)

La SENER publicará en abril de 2016 la primera etapa del Atlas, el cual brindará al usuario información sobre la ubicación de zonas con alto potencial para el desarrollo de proyectos de generación de energía para cuatro tecnologías que utilizan recursos renovables: solar, eólica, geotérmica y de biomasa. En el diseño se realizan un análisis que consideran criterios técnicos, ambientales y sociales, así como zonas de exclusión y condicionantes para orientar a los desarrolladores y diseñadores de políticas locales y regionales sobre las condiciones técnicas y sociales para cada tecnología. Este Atlas será posteriormente complementado para otras tecnologías limpias y renovables de acuerdo con lo estipulado en la LTE.

Ventanilla de Proyectos de Energías Renovables (VER)

La Ventanilla de Proyectos de Energías Renovables permitirá agilizar la gestión en línea de todos los trámites involucrados en 9 dependencias gubernamentales para proyectos de generación. Contempla reducir el tiempo de trámite de 620 a 465 días en promedio. Para las tecnologías que estarán incluidas inicialmente en la VER se ha determinado el número mínimo y máximo de trámites, como puede verse en la TABLA 7. Estará disponible en abril de 2016 en el portal de GobMx.

La primera fase incluye las siguientes tecnologías:

- Hidroeléctrica

- Eólica

- Fotovoltaica
- Biomasa (Residuos forestales y de aserradero; residuos sólidos)
- Geotermia

TABLA 7. TRÁMITES CONTEMPLADOS EN LA VENTANILLA ÚNICA

Tecnología	Días mínimos	Días máximos	Número mínimo de trámites	Número máximo de trámites	Disminución vs Días máximos actuales
Hidroeléctrica	270	545	11	18	33%
Eólica	270	545	9	20	21%
Solar	270	545	9	20	4%

Fuente: SENER

México en el contexto de las energías renovables a nivel mundial

Introducción

De acuerdo con el "Global Status Report 2015", publicado por "Renewable Energy Policy for the 21st Century" (REN21), la participación de las energías renovables continuó su crecimiento en 2014 a pesar del aumento en la base del consumo de energía a nivel mundial, especialmente en países en desarrollo, a pesar de la caída en los precios del petróleo durante la segunda mitad de ese mismo año. Por otro lado, por primera vez en cuatro décadas, las emisiones globales de carbono asociadas al consumo de energía permanecieron estables a pesar del crecimiento de la economía global. Esta estabilización se atribuye al aumento de la participación de las energías renovables y a las mejoras en eficiencia energética.

En el sector eléctrico internacional, las adiciones de capacidad con energías renovables representaron aproximadamente 58.5% del total, por lo que una vez más superaron en conjunto a las adiciones en centrales a base de carbón y gas natural. A nivel regional, y de acuerdo con el "Climascopio 2015", publicado por Bloomberg, al cierre del año 2014, 11% de los 352GW instalados en América Latina y el Caribe (ALC) correspondieron a biomasa, energía eólica, proyectos de generación de energía solar, geotérmica, y mini-hidroeléctricas. Cuando se incluyen las grandes centrales hidroeléctricas, más de la mitad (56%) de la matriz de ALC corresponde a fuentes de generación de energía eléctrica libre de emisiones de CO_2.

En términos de inversión bruta, las energías renovables alcanzaron un total de 242.5 mil millones de dólares en 2014 (excluyendo a las grandes centrales hidroeléctricas), cifra que fue inferior a las inversiones en capacidad a base de combustibles fósiles (289 mil millones de dólares). No obstante, si se considera a las inversiones en grandes centrales hidroeléctricas, las inversiones en capacidad con energías renovables representaron más del doble de la inversión neta con combustibles fósiles durante el mismo año.

En la región de ALC, las inversiones en energías limpias alcanzaron 23 mil millones de dólares en 2014, mismas que se han centrado en las economías más grandes, aunque algunos de los países pequeños también se han destacado entre los líderes de energías limpias de la región. Entre los diez primeros lugares del ranking mundial del Climascopio se encuentran cuatro países de América Latina: Brasil, Chile, México y Uruguay.

Este crecimiento de las energías renovables se debe a diversos factores, incluyendo a las políticas de fomento y el aumento en la competitividad de sus costos de generación. En muchos países las energías renovables son ampliamente competitivas con las fuentes de energía convencional.

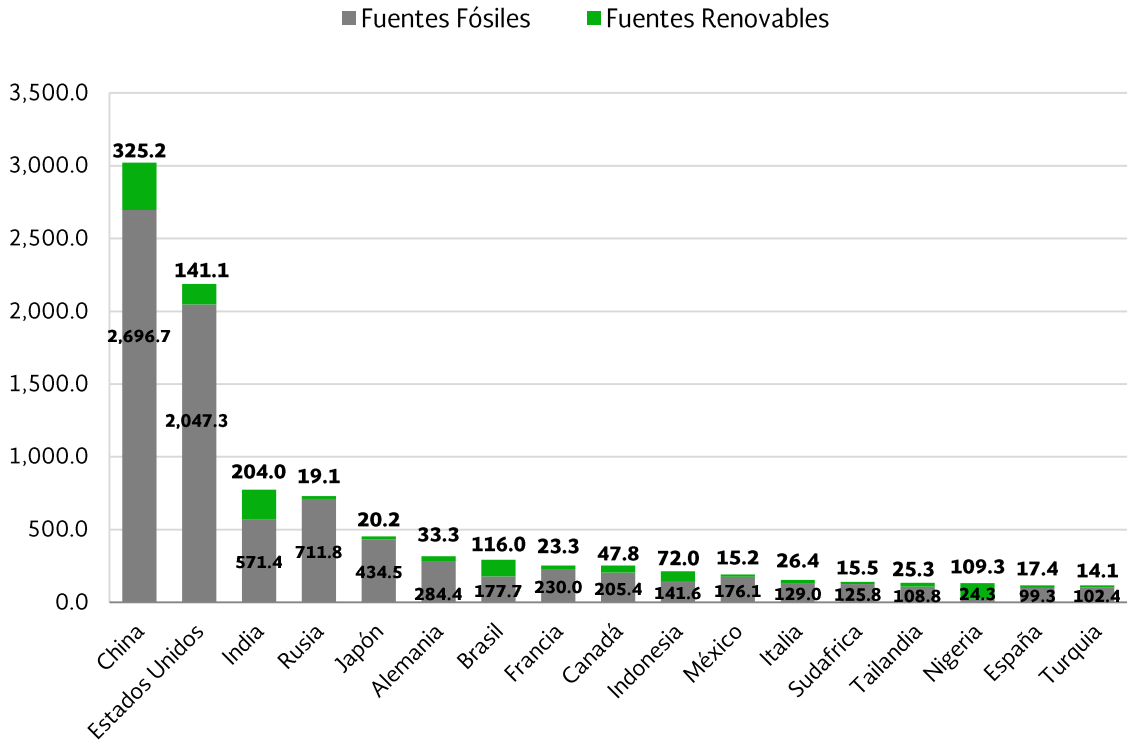
Con base en estos argumentos, esta sección presenta la evolución reciente de las energías renovables a nivel internacional, haciendo énfasis en los países que han mostrado un desarrollo favorable en los últimos años. Del mismo modo, se presenta un análisis de costos para las tecnologías de generación de electricidad, las cuales presentan condiciones favorables en México, así como su evolución esperada en los próximos años. Finalmente, se muestra un comparativo de las políticas de fomento, además de una breve síntesis de las principales iniciativas de cooperación internacional en materia de energía renovable en las que México tiene una participación activa.

2.1. Comparativo internacional

Oferta total de energía primaria: La energía primaria se mide en millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe). Según datos de la Agencia Internacional de Energía, los países que en 2013 generaron más energía primaria fueron China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón. México generó 191 Mtoe, ubicándose en niveles cercanos a Indonesia e Italia (GRÁFICA 1).

Por otra parte, los países que durante 2013 generaron más energía renovable fueron China, India, Estados Unidos, Brasil y Nigeria, que en conjunto aportaron el 49% de la oferta mundial de energía renovable.

GRÁFICA 1. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA OFERTA TOTAL DE ENERGÍA, 2013
(Mtoe)



Fuente: Elaboración propia con datos de la IEA RENEWABLES INFORMATION, 2015

La participación de la energía renovable en la oferta total de energía primaria varía dependiendo del nivel de desarrollo del país, de sus fuentes tradicionales de energía primaria y de las políticas públicas para aumentar el uso de renovables. Entre los países desarrollados destacan Suecia, Canadá, Italia y España por la alta participación de la energía renovable. Por otra parte, en China la participación fue del 10.8% y en Estados Unidos del 6.4%, mientras que en India fue del 26.3% y en Brasil el 39.5%. En México la aportación de las energías renovables fue del 7.9%. Los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en conjunto tuvieron una composición de su matriz energética de 9% de energías renovables, en tanto que a nivel global, la participación fue de 13.5% (Ver GRÁFICA 2).

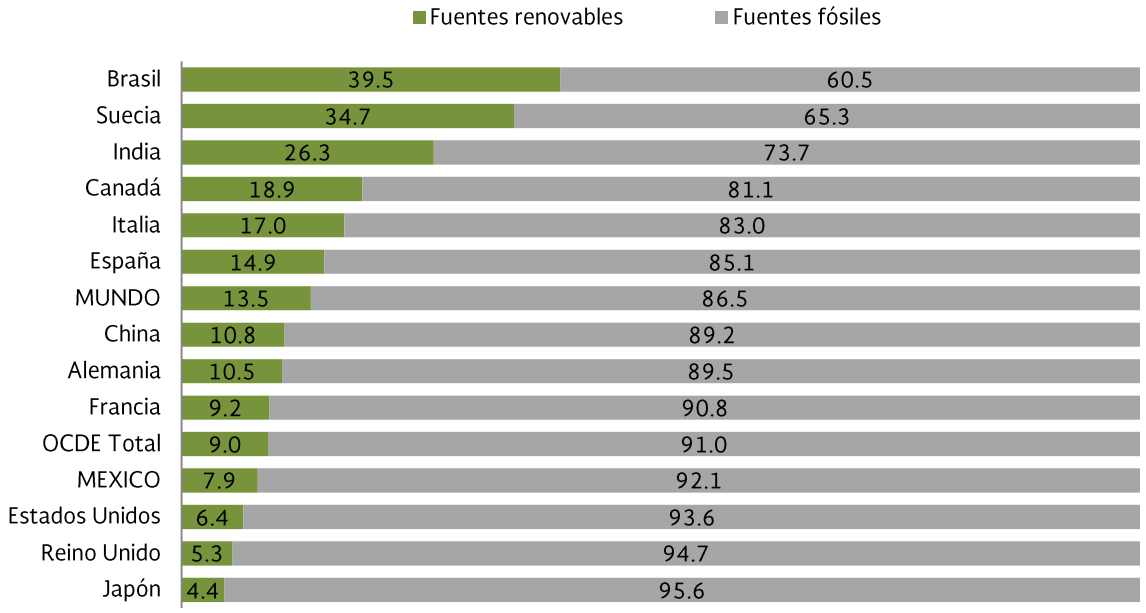
Otros indicadores importantes a revisar son la intensidad energética[4], que mide la eficiencia en el uso de la energía; el consumo energético per cápita, y la generación eléctrica usando fuentes renovables.

La GRÁFICA 3 muestra en el lado izquierdo a un grupo de países con mejores intensidades energéticas y un consumo per cápita medio-alto (Reino Unido, Italia, Alemania, Japón, Francia y España). En la parte superior, Canadá y Estados Unidos muestran un alto consumo y menor eficiencia energética, mientras que México y Brasil muestran eficiencias similares a las de Estados Unidos y Canadá, pero un menor consumo per cápita. China tiene muy alta intensidad energética, pero un bajo consumo per cápita. El tamaño de las esferas muestra que los mayores porcentajes de generación de electricidad se encuentran en Canadá, Brasil, Italia y España.

[4] La Intensidad Energética se mide como la cantidad de energía usada por cada mil dólares del PIB (toe/1000 US$ del PIB).

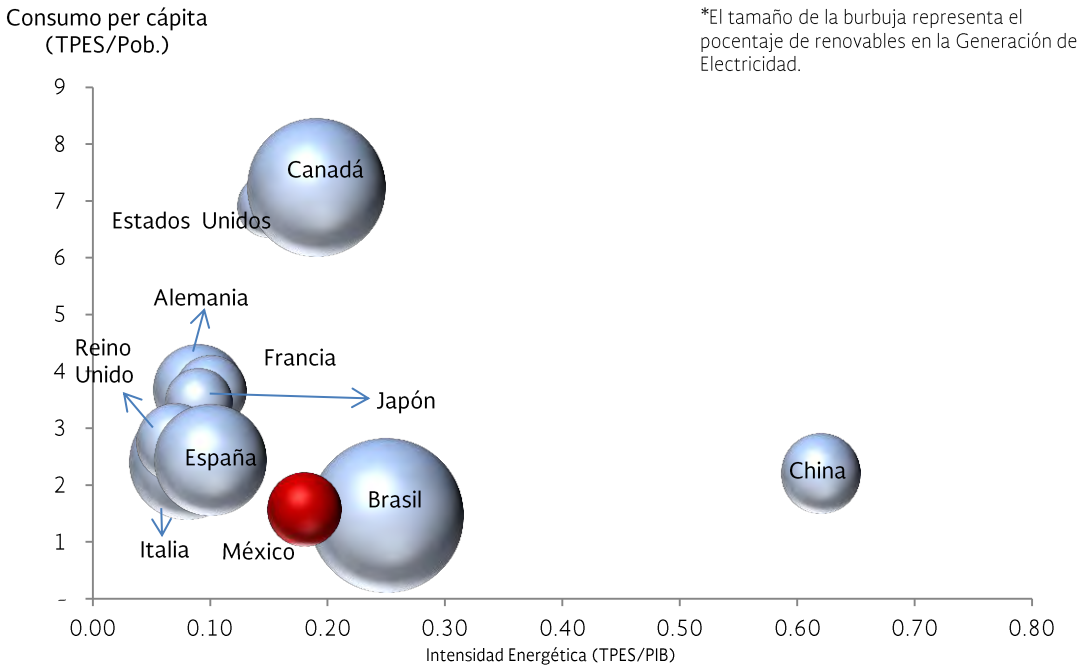
GRÁFICA 2. PARTICIPACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN LA OFERTA TOTAL, 2013

(%) Países seleccionados



Fuente: Elaboración propia con datos de la IEA RENEWABLES INFORMATION, 2015

GRÁFICA 3. INTENSIDAD ENERGÉTICA Y CONSUMO PER CÁPITA, 2014

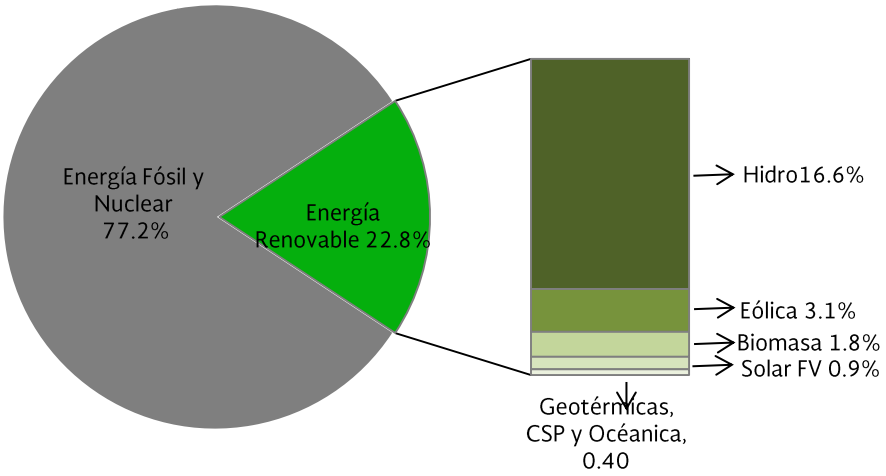


Fuente: Elaboración propia con datos de la IEA RENEWABLES INFORMATION, 2015

Las energías renovables en la generación eléctrica

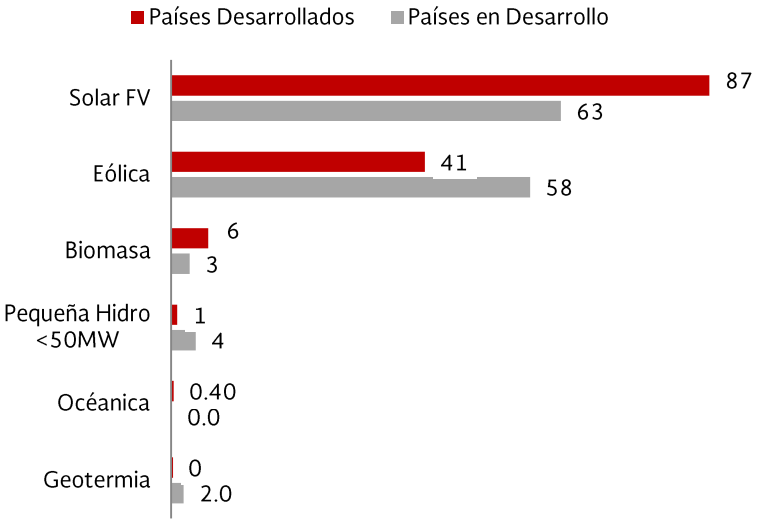
En el año 2014 la capacidad instalada para generar electricidad a partir de fuentes renovables llegó al 22.8% de la capacidad total, y la energía hidroeléctrica mantiene el 16.6% de la capacidad instalada, esto significa, el 72.8% de las energías renovables. La generación eólica es la segunda en importancia seguida por la bioenergía. La energía solar fotovoltaica, a pesar de su pequeño tamaño relativo, representa las mayores inversiones durante 2014 para generar nuevas capacidades y es la de mayor crecimiento mundial (Ver GRÁFICA 4 y GRÁFICA 5).

GRÁFICA 4. PARTICIPACIÓN ESTIMADA DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ELECTRICIDAD, 2014



Fuente: REN21 Renewables 2015 Global Status Report

GRÁFICA 5. NUEVAS INVERSIONES GLOBALES EN ENERGÍAS RENOVABLES POR TECNOLOGÍA, 2014
(Miles de Millones de USD)



Fuente: REN21 Renewables 2015 Global Status Report

Energía hidroeléctrica

La Energía hidroeléctrica es la energía renovable más utilizada en el mundo; tiene la ventaja de aportar energía de base a las redes, pero debido al cambio climático, la generación que aporta tiene grandes variaciones y cada año aumenta la incertidumbre sobre la reserva hídrica de las grandes presas. En 2014 la capacidad de generación neta a partir de hidroeléctricas fue de 1,013.1 GW a nivel mundial y los primeros diez países[5], incluyendo a México, concentraron el 70.8% del total. China, Brasil, Estados Unidos, y Canadá, en conjunto representan poco más de la mitad de la capacidad de generación total (52.2%). México aporta el 1.2% de la capacidad mundial. (Ver TABLA 8).

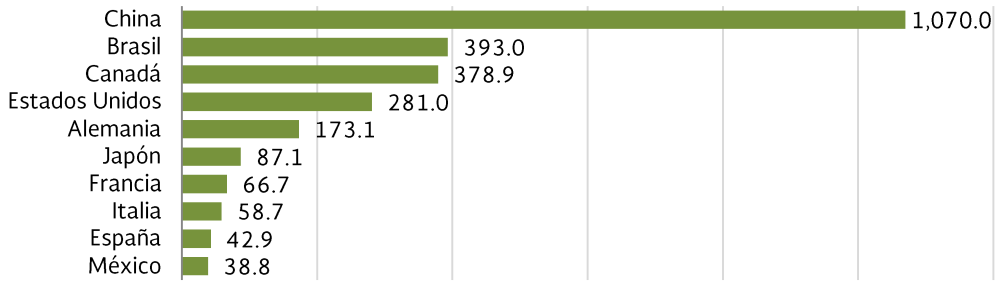
TABLA 8. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON ENERGÍA HIDROELÉCTRICA, 2014
(GW)

País	Capacidad	Participación/Capacidad de Generación Total
China	280.0	27.6%
Brasil	92.1	9.1%
Estados Unidos	79.6	7.9%
Canadá	77.2	7.6%
Rusia	52.0	5.1%
India	44.9	4.4%
Noruega	30.9	3.1%
Francia	25.4	2.5%
Turquía	22.3	2.2%
México	12.4	1.2%
MUNDO	1,013.1	100.0%

FUENTE: Bloomberg New Energy Finance, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014

En 2014 la generación de electricidad a partir de energía hidroeléctrica fue de 3,900 TWh a nivel global, siendo China quien tuvo la mayor participación al concentrar 1,070 TWh (27.4%), le siguen Brasil (10.1%), Canadá (9.7%) y Estados Unidos (7.2%). México aportó el 1% de la generación global. (Ver GRÁFICA 6).

GRÁFICA 6. GENERACIÓN BRUTA DE ELECTRICIDAD CON ENERGÍA HIDROELÉCTRICA
(TWh/ año)



Fuente: International Energy Agency Statistics, Renewables Information, 2015. Dato México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014. Datos, Mundo, China y Brasil, REN21, Renewables 2015, Global Status Report

[5] Para fines comparativos de este apartado, se incluye a México en los primeros países que tienen la mayor capacidad instalada y generación eléctrica, aunque para algunas tecnologías no se encuentre entre los primeros países.

Energía eólica

El año 2014 fue un año récord para la industria eólica al instalarse más de 51,000 MW de capacidad nueva. Como puede observarse en la TABLA 9, en ese año la capacidad de generación neta global a partir de energía eólica llegó a los 351,812 MW y ésta se concentró de manera muy importante en China con 109,757 MW (31.2%), siguiéndole los Estados Unidos (18.3%), Alemania (10.8%) y España (6.6%). Sólo diez países concentran el 84% de la capacidad de generación eólica. México alcanzó una capacidad de 2,036 MW, que representan apenas el 0.6% de la capacidad global.

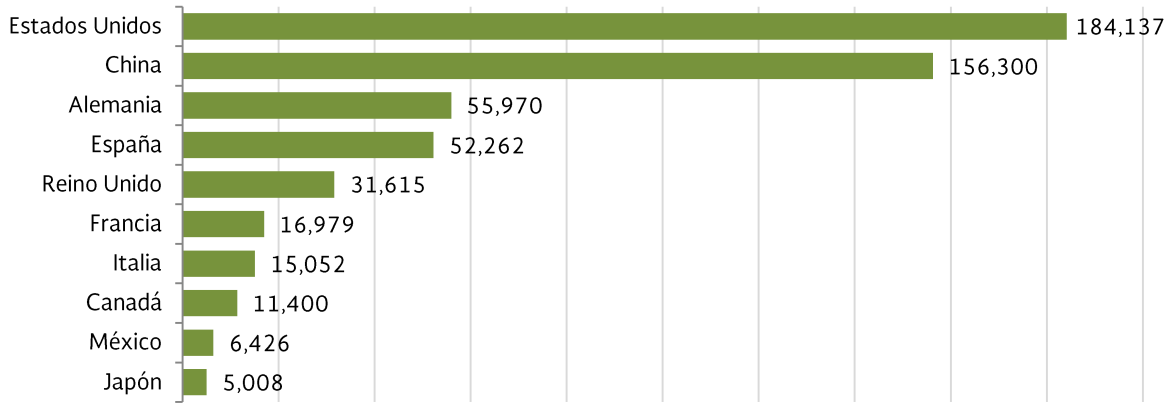
TABLA 9. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON ENERGÍA EÓLICA, 2014
(MW)

País/Región	Capacidad)	Participación/Capacidad de Generación Total
China	109,757	31.2%
Estados Unidos	64,311	18.3%
Alemania	38,148	10.8%
España	23,101	6.6%
India	22,490	6.4%
Canadá	9,779	2.8%
Francia	9,311	2.6%
Italia	8,428	2.4%
Reino Unido	7,953	2.3%
México	2,036	0.6%
MUNDO	351,812	100.0%

Fuente: Bloomberg New Energy Finance, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014

Durante 2014 dos países dominaron la generación eólica: Estados Unidos y China, seguidos por Alemania y España, que generan menos de la tercera parte de la cifra reportada para China y Estados Unidos. Dinamarca es el país con mayor capacidad instalada per cápita (Ver GRÁFICA 7).

GRÁFICA 7. GENERACIÓN BRUTA CON ENERGÍA EÓLICA, 2014
(GWh/ año)



Fuente: International Energy Agency Statistics, Renewables Information, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014. Dato para China, REN21, Renewables 2015, Global Status Report

Energía solar

La energía solar fotovoltaica es la de mayor crecimiento en el mundo, tanto en grandes instalaciones, como en generación distribuida. La capacidad de generación solar fotovoltaica en 2014 fue de 177,890 MW, y se concentró en mayor medida en Alemania, China, Japón, Estados Unidos e Italia. De manera conjunta éstos países concentran casi tres cuartas partes del total mundial (74.2%). (Ver TABLA 10).

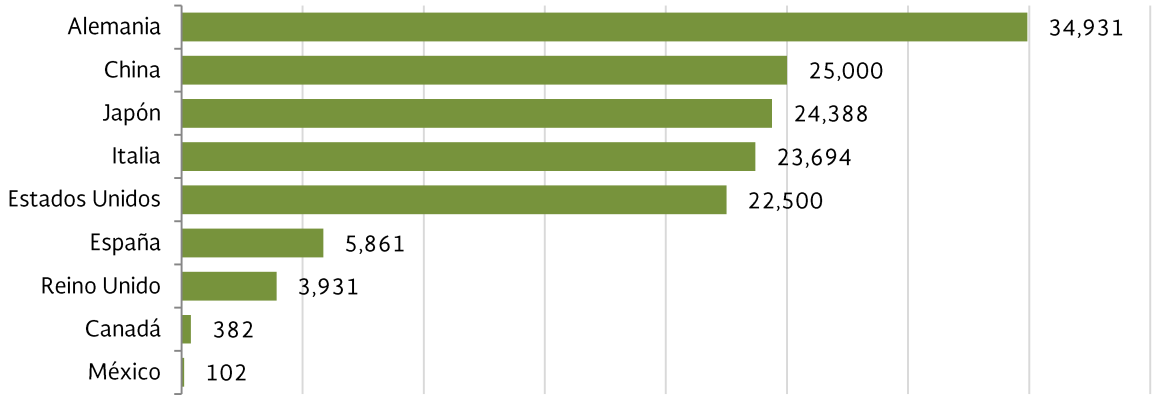
En cuanto a la generación a partir de energía solar fotovoltaica, en 2014 se generaron alrededor de 200,000 GWh y los países que más aportaron fueron Alemania, China, Japón, Italia y Estados Unidos, que conjuntamente generaron dos terceras partes del total mundial (65.3%). En México la generación fotovoltaica es relativamente reciente y representa menos del 0.05% de la generación mundial (Ver GRÁFICA 8).

TABLA 10. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, 2014
(MW)

País/Región	Capacidad	Participación/Capacidad de Generación Total
Alemania	37,396	21.0%
China	32,904	18.5%
Japón	25,017	14.1%
Estados Unidos	18,357	10.3%
Italia	18,258	10.3%
Francia	5,635	3.2%
Reino Unido	5,115	2.9%
Australia	4,050	2.3%
Bélgica	2,894	1.6%
México	118	0.07%
MUNDO	177,890	100.0%

Fuente: Bloomberg New Energy Finance, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014, CRE

GRÁFICA 8. GENERACIÓN BRUTA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, 2014
(GWh/ año)



Fuente: International Energy Agency Statistics, Renewables Information, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014. Datos para Mundo y China, REN21, Renewables 2015, Global Status Report

Energía geotérmica

En 2014 la capacidad de generación neta global a partir de la geotermia fue de 11,426 MW, y más de la mitad se encuentra en Estados Unidos, Filipinas e Indonesia. México ocupó el sexto lugar mundial con una capacidad de generación de 813 MW, equivalente al 7.1% del total mundial (Ver TABLA 11).

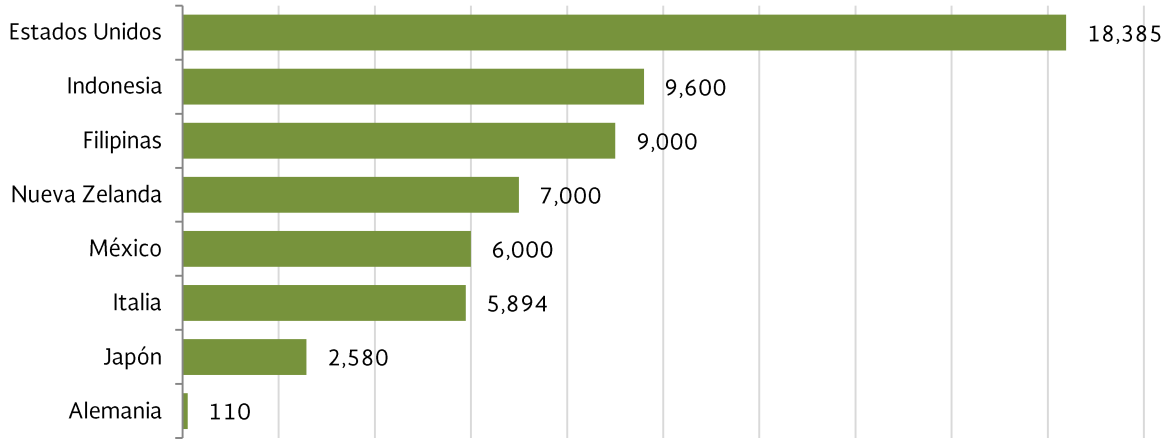
La generación de electricidad a partir de energía geotérmica, fue de 74,000 GWh. Estados Unidos aportó el 24.8% (18,385 GWh), le siguieron Indonesia y Filipinas. México generó 6,000 GWh y es el quinto generador en el mundo con el 8.1% de la generación total (Ver GRÁFICA 9).

TABLA 11. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON ENERGÍA GEOTÉRMICA, 2014
(MW)

País/Región	Capacidad	Participación/Capacidad de Generación Total
Estados Unidos	3,149	27.6%
Filipinas	1,861	16.3%
Indonesia	1,328	11.6%
Nueva Zelanda	1,103	9.6%
Italia	882	7.7%
México	813	7.1%
Kenia	540	4.7%
Japón	537	4.7%
Turquía	381	3.3%
Costa Rica	217	1.9%
MUNDO	11,426	100.0%

Fuente: Bloomberg New Energy Finance, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014

GRÁFICA 9. GENERACIÓN BRUTA CON ENERGÍA GEOTÉRMICA, 2014
(GWh/ año)



Fuente: International Energy Agency Statistics, Renewables Information, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014. Datos para Indonesia, Filipinas y Nueva Zelanda, Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report. Dato para Mundo, REN21, Renewables 2015, Global Status Report.

Energía de la biomasa

Como se muestra en la TABLA 12, durante 2014, la capacidad de generación neta a partir de biomasa fue de 93,871 MW a nivel mundial; la mitad se concentró en cuatro países: Estados Unidos, Brasil, China y Alemania. México tiene el 0.4% de la capacidad de generación con 366 MW.

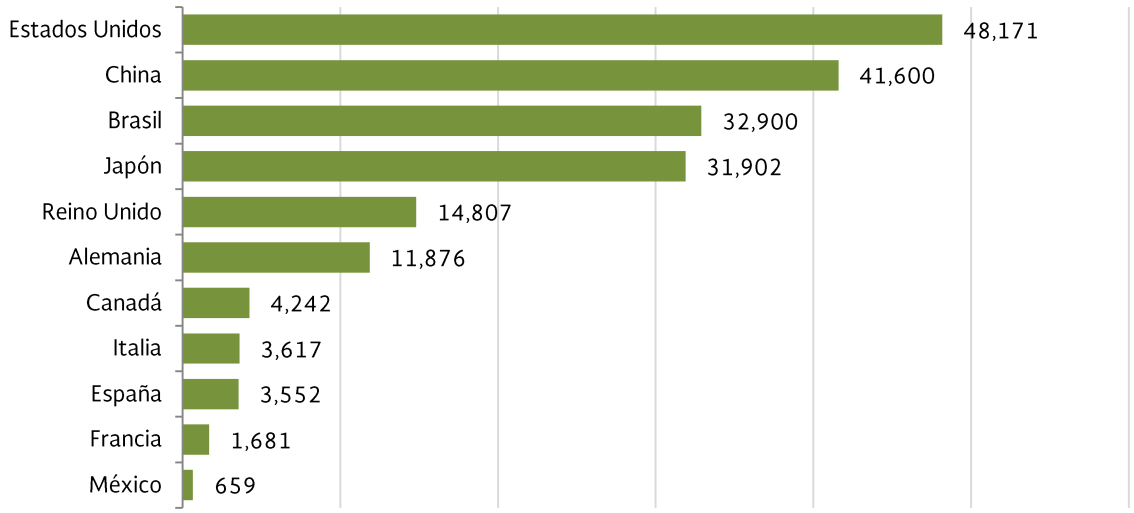
TABLA 12. CAPACIDAD DE GENERACIÓN NETA CON BIOMASA, 2014
(MW)

País/Región	Capacidad	Participación/Capacidad de Generación Total
Estados Unidos	14,882	15.9%
Brasil	13,379	14.3%
China	9,500	10.1%
Alemania	8,791	9.4%
India	5,039	5.4%
Reino Unido	4,478	4.8%
Corea del Sur	4,344	4.6%
Tailandia	3,634	3.9%
Japón	3,429	3.7%
México	366	0.4%
MUNDO	93,871	100.0%

Fuente: Bloomberg New Energy Finance, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014

Durante el mismo año, la generación de electricidad a partir de biomasa totalizó 433,000 GWh. Los países que más generaron con biomasa fueron, Estados Unidos, China, Brasil y Japón; estás cuatro economías concentraron un poco más de una tercera parte del total mundial. (Ver GRÁFICA 10).

GRÁFICA 10. GENERACIÓN BRUTA CON BIOMASA, 2014
(GWh/ año)



Fuente: International Energy Agency Statistics, Renewables Information, 2015. Dato para México, Informe sobre la participación de las Energías Renovables en la generación de electricidad en México, al 31 de diciembre de 2014. Datos para Mundo, China y Brasil, REN21, Renewables 2015, Global Status Report.

2.2. Evolución de costos de las energías renovables

A nivel internacional, los costos de las energías renovables para la generación de energía eléctrica han disminuido dramáticamente en los últimos 15 años, logrando ser competitivas con fuentes de generación a base de combustibles fósiles como el gas natural. No obstante, y como se puede observar en el siguiente análisis, los costos de inversión o de capital de las energías renovables presentan variaciones importantes no solo en un contexto global sino también entre países de una misma región. Desde factores ligados directamente a la disponibilidad de recursos renovables a nivel local hasta otros relacionados con el marco legal y regulatorio, el entorno de políticas e instrumentos de apoyo para la promoción de estas tecnologías y la situación actual de la cadena de valor en cada país, tienen un impacto importante en estos costos.

Por otro lado, la experiencia internacional también ha demostrado, y cada vez pone más de manifiesto, la importancia de tomar en consideración otros costos que se encuentran ligados a una mayor integración de centrales eléctricas con energías renovables del tipo variable como la solar y la eólica. El registro de costos de generación negativos en algunos mercados eléctricos a nivel mundial, además de los costos de respaldo asociados a las reservas de capacidad que garanticen la confiabilidad, estabilidad y seguridad de los sistemas eléctricos, resaltan la importancia de incluir estos costos como parte de los costos totales de la generación con energías renovables. Sin embargo, estos costos deben entenderse más como un área de oportunidad para la optimización de los recursos de generación, en lugar de una barrera para integrar una mayor cantidad de recursos renovables. Es por esta razón que es necesaria la generación de información desde una perspectiva local para despejar cualquier duda relacionada con los sobrecostos usualmente atribuidos a la generación renovable variable.

En esta sección se presenta un análisis de la evolución de costos de inversión de las diferentes tecnologías de energía renovable para la generación de electricidad a nivel internacional. Posteriormente, esta información, con el complemento de información disponible a nivel local, es utilizada para establecer los costos de generación que podrían observarse en México con una visión de largo plazo.

2.2.1. Perspectiva de costos de inversión a nivel internacional y en México

Eólica terrestre

Los aerogeneradores utilizados en centrales terrestres se han convertido en una tecnología suficientemente madura y estandarizada a nivel comercial. El costo de capital y el factor de planta son típicamente los que más efecto tienen en los costos de generación, siendo el costo de los aerogeneradores los más significativos con alrededor de 70% de los costos de capital, pudiendo alcanzar hasta 84% o más. A nivel local, los factores más significativos incluyen los costos de mano de obra y financiamiento, más otros aspectos relacionados con el entorno de políticas para la promoción de energía renovable.

En un escenario prospectivo de costos a nivel internacional, no se considera que pueda haber desarrollos tecnológicos importantes como los principales impulsores para la reducción de costos de capital. En su lugar, se esperan innovaciones graduales, como por ejemplo, una reducción en los costos del tren de transmisión, de la góndola, entre otros. Otro aspecto importante a considerar es que algunas innovaciones tecnológicas, por ejemplo, rotores con diámetros y alturas de las torres más grandes se encuentran asociados a un aumento en los costos de capital, sin embargo, estas características permitirán aumentar la generación anual de energía, además de poder operar a menores velocidades de viento y por ende aumentar el número de horas de operación al año (factor de planta).

Con base en lo anterior, y como se muestra en la TABLA 13, la proyección de costos para la energía eólica en México en el año 2030 se debería situar muy cerca de la proyección a nivel global y regional (Estados Unidos Brasil); es decir, entre 20.8 y 24 millones de pesos, así como un valor promedio de 22.4 millones de pesos por MW instalado.

TABLA 13. COSTO PROMEDIO DE INSTALACIÓN DE PROYECTOS EÓLICOS TERRESTRES EN PAÍSES SELECCIONADOS, ACTUAL Y PROSPECTIVO
(Millones de pesos/ MW)

País	Actual (Prospectivo a 2030)
Reino Unido	24.9
Estados Unidos	26.3 (24.0)
Alemania	26.6
Brasil	27.2 (20.8)
República Dominicana	27.4
Francia	27.5
Canadá	29.8
Panamá	29.9
Chile	30.1
MÉXICO	**30.5 (22.4)**
Italia	32.6
Guatemala	33.42
Argentina	36.2
Costa Rica	38.1
Uruguay	38.6

Fuente: IRENA, BNEF

Solar fotovoltaica

Hoy en día la tecnología fotovoltaica de silicio cristalino ha alcanzado su madurez tecnológica, a pesar de que sigue presentando reducciones de costos importantes. A grandes rasgos, las instalaciones se pueden dividir en dos componentes: los módulos y los elementos que conforman el balance del sistema, incluyendo cables, interruptores, herrajes de montaje y los inversores. Los módulos han experimentado una reducción sostenida de costos durante varios años, mientras que el resto de los elementos dependen de otros factores como las cadenas de suministro, regulaciones locales, costos de permisos y de mano de obra, mecanismos de financiamiento, etc. Por ejemplo, en el periodo 2011 – 2014 el costo de los inversores y otros accesorios se redujo en 29% y 20%, respectivamente, mientras que el costo de la instalación, ingeniería y procuración solo se redujo en 1%. Es por ello que estos componentes presentan una variación de costos importantes a nivel regional.

Hacia el año 2030 se prevé que el costo de capital de la tecnología solar fotovoltaica seguirá decreciendo, a pesar de las reducciones que ya han sido observadas durante varios años. La desaceleración en la disminución de costos de los módulos se espera sea compensada por las economías de escala y los avances tecnológicos alcanzados por las nuevas adiciones de capacidad. Adicionalmente, se espera que la optimización de los costos asociados al balance del sistema constituirán un área de oportunidad importante para la reducción de costos, en la medida que los costos de los módulos cada vez representan un porcentaje menor de la inversión total del proyecto.

La TABLA 14 muestra la situación actual a nivel internacional y la proyección de costos para la tecnología solar fotovoltaica en México en el año 2030. De acuerdo con esta proyección, el costo para México se debería situar entre los valores esperados a nivel global (10.9 millones de pesos) y para Brasil (21.4 millones de pesos), con un valor promedio de 16.2 millones de pesos por MW instalado.

TABLA 14. COSTO PROMEDIO DE INSTALACIÓN DE PROYECTOS FOTOVOLTAICOS EN PAÍSES SELECCIONADOS, ACTUAL Y PROSPECTIVO
(Millones de pesos/ MW)

País	Actual (Prospectivo a 2030)
China	12.1
Dinamarca	24.5
Panamá	24.0
Estados Unidos	25.0
Uruguay	28.0
Chile	28.0
Guatemala	29.0
Brasil	31.0 (21.4)
MÉXICO	**33.0 (16.2)**
Honduras	35.9
Perú	36.0
Canadá	36.0
Ecuador	41.0
República Dominicana	47.0
Argentina	52.0

Fuente: IEA, BNEF

Geotermia

Los costos de inversión de las centrales geotermoeléctricas son específicos para cada sitio de instalación, además de que algunas características del recurso geotérmico tienen un impacto considerable en los eventuales costos del proyecto, los cuales se caracterizan por altos costos iniciales, particularmente durante la fase exploratoria. Por otro lado, la tecnología utilizada es considerada lo suficientemente madura, por lo que existen oportunidades muy limitadas para la reducción de costos. Es por esta razón que para efectos de planeación, los costos de inversión deben estar basados, en la medida de lo posible, en información específica de cada proyecto.

Como se muestra en la TABLA 15, los costos de referencia para México de dos centrales en operación (Cerro Prieto y los Azufres) muestran un nivel de costo bajo en comparación con los datos a nivel internacional. Ante la falta de más información para poder representar la diversidad de los recursos geotérmicos en México, hacia el año 2030 se recomienda utilizar las proyecciones de costos para Estados Unidos, así como el valor más alto usado en el PRODESEN. De esta forma, el rango de costos para México sería de entre 26.7 y 39.1 millones de pesos, con un valor promedio de 32.9 millones de pesos por MW.

TABLA 15. COSTO PROMEDIO DE INSTALACIÓN DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS EN PAÍSES SELECCIONADOS, ACTUAL Y PROSPECTIVO
(Millones de pesos/ MW)

País	Actual (Prospectivo a 2030)
Turquía	19.4
Estados Unidos	27.9 (26.7)
MÉXICO (LOS AZUFRES)	**27.4**

País	Actual (Prospectivo a 2030)
MÉXICO (CERRO PRIETO)	**34.0**
MÉXICO (PRODESEN)	**39.1 (32.9)**
Nueva Zelanda	43,2
Kenia	51.0
Italia	73.4
Reino Unido	86.0

Fuente: IEA, Kenya Ministry of Energy, CFE, SENER

Hidroeléctricas

Al igual que las centrales geotermoeléctricas, estos proyectos dependen en gran medida de las condiciones específicas del sitio de instalación (capacidad del proyecto, altura de la caída y flujos de agua, etc.), por lo que sus costos varían considerablemente. Las centrales hidroeléctricas son intensivas en capital e involucran largos periodos de construcción, pero en términos generales sus costos pueden separarse en la obra civil y la adquisición de equipos. En el caso de grandes proyectos hidroeléctricos, usualmente la mayor parte de los costos se encuentran asociados a la obra civil, mientras que en el caso de pequeños proyectos hidroeléctricos los costos de los equipos representan la mayor parte de los costos totales del proyecto.

Como se muestra en la TABLA 16, los costos actuales de referencia para México se encuentran en los niveles observados en la región (Chile, Brasil y Estados Unidos). Los proyectos hidroeléctricos tienen un limitado potencial de reducción de costos debido a la madurez de la tecnología, además de que sus costos deben estar basados, en la medida de lo posible, en información específica de cada sitio. De esta forma, para el caso de los pequeños proyectos hidroeléctricos, hacia el año 2030 se recomienda utilizar las proyecciones de costos para Brasil (47.8 millones de pesos) y Estados Unidos (55.2 millones de pesos), con un valor promedio de 51.5 millones de pesos por MW.

TABLA 16. COSTO PROMEDIO DE INSTALACIÓN DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS EN PAÍSES SELECCIONADOS, ACTUAL Y PROSPECTIVO
(Millones de pesos/ MW)

País	Actual (Prospectivo a 2030)
China (Gran hidro)	7.7
Brasil (Gran hidro)	14.9 – 51.5
Brasil (Pequeña hidro)	(47.8)
Estados Unidos (Pequeña hidro)	28.6 – 97.7 (55.2)
MÉXICO (COPAR)	**17.6 – 43.5**
MÉXICO (PRODESEN)	**32.67**
Chile (Pequeña hidro)	45.0
Alemania (Pequeña hidro)	122.0
Alemania (Gran hidro)	85.7

Fuente: IEA, CFE, SENER

2.2.2. Perspectiva de Costos Nivelados

El Costo Nivelado de Electricidad (LCOE, por sus siglas en inglés) es comúnmente utilizado para representar los costos de las diferentes tecnologías de generación y describe los costos de la electricidad por unidad de energía producida (por ejemplo MXN / kWh) tomando en cuenta inversión, costos variables, vida útil, horas de carga completa y tasa de interés.

A continuación, se presenta un análisis de costos usando el LCOE para cuatro tecnologías en 2030 (eólica terrestre, granja solar fotovoltaica, geotérmica y pequeña hidroeléctrica). Para el cálculo de LCOE se usó el modelo de simulación del Energy Research Centre of the Netherlands (ECN, por sus siglas en inglés). En la TABLA 17 se muestra una visión general de los supuestos utilizados en los cálculos de LCOE, representando el promedio y los rangos de costos para México al 2030, propuestos en la sección anterior.

TABLA 17. RESUMEN DE LAS VARIABLES CLAVE PARA EL CÁLCULO DE LCOE, 2030

	Eólica Terrestre	Solar FV	Geotérmica	Pequeñas Hidroeléctricas
Costos de capital (Millones MXN / MW)	22.4 (20.8 – 24)	16.2 (10.9 – 21.4)	32.9 (26.7 – 39.1)	51.5 (47.8 – 55.2)
Factor de planta (%)	42.5 % (35 – 50 %)	23.5 % (20 – 27 %)	85 % (80 – 90 %)	40% (30 – 50%)
O & M costos por año (MXN / kW)	560 (520 – 600)	254 (195 – 313)	1,055 (613 – 1,498)	726 (460 – 993)
Vida útil (años)	20 (17.5 – 22.5)	20 (17.5 – 22.5)	25 (20 – 30)	50
Período de instalación (años)	1.5	1.5	3	4
Interés durante instalación (factor)	1.08	1.08	1.12	1.22

Fuente: EA Energy Analyses

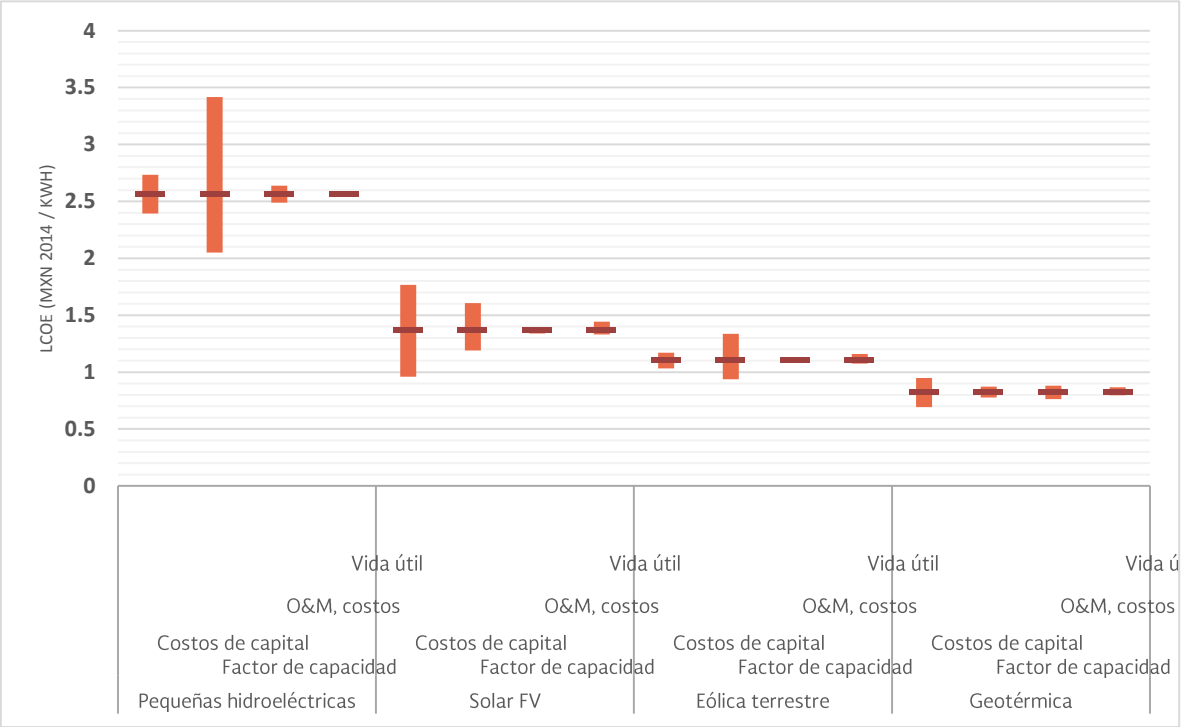
Los supuestos incluyen:

- Tasa de Impuesto del 30%,
- Amortización lineal durante un período de 20 años,
- Tasa de descuento de planificación del 10%, en línea con la metodología de la SENER (es decir, sin la representación de deuda específica / estructuras y tasas de financiación de capital),
- No hay subsidios o planes de apoyo,
- Cálculo realizado en términos reales, es decir, sin inflación,
- No hay costos de desmantelamiento,
- No hay pérdida de eficiencia incorporada para la energía solar fotovoltaica.

La GRÁFICA 11 presenta los rangos de LCOE resultantes, incorporando los valores de costo de capital, así como la sensibilidad del LCOE a la variación de los supuestos clave. Los rangos de LCOE obtenidos muestran un desarrollo potencial de los costos tecnológicos hacia 2030, así como las posibles variaciones en los costos LCOE. Especialmente en proyectos hidroeléctricos y geotérmicos, las características específicas del sitio de

instalación pueden generar variaciones importantes en los componentes de los costos. Los rangos representan la variación de un solo parámetro respecto al valor promedio, pero algunos parámetros podrían estar vinculados, por ejemplo, en el caso de un mayor costo de capital para un proyecto eólico (debido a turbinas con rotores más grandes y / o torres más altas), esto podría derivar en un factor de capacidad mayor, con el efecto neto en función del proyecto específico.

GRÁFICA 11. RANGO DE LCOE Y VALORES PROMEDIO DE LCOE PARA MÉXICO, 2030
(MXN 2014/ KWh)



Fuente: EA Energy Analyses

Dos principales conclusiones se pueden derivar de los rangos de LCOE obtenidos. En primer lugar, los costos de capital y los factores de capacidad son los componentes más influyentes del LCOE para las tecnologías investigadas (con la excepción de la energía geotérmica, donde la amplia diversificación de los costos de operación y mantenimiento (O&M) evaluados tienen un impacto notable en el LCOE). Así mismo, la evolución de estos parámetros en el futuro es probable que determine la viabilidad de cualquier tecnología. En segundo lugar, la tecnología eólica terrestre todavía parece ser, en términos generales, menos costosa que la energía solar fotovoltaica a 2030, sin embargo, los factores específicos del proyecto (tales como el factor de capacidad) podría hacer que la energía solar fotovoltaica tenga un costo competitivo respecto a proyectos eólicos.

Sin embargo, el comparar directamente los LCOE de las energías renovables con el precio típico de la electricidad (o el LCOE de otras tecnologías) puede no ser suficiente para describir con precisión si el proyecto de inversión es atractivo. La imagen completa sólo se visualiza cuando se comparan los costos LCOE con el valor de la electricidad generada. Sin una integración exitosa al sistema, este valor puede ser bajo. Este es el caso ante una red sobrecargada y la necesidad de restringir tecnologías (curtailment) para asegurar el equilibrio en la red local. La perspectiva aquí es la planificación nacional, que no debe confundirse con la perspectiva del inversionista privado.

2.2.3. Integración de energía renovable al sistema

La naturaleza del sistema eléctrico debe ser tal, que el equilibrio entre la demanda y la oferta debe mantenerse segundo a segundo. La electricidad que se genera a partir de las fuentes de energía renovables, como la eólica y la solar, son dependientes de las condiciones meteorológicas y continuamente debe ser equilibrada por otra fuente de generación. La integración exitosa de energía eólica y solar se ha demostrado en muchos países, por ejemplo, en Dinamarca, Alemania y España - con el 41%, 26% y 16% respectivamente en sus sistemas (en comparación con la demanda anual de electricidad). Sin embargo, también existen ejemplos de integración menos exitosa, por ejemplo, en China, Irlanda e Italia.

El término "integración del sistema" para la energía eólica y solar involucra dos temas importantes:

- Los **costos** asociados con la energía eólica a gran escala y la generación de energía solar (por ejemplo, nuevas líneas de transmisión y, el costo de arranque y apagado de otras fuentes de generación). También el costo de equilibrio puede estar incluido, así como los servicios de equilibrio que hacen frente a la falta de previsibilidad.

- El **valor de la electricidad** generada por energía eólica y solar. La electricidad proveniente de energía eólica y solar puede reducir el valor de la electricidad generada. Con una buena integración del sistema, el valor de la electricidad renovable generada puede estar cerca del valor promedio.

Cualquier fuente de generación adicional tiene consecuencias para el sistema existente, por ejemplo, la inclusión de carga base nueva y eficiente también tendría impacto en el rendimiento de los generadores existentes. Sin embargo, la naturaleza variable de la energía eólica y solar, combinada con el hecho de que los proyectos pueden estar situados lejos de los centros de demanda, provoca que la perspectiva del sistema sea especialmente importante.

Una buena planificación de la energía eólica y solar debe equilibrar el costo de integración (por ejemplo, los costos de inversión en nuevas líneas de transmisión, y los costos de funcionamiento en equilibrio) y el valor de la electricidad generada.

El valor de la electricidad generada se define como el costo marginal de generación en una hora específica y un lugar específico, el cual debe ser igual al costo marginal del generador más caro (y no se debe confundir con el precio real pagado al generador o por el usuario final). El costo marginal es una propiedad de la planificación central, tanto en los sistemas de planificación centralizada como en los sistemas basados en el mercado.

El éxito de la integración del sistema se puede medir de diferentes maneras, por ejemplo:

- Restricción de generación (curtailment): Porcentaje de la generación potencial

- Diferencia de precios experimentada por la energía renovable: Medida como diferencia porcentual entre el valor de la electricidad renovable generada en comparación con el valor promedio.

Cuando existe gran participación de energía eólica y solar, en algunos casos es necesario restringir la generación para evitar que la oferta exceda la demanda de energía. Si la generación en una sección de la red eléctrica amenaza con superar la demanda, más la posible exportación a otras zonas, la restricción debe llevarse a cabo para evitar la sobrecarga de las líneas. Si las plantas de energía convencionales no pueden reducir su producción, la generación proveniente de energía eólica y solar debe ser restringida. Es práctica común que los operadores del sistema deban tener sistemas de control establecidos, de modo que, por ejemplo, grandes parques solares o eólicos seleccionados con antelación puedan restringirse si es necesario. La restricción (curtailment) en este sentido significa pérdida de producción de electricidad (y costos económicos debido a la demanda de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero adicionales). Sin embargo, si la cantidad de restricción está limitada, ésta puede ser la opción de menor costo. En muchos países con una alta participación de generación eólica y solar, la restricción de energía eólica es del orden de 1%. Esto puede ser considerado como un signo de integración efectiva.

Las restricciones de generación, comúnmente tienen lugar durante la combinación de condiciones de gran cantidad de viento y baja demanda. También es fundamental la disponibilidad de capacidad de exportación fuera del área con energía eólica y solar.

El Sistema Eléctrico Mexicano, así como en la mayoría de otros países, no se diseñó con la energía renovable intermitente en mente. Por lo tanto, cuando se planea introducir una cantidad significativa de energía intermitente al sistema, se deben desarrollar una serie de actividades estratégicas con la finalidad de mejorar la integración del sistema. Tales actividades pueden incluir muchos aspectos, por ejemplo:

- Aumento de la capacidad de transmisión (en México, así como en los países vecinos)
- Mejora de la función de mercado, con todos los generadores produciendo de acuerdo con los costos marginales (reduce la complejidad de gestión y pagos fijos).
- Mejora de las propiedades dinámicas de las plantas de energía tradicionales. Una serie de mejoras de bajo costo podrían realizarse en las centrales carboeléctricas existentes para disminuir la carga mínima, aumentar las tasas de rampeo y reducir los costos de puesta en marcha.
- Reducir la necesidad de contar con fuentes tradicionales que funcionen para servicios auxiliares tales como tensión, potencia reactiva y la inercia.
- Respuesta a la demanda (precio-dependiente de la demanda de electricidad), por ejemplo, con cambio de combustible en la industria.
- Mejora de los procedimientos para la planificación en tiempo real y la operación del sistema eléctrico cerca de la hora de funcionamiento.
- La activación de nuevas fuentes para el equilibrio del sistema, incluyendo el intercambio con países vecinos, la activación de pequeños generadores y energía eólica (regulación inversa).

Existen acciones adicionales que pueden ser necesarias para mantener el funcionamiento seguro del sistema, por ejemplo:

- Los sistemas de control que permiten la restricción de fuentes renovables. Esto puede ser relevante para unidades seleccionadas, por ejemplo, sobre una cierta capacidad.

2.3. Políticas de fomento para las energías renovables en el mundo

En la TABLA 18 se muestra un comparativo de las políticas de fomento que han sido implementadas en países seleccionados y en México. Es importante mencionar que en todos los casos se han establecido metas de participación de energías renovables o limpias, como en México. Asimismo, en casi todos los países analizados existen metas u obligaciones para el aprovechamiento de energías renovables en el sector transporte y en aplicaciones térmicas. Otro aspecto importante a resaltar es que en todos estos países las políticas de fomento incluyen una combinación de incentivos del tipo regulatorio y otros del tipo fiscal o de financiamiento público.

Las tarifas garantizadas o el pago de primas, así como el esquema de medición neta son los instrumentos regulatorios más utilizados, ya que han sido implementados en 9 de los 12 países analizados. En orden de importancia le siguen las licitaciones o subastas, los certificados de energías renovables o limpias y las obligaciones a suministradores o portafolios de energías renovables. En lo que respecta a los incentivos fiscales y de financiamiento, los instrumentos más utilizados corresponden al financiamiento público y el otorgamiento de créditos o subsidios, los cuales se encuentran presentes en 11 de los 12 países analizados, Los incentivos fiscales también constituyen un mecanismo generalizado en 9 de estos 12 países.

Es importante destacar el caso de la India en donde han sido implementadas todas las políticas de fomento analizadas en este comparativo. En la región de América Latina, Uruguay es el país con el mayor número de políticas implementadas con 9 de 12, además de ser el único con un esquema de tarifas garantizadas o el pago de primas. Por su parte, en Brasil, Chile y México se muestra una tendencia clara hacia la implementación de licitaciones o subastas y esquemas de medición neta, En lo que respecta a los incentivos fiscales y de financiamiento, los esquemas más utilizados en la región comprenden los créditos fiscales a la inversión o a la producción, así como la inversión pública o el otorgamiento de créditos o subsidios. Solo en Uruguay y Chile se registra la existencia de incentivos directos a capital, mientras que en ambos países y Brasil también se encuentra presente una política de reducción de impuestos.

TABLA 18. COMPARATIVO DE POLÍTICAS DE FOMENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO

Política	China	Estados Unidos	Alemania	España	Japón	Italia	India	Reino Unido	Uruguay	Brasil	Chile	MEXICO
Metas de energías renovables o limpias	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Tarifas garantizadas/Primas	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
Obligaciones suministradores/ Portafolios de energías renovables	•	•			•		•	•			•	
Medición neta		•		•	•	•	•		•	•	•	•
Obligaciones biocombustibles	•	•	•	•		•	•	•	•	•		
Obligaciones aplicaciones térmicas	•	•	•	•		•	•		•	•		
Certificados de energías renovables o limpias		•		•	•	•	•	•				•
Licitaciones o subastas	•				•	•	•		•	•	•	•
Incentivos a la inversión	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	
Créditos fiscales a la inversión o producción	•	•	•	•		•	•			•	•	•
Reducción de impuestos (a las ventas, energía, CO_2, IVA. etc.)	•	•	•			•	•	•	•	•	•	
Pago por producción de energía	•			•			•	•	•			
Inversión pública, créditos o subsidios	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•

Fuente: REN21 Renewables 2015 Global Status Report

2.4. Iniciativas de cooperación internacional para el desarrollo de México en materia energética y de cambio climático

México coordina una agenda de cooperación internacional cuyo objetivo principal es fortalecer no solo la consolidación del sector energético nacional sino también el posicionamiento de México ante la comunidad energética internacional. Mediante el intercambio de experiencias y conocimientos, nuestro país se hace de las mejores prácticas para promover el desarrollo humano sustentable. En el siguiente apartado se presenta un resumen de los principales resultados alcanzados en el año 2015 en materia de cooperación energética y de cambio climático.

Segunda Reunión Ministerial de la Alianza de Energía y Clima de las Américas (ECPA)

El 25 y 26 de mayo se llevó a cabo en la Ciudad de Mérida, Yucatán, la Segunda Reunión Ministerial de Energía y Clima de las Américas (ECPA por sus siglas en inglés). Como parte de ECPA, los Estados Miembros de la Organización de Estados Americanos (OEA), así como representantes de organismos multilaterales, expertos de la sociedad civil y de la comunidad académica sostuvieron un diálogo enfocado a mejorar la cooperación en materia de energía y de cambio climático.

Como resultado de esta reunión, los Ministros de Energía de Chile, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México, Perú y Panamá anunciaron la creación de una Iniciativa de Energía Limpia del Hemisferio Occidental. Los países participantes tienen la intención de trabajar hacia la duplicación colectiva de fuentes renovables como la solar, la eólica, la energía hidroeléctrica a pequeña escala, la biomasa sostenible y la geotérmica, para el año 2030.

Esta iniciativa busca aumentar la colaboración entre los países en los siguientes temas:

- Facilitar la hoja de ruta de cada país para alcanzar sus objetivos de energía renovable en el contexto de su infraestructura energética.
- Aumentar la disponibilidad de datos de calidad sobre recursos renovables.
- Compartir herramientas de modelado y simulación.
- Cooperar en el desarrollo y la planificación de una política energética eficaz.
- Mejorar la flexibilidad y capacidad de adaptación de los sistemas de red.
- Fomentar la innovación energética y promover la capacitación y formación de la fuerza laboral.
- Enfocarse en el nexo de agua y energía.
- Promover el acceso a la energía, en particular para las comunidades remotas.

Sexta Reunión Ministerial de Energías Limpias (CEM)

Durante la Sexta Reunión Ministerial de Energías Limpias (CEM por sus siglas en inglés), también llevada a cabo en la Ciudad de Mérida, Yucatán del 27 al 28 de mayo, el Secretario de Energía de México, Lic. Pedro Joaquín Coldwell, el Secretario de Energía de los Estados Unidos Dr. Ernest Moniz, el Ministro de Recursos Naturales de Canadá, Greg Rickford, el Ministro de Ciencia y Tecnología de China Wan Gang y otros líderes mundiales anunciaron acciones importantes para acelerar la transición global a la energía limpia. Asimismo, los ministros acordaron lanzar una segunda fase mejorada de la iniciativa bajo el acrónimo de “CEM 2.0”, además de tres esfuerzos importantes (denominados “retos”) para promover acciones en materia de energía limpia:

- El "Reto Global de Iluminación", el cual pretende colocar 10 mil millones de productos de iluminación eficientes, de alta calidad y de bajo costo.

- El "Reto de los Sistemas Eléctricos", el cual se encuentra orientado a facilitar el uso de las redes eléctricas inteligentes y fuentes de energía renovable como la solar o eólica.

- El fortalecimiento del "Centro de Soluciones en Energía Limpia" en el que se ofrecen apoyos de expertos en tiempo real y sin costo de hasta 80 países alrededor del mundo en temas relacionados con políticas para el desarrollo de la energía limpia.

Del mismo modo, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, India, Indonesia, Japón, Corea, México, Noruega, Sudáfrica, Suecia, los Emiratos Árabes Unidos y Estados Unidos, así como la Dirección General de Energía de la Comisión Europea emitieron una declaración conjunta en donde se establecieron 8 principios hacia un sistema eléctrico, limpio, eficiente y confiable:

- La transformación de los sistemas eléctricos es imperativa y estratégica.

- Los sistemas eléctricos más limpios mejorarán la salud pública y combatirán el cambio climático.

- Los mercados, los precios y las tarifas deberán estar alineados para apoyar la transformación de los sistemas eléctricos.

- Las redes eléctricas inteligentes son un factor clave para esta transformación.

- La energía renovable es un recurso estratégico para los sistemas eléctricos.

- La innovación en el financiamiento y las adquisiciones es esencial para acelerar la transición.

- Los sistemas eléctricos deben ser optimizados para servir de interfaz con otros sistemas.

- El desarrollo de capacidades es crítico para la iniciativa sobre la "Alianza de Electricidad del Siglo 21".

Grupo de Trabajo de Ministros de Energía de América del Norte sobre Energía y Cambio Climático

En el Marco de las reuniones ministeriales de ECPA y CEM, el Ministro de Recursos Naturales de Canadá y los Secretarios de Energía de Estados Unidos y México, anunciaron el establecimiento de un Grupo de Trabajo de Ministros de Energía de América del Norte sobre Cambio Climático y Energía.

El nuevo Grupo de Trabajo trilateral apoya la implementación de las metas de energía limpia y cambio climático de los tres países, incluyendo sus respectivos objetivos presentados en la COP21 de Cambio Climático de París. Entre las áreas de cooperación se incluyen las redes eléctricas confiables, seguras y bajas en carbón, los modelos y despliegue de tecnologías de energías limpias, incluyendo renovables, entre otras áreas.

Reunión Ministerial de la Agencia Internacional de Energía

Durante la Reunión Ministerial de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), celebrada en Paris, Francia el 16 de noviembre de 2015, el Secretario de Energía de México realizó la petición oficial de México para integrarse a este organismo internacional. La incorporación de México a la IEA permitirá desarrollar respuestas conjuntas y esquemas de cooperación mundial para garantizar la seguridad energética, promover el desarrollo económico y fomentar la sostenibilidad ambiental a nivel global.

Otras iniciativas de cooperación bilateral

México ha suscrito varios convenios de cooperación y en la actualidad implementa diversos programas en materia de energía y cambio climático con países como Alemania, Dinamarca, Estados Unidos, Reino Unido, entre otros. Estos programas se encuentran orientados a fortalecer las capacidades de los sectores público, privado y de la sociedad en general para el desarrollo de las energías renovables en México.

POTENCIAL Y SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

3.1. Potencial de las Energías Renovables

La TABLA 19 y la FIGURA 3 muestran que México cuenta con un enorme potencial para aprovechar recursos renovables. Según el Inventario Nacional de Energías Renovales, se reconoce un potencial probado y probable de generación de 100,278 GWh por año, es decir el 33% de los 301,462 GWh generados en 2014. El potencial posible adicional sin contar el solar (195,278 GWh) representa el 65% de la generación de 2014; el potencial solar estimado se considera prácticamente ilimitado en términos del consumo nacional de energía.

TABLA 19. GENERACIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES, 2014
(GWh/ año)

	Generación 2014	Potencial Probado	Potencial Probable	Potencial Posible
Hidroeléctrica	38,822	4,457	23,028	44,180
Eólica	6,426	15,307	-	87,600
Geotérmica	6,000	1,932	45,207	52,013
Solar	85	8,171	-	6,500,000
Biogás	148	728	391	11,485
Oceánica			1,057	
TOTAL	**51,481***	**30,595**	**69,683**	**>195,278****

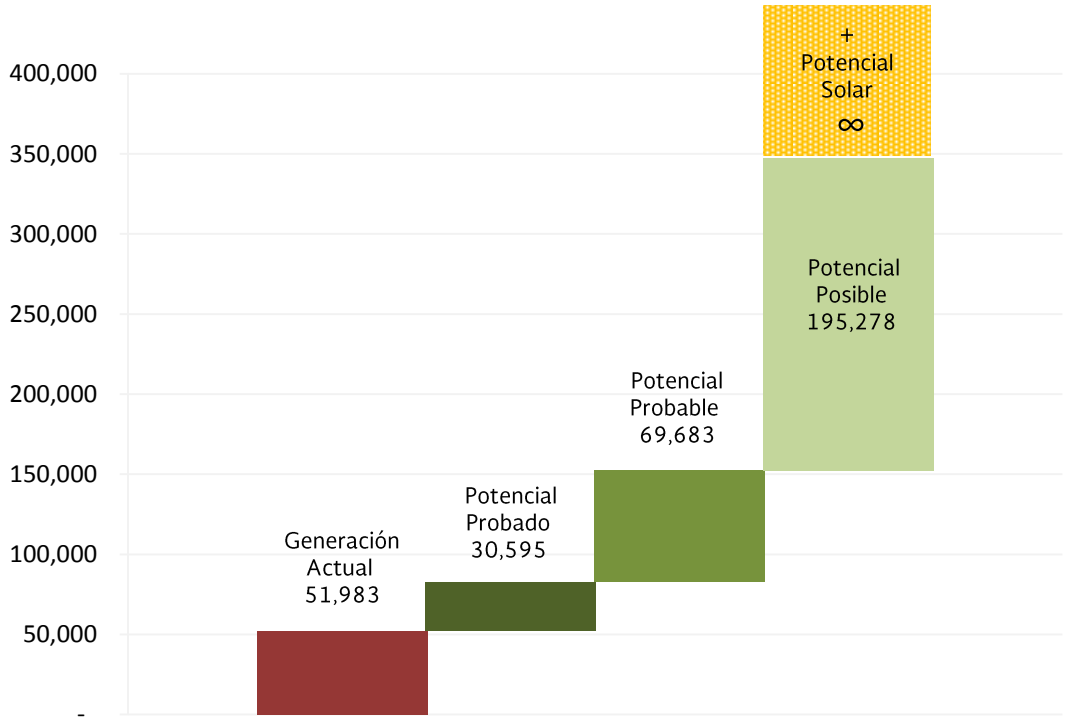
*/El total incluye la generación por bagazo y la cogeneración eficiente, que no se muestran en la tabla.
**/ No incluye el potencial posible para energía solar, estimado en más de 6 millones de GWh/año,
Fuente: SENER, INERE.

Como se muestra en la GRÁFICA 12, Baja California concentra alrededor de una tercera parte del potencial probado y probable (32.68%) y en conjunto con Chiapas y Oaxaca se alcanzan poco más de la mitad (52.89%) de ambos potenciales identificados a nivel nacional. Otras once entidades federativas: Puebla, Veracruz, Nayarit, Chihuahua, Coahuila, Baja California Sur, Sonora, Durango, Tabasco, Tamaulipas y Guerrero concentran el 31% del total identificado.

La GRÁFICA 13 muestra la distribución del potencial probado y probable por fuente de energía renovable en las diferentes entidades federativas del país. Como se puede observar, los mejores recursos probados corresponden a la energía eólica, principalmente en los estados de Oaxaca, Coahuila, Baja California, Tamaulipas y Puebla. En el caso de la energía solar, Sonora y Chihuahua cuentan con los mejores recursos, mientras que la pequeña y gran hidroeléctrica presentan un buen potencial en Veracruz y Chiapas.

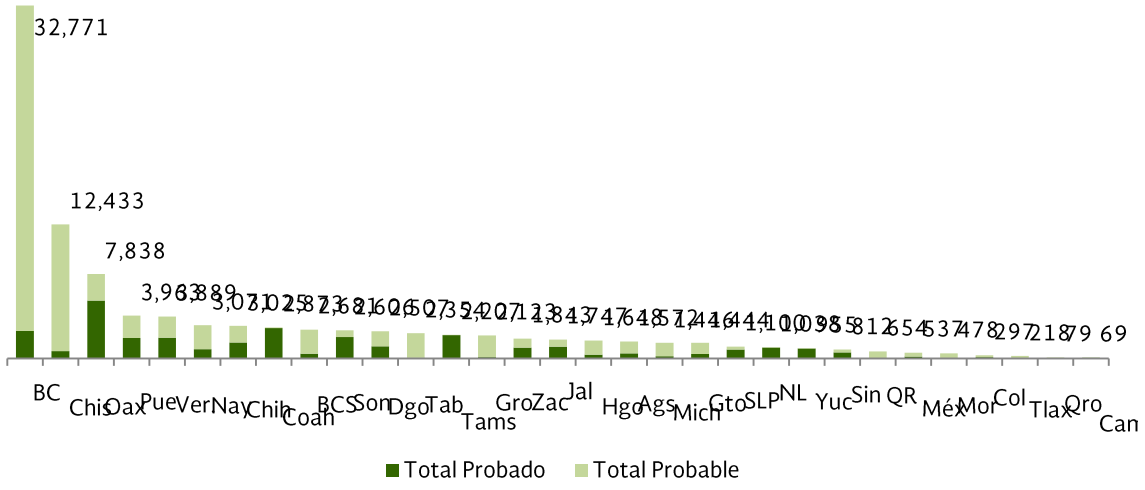
En lo que respecta al potencial probable, la mayor parte se concentra en geotermia, especialmente en Baja California con alrededor del 43% del total identificado, mientras que aproximadamente otro 17% del total se ubica en Chiapas, principalmente en grandes proyectos hidroeléctricos, aunque también se identifican proyectos en Oaxaca, Tabasco, Guerrero y Veracruz. Los proyectos identificados para aprovechar la energía de los océanos (maremotriz y undimotriz) constituyen todavía una participación marginal de todo el potencial probable hasta ahora identificado y se encuentran localizados en los estados de Baja California, Baja California Sur y Sonora.

FIGURA 3. GENERACIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES, 2014, EXCLUYENDO SOLAR
(GWh/ año)



SENER, INERE, octubre 2015

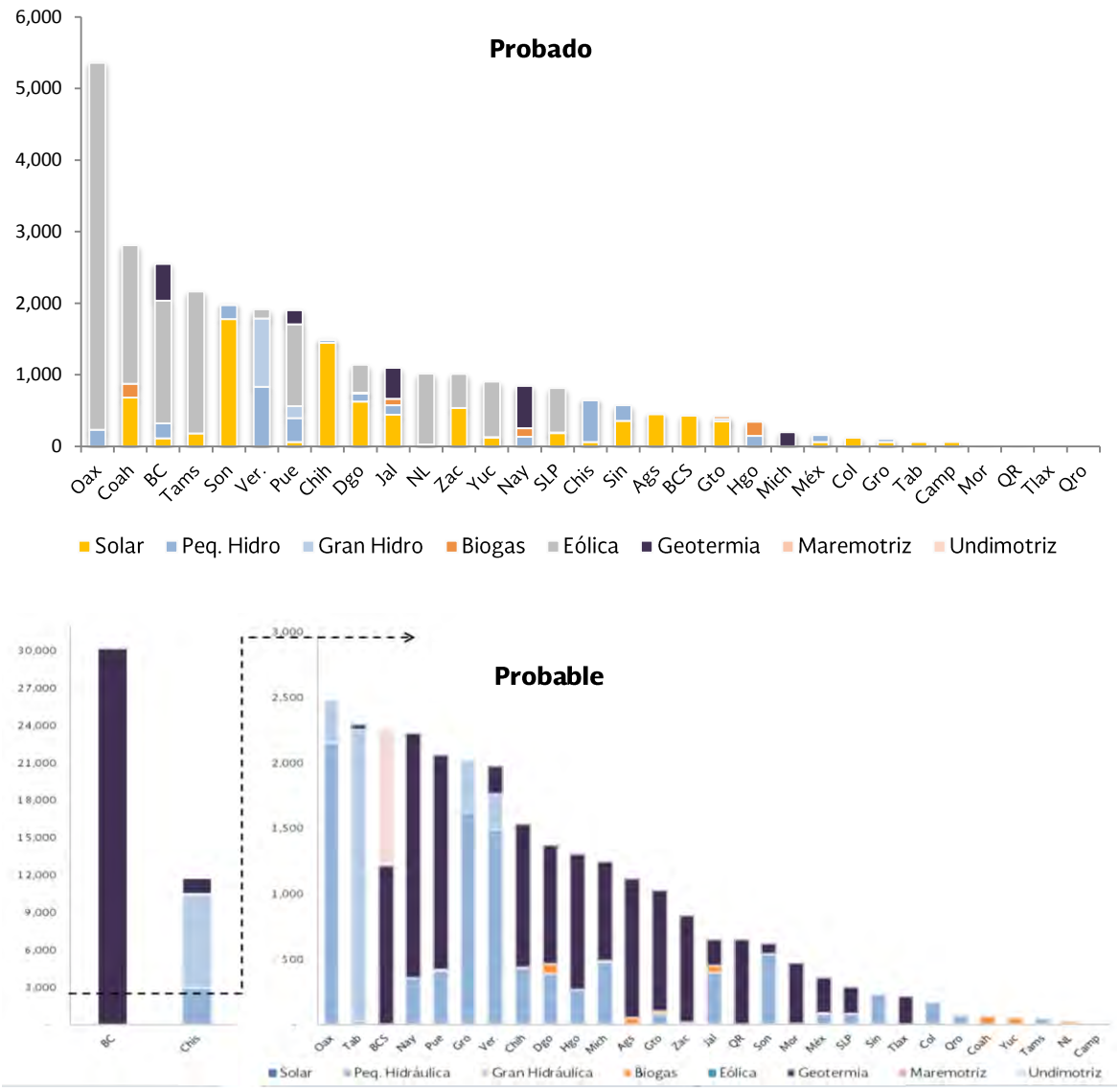
GRÁFICA 12. POTENCIAL PROBADO Y PROBABLE DE ENERGÍAS RENOVABLES POR ENTIDAD FEDERATIVA DEL PAÍS, 2014
(GWh/ año)



Fuente: SENER, INERE, 2014

Es importante resaltar que el potencial probado solar se encuentra prácticamente distribuido en todas las entidades federativas del país, mientras que la geotermia y el biogás en sitios específicos, como Baja California, Puebla, Jalisco, Nayarit y Michoacán, en el primer caso, y en Coahuila, Jalisco, Nayarit e Hidalgo en el segundo.

GRÁFICA 13. POTENCIAL PROBADO Y PROBABLE POR FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE EN LAS DIFERENTES ENTIDADES FEDERATIVAS DEL PAÍS, 2014
(GWh/ año)



Fuente: SENER, INERE, 2014

3.2. Participación de Energías Renovables en la matriz energética

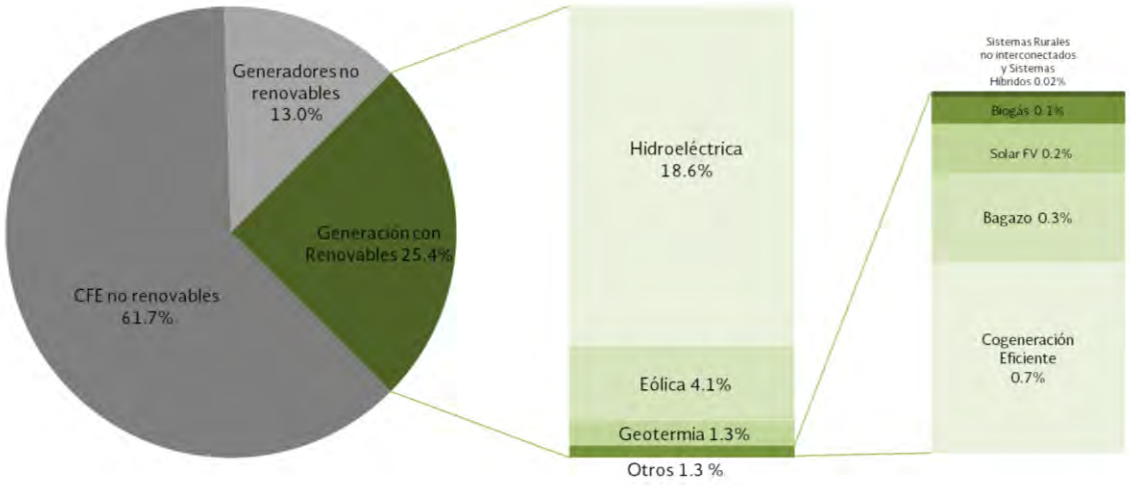
Al 30 de junio de 2015 la capacidad de generación mediante energías renovables en México sumó 16,953.2 MW, lo cual representa el 25.3% de la capacidad de generación total. La mayor parte de la capacidad en operación renovable continúa dominada por la generación hidroeléctrica, que contribuye con el 18.6%, seguida de las centrales eólicas, que participan con 4.1% (Ver TABLA 20 y GRÁFICA 14).

TABLA 20. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN, JUNIO 2015

Tecnología	Capacidad MW	Capacidad %
Hidroeléctrica	12,453.8	18.6
Bagazo	208.4	0.3
Biogás	62.1	0.1
Geotermia	898.8	1.3
Fotovoltaica[1]	113.7	0.2
Eólica	2,760.3	4.1
Sistemas Híbridos[2]	0.1	<0.1
Cogeneración Eficiente	442.6	0.7
Sistemas rurales no interconectados[3]	13.4	<0.1
SUBTOTAL DE CAPACIDAD A PARTIR DE RENOVABLES	**16,953.2**	**25.3**
Centrales eléctricas legadas y Centrales externas legadas no renovables	41,240.0	61.7
Contratos de interconexión legados no renovables	8,671.7	13.0
SUBTOTAL DE CAPACIDAD A PARTIR DE NO RENOVABLES	**49,911.7**	**74.7**
TOTAL DE CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	**66,864.9**	**100**

1. Incluye Contrato de Interconexión Legado en Baja California Sur
2. Sistemas combinados solar-eólico
3. Generación eléctrica por biogás a partir de excretas animales
Fuente: Informe Semestral de Energías Renovables de junio 2015

GRÁFICA 14. COMPOSICIÓN DE LA CAPACIDAD TOTAL DE LA MATRIZ ENERGÉTICA, JUNIO 2015



Fuente: Informe Semestral de Energías Renovables

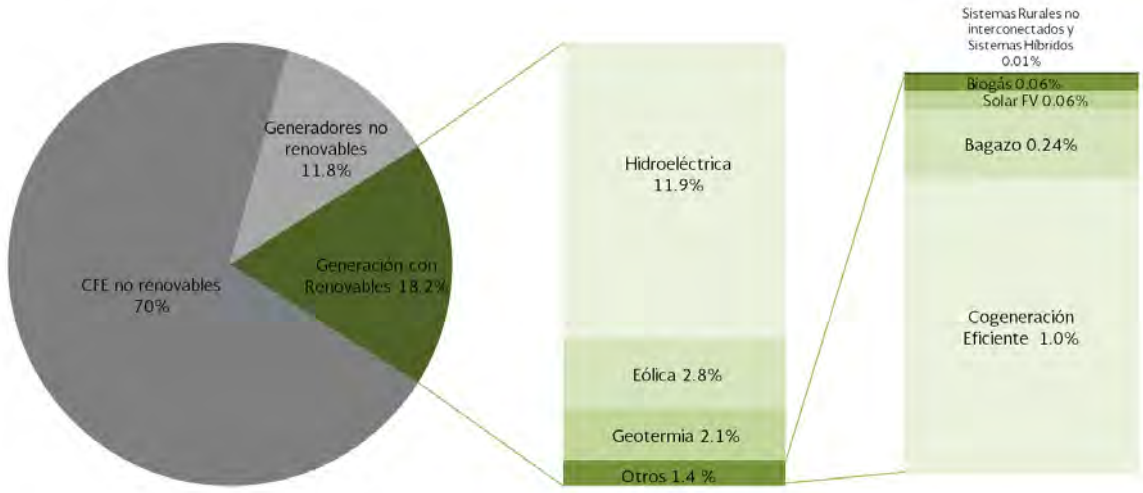
Durante 2014 la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables alcanzó un total de 55,002 GWh, el 18.2% de la generación total. Esta proporción se mantuvo sin cambio en el primer semestre de 2015, en que la generación fue de 27,307.1 GWh. Destaca durante 2015 una disminución en la participación de la generación hidroeléctrica y el crecimiento de la eólica y la geotérmica, como se puede observar en la TABLA 21 y en la GRÁFICA 15.

TABLA 21. PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN TOTAL
(GWh)

Tecnología	2014	(%)	Ene-jun 2015	(%)
Hidroeléctrica	38,822	12.9	17,885	11.9
Bagazo	629	0.2	362	0.2
Biogás	148	<0.1	86	0.1
Geotermia	6,000	2.0	3,100	2.1
Fotovoltaica[1]	85	<0.1	91	0.1
Eólica	6,426	2.1	4,242	2.8
Sistemas Híbridos[2]	N.D.	N.D.	0.1	<0.1
Cogeneración Eficiente	2,892	1.0	1,527	1.0
Sistemas rurales no interconectados[3]	N.D.	N.D.	14	<0.1
SUBTOTAL DE GENERACIÓN A PARTIR DE RENOVABLES	**55,002**	**18.2**	**27,307.1**	**18.2**
SUBTOTAL DE GENERACIÓN A PARTIR DE NO RENOVABLES	**246,460**	**81.8**	**122,473.4**	**81.8**
TOTAL DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	**301,462**	**100.0**	**149,780.5**	**100.0**

1. Incluye Contrato de Interconexión Legado en Baja California Sur
2. Sistemas combinados solar-eólico
3. Generación eléctrica por biogás a partir de excretas animales
Fuente: Informe Semestral de Energías Renovables

GRÁFICA 15. COMPOSICIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DE LA MATRIZ ENERGÉTICA, JUNIO 2015



Fuente: Informe Semestral de Energías Renovables

3.3. Comportamiento histórico de las Energías Renovables para la generación de energía eléctrica

Durante 2015 las centrales eléctricas legadas (CFE) registraron aumentos en la capacidad instalada geotérmica por cambios de turbinas en la planta de los Humeros y la puesta en marcha de la nueva planta de los Azufres. También durante 2015 entró en operación una central eólica en el estado de Oaxaca, con una capacidad de 102 MW. La energía eólica de otros generadores creció 55.2% en capacidad debido a proyectos desarrollados en Oaxaca (371.5 MW), San Luis Potosí (200 MW), Baja California (156 MW),

Chiapas (3.2 MW) y Sonora (2 MW). Asimismo, los proyectos de generación distribuida solar alcanzaron una capacidad instalada de 58.3 MW.

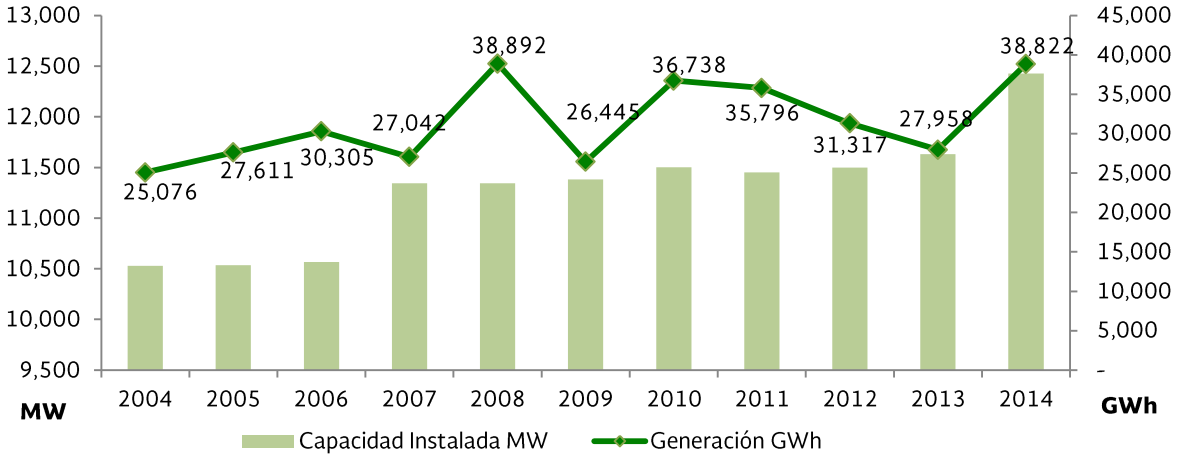
A pesar de que las centrales hidroeléctricas siguen siendo la base de las energías renovables, durante el primer semestre 2015 sufrieron una disminución del 26.2% en la generación debido a la sequía del sureste del país, sin embargo tecnologías como la geotérmica, eólica y fotovoltaica compensan la participación de renovables al aumentar su contribución debido a cambios de turbinas geotérmicas y al ingreso de nuevos proyectos. La energía eólica creció 24.7% en generación, y la proveniente de bagazo creció 65.2% gracias a la industria azucarera de Veracruz y Chiapas. La generación de energía eléctrica con biogás reportó un decremento de 38.3% debido a situaciones inherentes a la producción y uso del gas en rellenos sanitarios y granjas pecuarias, a pesar de un aumento en la capacidad instalada del 32.2%.

3.3.1. Generación Hidroeléctrica

Como se muestra en la GRÁFICA 16, al cierre del 2014 la capacidad efectiva instalada de las centrales hidroeléctricas alcanzó 12,429 MW, mostrando un crecimiento del 6% respecto al 2013, por la adición de 796 MW al sistema eléctrico nacional. En los últimos 10 años el crecimiento promedio ha sido del 2% anual.

La energía hidroeléctrica juega un papel importante en la oferta de energía en el sistema eléctrico nacional, pero es dependiente de las condiciones climáticas, y por ello muestra variaciones importantes en cada año. Los años con mayor generación hidroeléctrica en la última década han sido 2008 y 2014. En 2014 se generaron 38,822 GWh, 38.8% más respecto a los 27,958 GWh generados en 2013, que fue uno de los tres años con menor generación hidroeléctrica de la década, y que demuestra la enorme variabilidad estacional que puede tener esta fuente de energía.

GRÁFICA 16. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS, 2004-2014
(MW y GWh/ año)



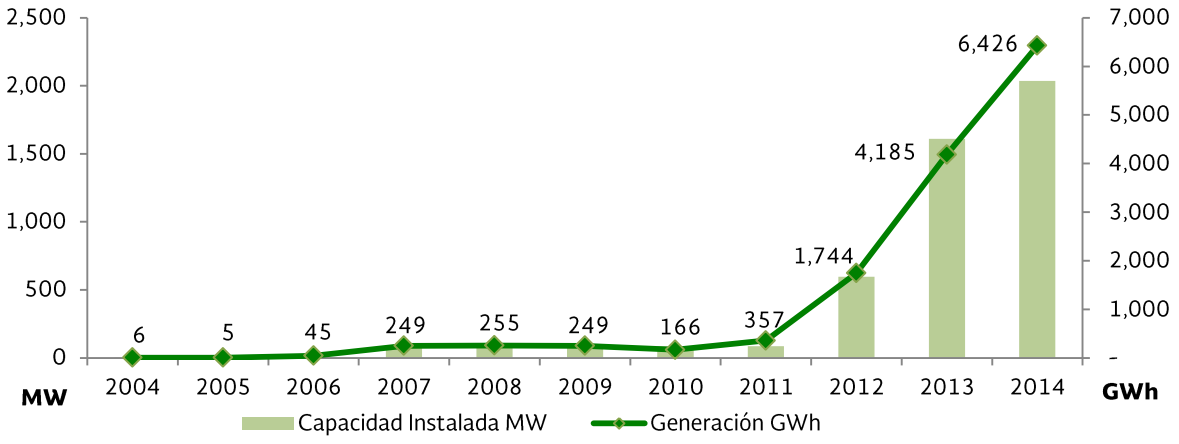
Fuente: SENER con información de CFE y CRE

3.3.2. Generación Eólica

Al cierre del 2014 la capacidad instalada de energía eólica alcanzó 2,036 MW, como lo muestra la GRÁFICA 17, lo que significó un incremento del 26.3 % respecto del 2013. La dinámica de crecimiento de la capacidad instalada eólica ha mostrado tasas de crecimiento exponencial en los últimos 4 años. Esta tendencia permite esperar que la energía eólica aporte la mayor cantidad de energía renovable en los próximos años, sin tomar

en cuenta a las grandes hidroeléctricas. Ya en 2014 la generación eólica fue de 6,426 GWh, 54% mayor a los 4,185 GWh generados en 2013 aportando el 2.8% de la generación total en el país.

GRÁFICA 17. CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES EÓLICAS, 2004 - 2014
(MW y GWh/ año)

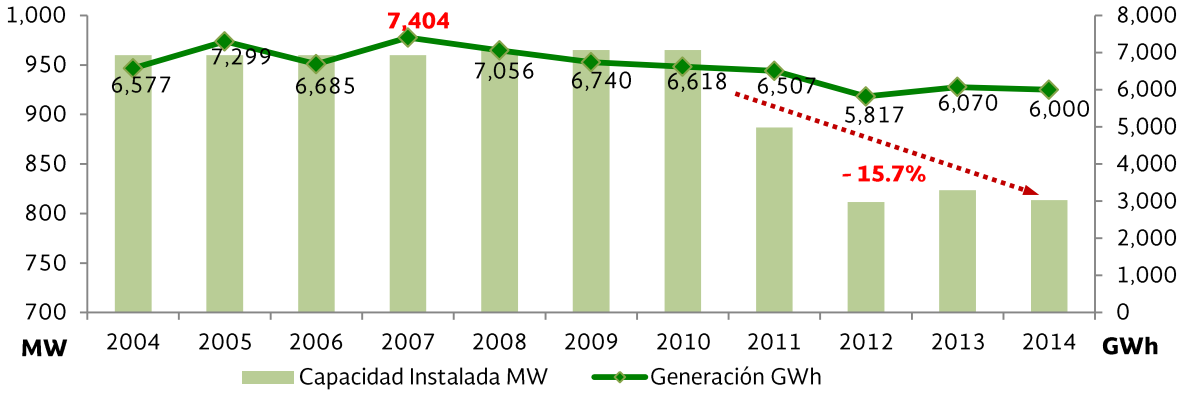


Fuente: SENER con información de CFE y CRE

3.3.3. Generación Geotérmica

Previo a la publicación de la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento, la industria geotérmica en México mostraba un decaimiento en la generación debido al agotamiento de recursos y rezagos en la exploración y explotación de nuevos yacimientos geotérmicos. Como puede observarse en la GRÁFICA 18, la generación bruta del año 2014 disminuyó 18.96%, respecto al 2007, año en que se registró un máximo de 7,404 GWh. La capacidad instalada no mostró crecimiento entre 2010 y 2014, e incluso se redujo 15.75% desde el año 2010 asociado al decaimiento en la producción de algunos pozos del Campo Geotérmico de Cerro Prieto. También debe mencionarse que en México existe un escaso aprovechamiento de los usos directos de la geotermia, mientras en otros países se trata de tecnologías maduras y bien aprovechadas. En 2016, la SENER planea publicar lineamientos al respecto que permitan el despegue de estas tecnologías.

GRÁFICA 18. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA EN CENTRALES GEOTÉRMICAS, 2004 - 2014
(MW y GWh/ año)

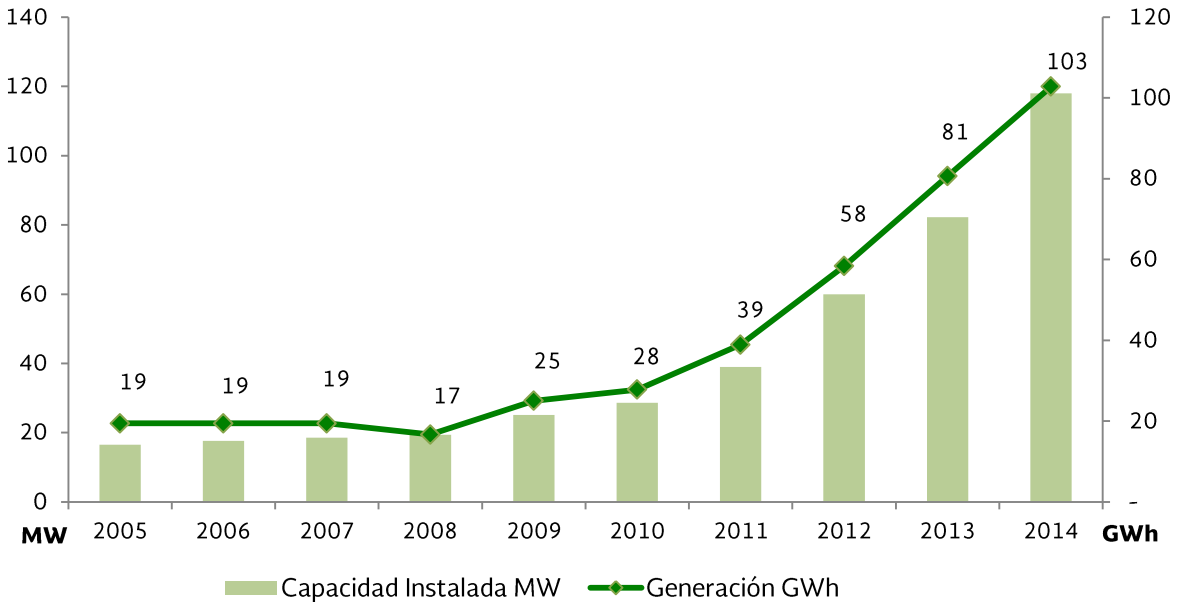


Fuente: SENER con información de CFE y CRE

3.3.4. Generación Solar

Desde la publicación del Primer Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala en el año 2007, así como la entrada en operación de la primera central fotovoltaica de gran escala en 2011, la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica a partir de energía solar se incrementó de 18.53 MW y 19.46 GWh en el año 2007 a 118 MW y 102.86 GWh en el año 2014 (Ver GRÁFICA 19). Este incremento se ha visto reforzado por el crecimiento importante de los Contratos de Interconexión Legados (Pequeña y Mediana Escala), los cuales desde el año 2010 han observado tasas de crecimiento importantes (Ver Sección 3.3.7 sobre Generación Distribuida).

GRÁFICA 19. CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS, 2005 - 2014
(MW y GWh/ año)



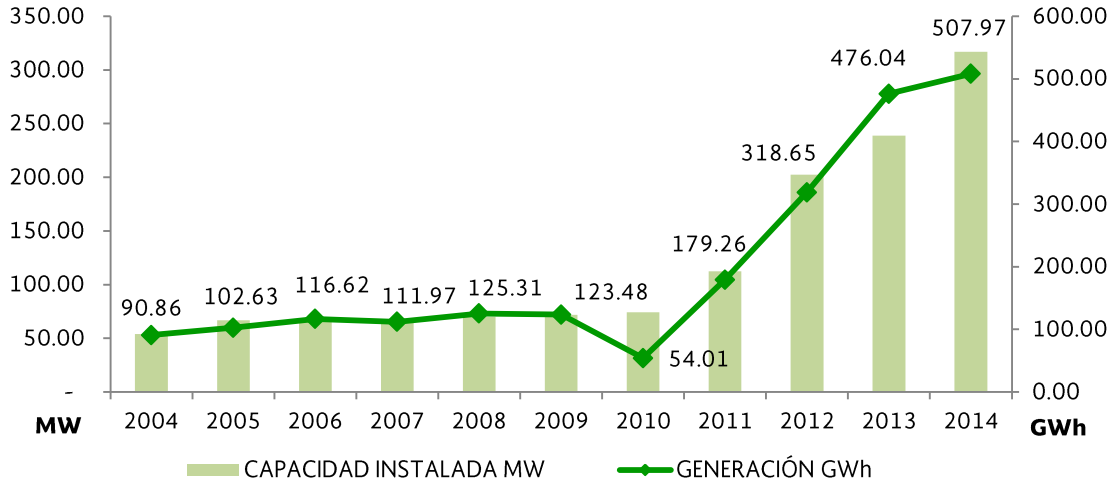
Fuente: SENER, Balance Nacional de Energía 2014

3.3.5. Generación con Biomasa

El aprovechamiento tradicional de la biomasa en México está referido principalmente al uso de leña, carbón, residuos agrícolas y estiércol animal, destinados para cocinar o para generar calor en el sector residencial, aspectos que presentan una muy baja conversión energética de entre el 10 y 20%, representando un suministro insostenible.

El concepto moderno de biomasa involucra utilizar cualquier fuente de material orgánico para convertirlo directamente en energía eléctrica o combustibles líquidos, sólidos o gaseosos. Los registros actuales indican que la generación de energía eléctrica por biomasa se lleva a cabo a partir de bagazo de caña en ingenios azucareros. A pesar de que la generación de electricidad es aún limitada, se observa que desde el año 2003 se han registrado aumentos constantes en la generación de energía eléctrica a partir de esta fuente (Ver GRÁFICA 20).

GRÁFICA 20. CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE ELECTRICIDAD CON BAGAZO DE CAÑA 2004 – 2014
(MW y GWh)

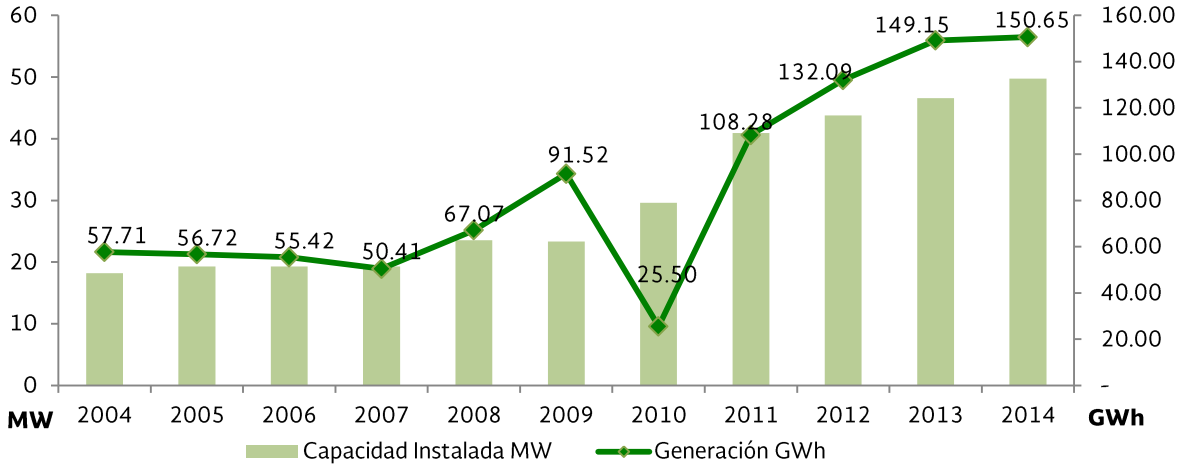


Fuente: SENER con información de CFE y CRE

3.3.6. Generación con biogás

El biogás se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas. El componente energético del biogás es el metano o biometano (CH4) producido en rellenos sanitarios y en biodigestores para estiércol o para el tratamiento de residuos orgánicos. Aunque existe una tendencia incremental evidente en la generación eléctrica a partir de biogás, el desarrollo es aún limitado (Ver GRÁFICA 21).

GRÁFICA 21. CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA Y GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOGÁS, 2004 – 2014
(MW y GWh/ año)

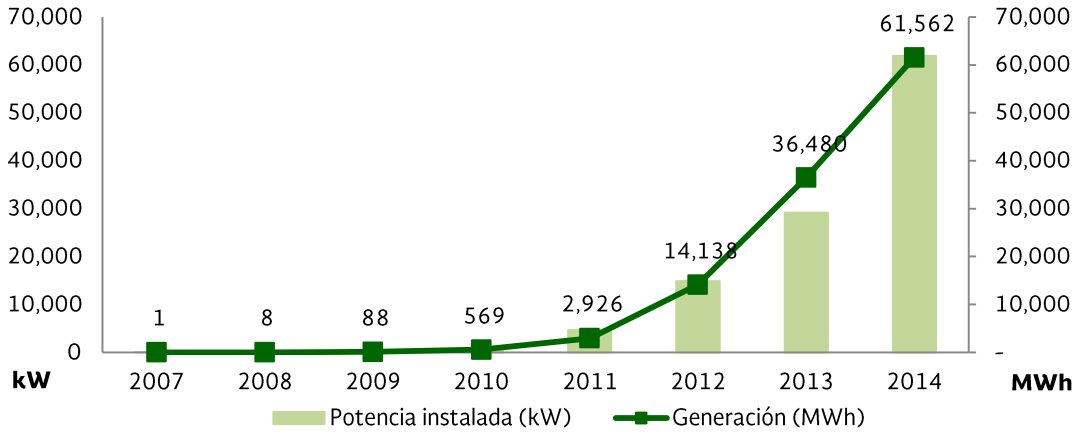


Fuente: SENER con información de la CRE

3.3.7. Generación Distribuida

Al cierre del 2014, la CRE reporta una capacidad instalada de 61,896 kW para sistemas de generación distribuida, representando una generación de 61,562 MWh. La dinámica de crecimiento se puede observar en la GRÁFICA 22 para el periodo 2007-2014 en la que se nota un crecimiento exponencial, el cual en los últimos tres años muestra una tasa promedio de crecimiento anual del 142%.

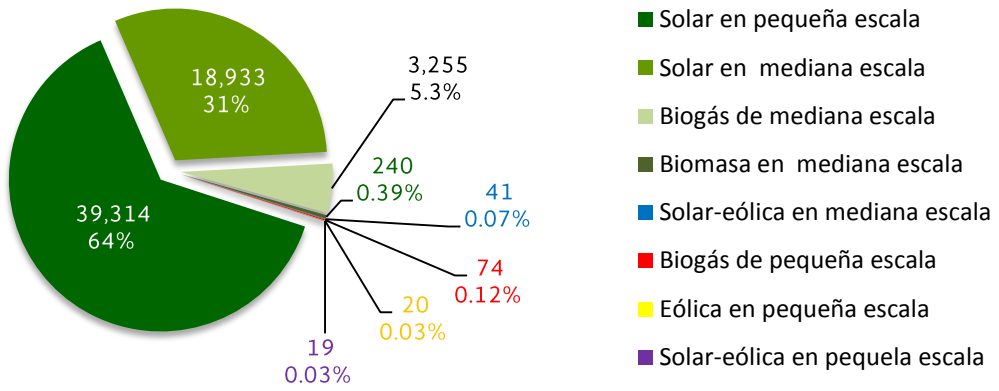
GRÁFICA 22. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA, 2007 - 2014



Fuente: SENER con información de CFE y CRE

Como se puede observar en la GRÁFICA 23, actualmente la generación distribuida en México recae principalmente en la tecnología solar fotovoltaica en instalaciones de menos de 30 kW (Pequeña escala bajo el régimen de Contratos de Interconexión Legados) o mayores a 30 kW y menores a 500 kW (Mediana escala bajo el régimen de Contratos de Interconexión Legados). En el primer caso, se trata de usuarios del sector residencial o de pequeñas o medianas empresas conectadas a una red de baja tensión, mientras que en el segundo, de pequeñas o medianas empresas conectadas a una red en media tensión. En orden de magnitud, le sigue la generación de energía eléctrica a partir del biogás y la biomasa en proyectos de mediana escala bajo el régimen de Contratos de Interconexión Legados. Aunque con una contribución marginal todavía, también se observa la existencia de proyectos que combinan el uso de dos tecnologías (solar – eólico), además de aerogeneradores y equipos para el aprovechamiento del biogás en pequeña escala.

GRÁFICA 23. DISTRIBUCIÓN DE LOS CONTRATOS DE INTERCONEXIÓN LEGADOS BAJO ESQUEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA, 2014
(kW y %)



Fuente: SENER con información de CFE y CRE

3.4. Bioenergéticos para el sector transporte

México ha aumentado el esfuerzo para impulsar el aprovechamiento de bioenergéticos para su uso en transporte. El desarrollo de los biocombustibles se ve reflejado en los permisos solicitados para su producción, comercialización y transporte. A octubre del 2015 se han otorgado 48 permisos, de los cuales 21 son para biodiesel, 24 para Etanol anhidro y 3 para ambos biocombustibles. Asimismo, se han otorgado 22 avisos de producción menor a 100 litros por día, de los cuales 21 son para biodiesel y solamente 1 para etanol anhidro. Los 70 procedimientos se encuentran ubicados en 22 entidades federativas (Ver TABLA 22).

TABLA 22. RELACIÓN DE PERMISOS Y AVISOS PARA BIOCOMBUSTIBLES

Entidades	Tipo de Trámite		Tipo de Biocombustible		Objeto del Permiso		
	Permiso	Aviso	Etanol anhidro	Biodiesel	Producción	Comercialización	Transporte
Aguascalientes	0	1	0	1	0	0	0
Baja California	1	0	1	1	0	1	0
Chihuahua	0	1	0	1	0	0	0
Chiapas	3	2	1	4	1	2	0
Coahuila	1	1	1	1	0	1	0
Colima	3	1	1	4	0	3	0
Distrito Federal	3	1	1	3	0	3	0
Guerrero	1	1	0	2	0	1	0
Guanajuato	2	1	1	2	0	2	0
Jalisco	6	0	6	1	2	4	0
Estado de México	1	2	0	3	0	1	0
Nuevo León	4	2	0	6	0	4	0
Oaxaca	1	1	1	1	0	1	0
Puebla	1	2	1	2	0	1	0
Querétaro	1	1	1	1	0	1	0
Quintana Roo	1	1	0	2	0	1	0
Sinaloa	2	0	2	0	0	2	0
San Luis Potosí	2	0	0	2	0	1	1
Tabasco	1	1	0	2	1	1	0
Tamaulipas	3	0	1	2	0	2	1
Veracruz	9	1	10	0	1	7	1
Yucatán	2	2	0	4	0	2	0
Totales	48	22	28	45	5	41	3

Fuente: SENER

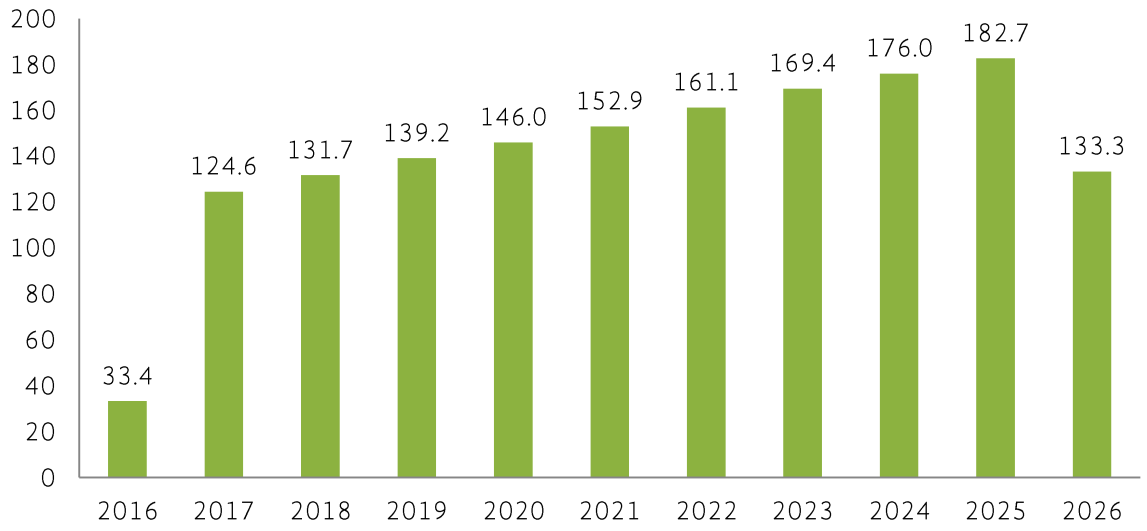
3.4.1. Etanol Anhidro

La implementación de la Ley de Promoción de los Bioenergéticos (LPDB) ha permitido realizar una prueba de concepto para introducir etanol anhidro en gasolinas, con el fin de iniciar de manera ordenada y sustentable el uso de etanol como combustible automotriz, la CIB determinó realizar en PEMEX una prueba de concepto de introducción de etanol anhidro al 5.8% (E6) en gasolinas Magna para impulsar proyectos que abastezcan este biocombustible en los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. Para la producción de este bioenergético se consideran como insumos la caña de azúcar y el sorgo grano.

La GRÁFICA 24 muestra el programa de trabajo de la Prueba de Concepto, el cual involucra el crecimiento anual en la producción e introducción de cantidades programadas de etanol hasta alcanzar al final del periodo un mínimo de 1,536 y hasta un máximo de 2,221.5 millones de litros de consumo de este bioenergético.

Los resultados de esta prueba impulsarán el uso de bioenergéticos para el transporte en México y promoverán inversiones agrícolas y en nuevas tecnologías para obtener los insumos necesarios en la producción de bioenergéticos.

GRÁFICA 24. VOLÚMENES PREVISTOS DE ETANOL ANHIDRO EN GASOLINAS EN EL PERIODO 2016 - 2026
(Millones de litros)



Fuente: PEMEX

3.4.2. Biodiesel

Este bioenergético es utilizado generalmente en mezclas con diésel en proporciones de 5%, 10%, 15%, 20%, o hasta 25% en otros países. También se utiliza como aditivo para mejorar la lubricidad del Diésel Ultra Bajo Azufre (UBA) en sustitución de los aditivos químicos. Los principales insumos para la producción de biodiesel son aceites vegetales provenientes de las semillas de jatropha, higuerilla y aceite de palma; aceites vegetales usados (domésticos o industriales) y grasas animales.

La producción de biodiesel en México se encuentra atomizada en pequeños productores con umbrales de producción menor a 500 litros por día. Existen registrados 45 permisos y avisos relacionados con este biocombustible, de los cuales 11 se otorgaron durante 2015 (Ver TABLA 23).

TABLA 23. AVISOS Y PERMISOS DE BIOENERGÉTICOS DEL TIPO BIODIESEL
Al 2° semestre de 2015

Número de avisos y permisos	Objeto	Bioenergético
18	Comercialización	Biodiesel
3	Comercialización	Etanol anhidro y Biodiesel
22	Producción	Biodiesel
2	Transporte	Biodiesel

Fuente: SENER

3.4.3. Bioturbosina

El transporte aéreo es causante de aproximadamente el 3% de las emisiones de gases de efecto invernadero, pero por la altura en que éstas se realizan, se considera que tienen un potencial de calentamiento global mucho mayor. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) han identificado el uso de bioturbosina como una medida de mitigación del cambio climático en el transporte aéreo. Sin embargo los precios de producción siguen siendo varias veces mayores que el costo de producción de la turbosina a partir de fuentes fósiles. Se estima a nivel mundial que para tener un mercado viable de este biocombustible es necesario cubrir 15% de sustitución, lo que para México representaría cerca de 700 millones de litros al año.

La bioturbosina es un biocombustible que puede ser elaborado principalmente a partir de oleaginosas y de grasas animales. En México, Aeropuertos y Servicios Auxiliares, realizó la iniciativa "Plan de Vuelo, Hacia los Biocombustibles Sustentables de Aviación en México" durante 2010 y 2011, consistente en efectuar 36 vuelos utilizando bioturbosina producida con materia prima mexicana. Sin embargo, la producción industrial aún no resulta atractiva debido a altos costos relacionados con la escala de producción que requieren pruebas aisladas, como lo muestra la TABLA 24 en el que puede verse la evolución de los precios de ambos combustibles: En 2011 la bioturbosina costaba 4.9 veces más que la turbosina, y a pesar de una reducción del 60% en el precio del biocombustible, en 2014 sigue costando 3.6 veces más, debido a las baja de precios del petróleo.

TABLA 24. EVOLUCIÓN DE PRECIOS DE BIOTURBOSINA Y TURBOSINA
($MN/litro)

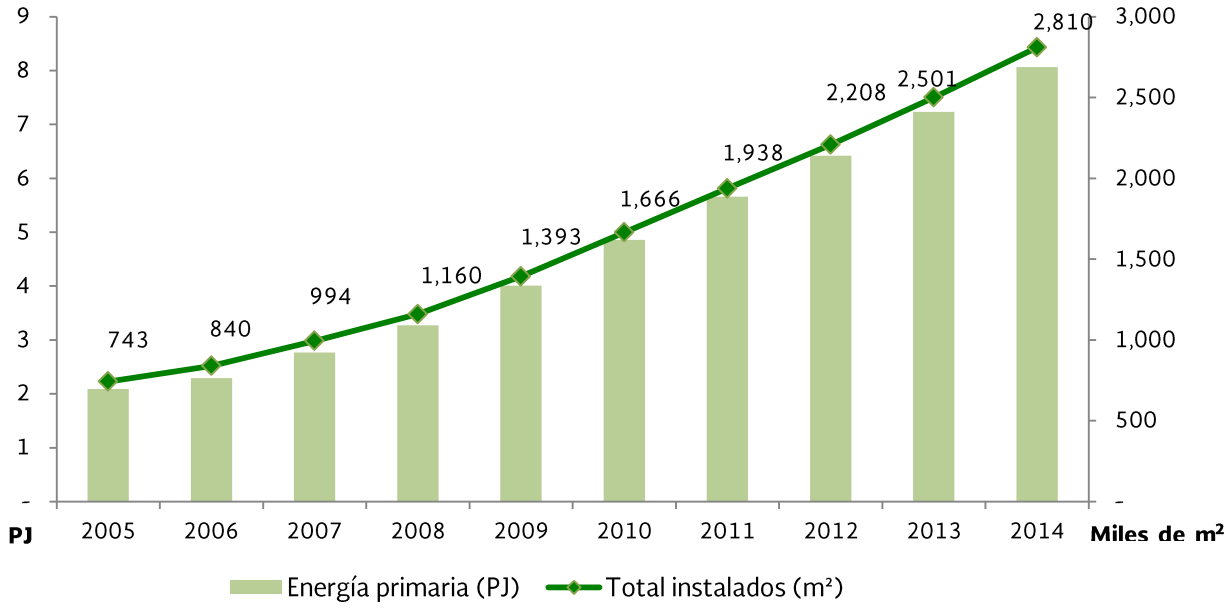
	2011	2012	2013	2014	2015
Bioturbosina*	$60.00	N/D	N/D	N/D	$25.00
Turbosina	$12.23.	$11.91	$12.29	$7.56	$7.00

*Precio de referencia de acuerdo al estudio de mercado realizado por ASA
Fuente: ASA, PEMEX 2015.

3.5. Comportamiento histórico de las Energías Renovables en aplicaciones térmicas

Como se muestra en la GRÁFICA 25, el calentamiento solar de agua en México ha mostrado una tendencia creciente en los últimos 10 años. Desde la implementación del Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua (Procalsol) en el año 2007 hasta la culminación de su primera fase en el año 2012 se logró instalar una superficie acumulada de alrededor de 1.4 millones de metros cuadrados (m^2), principalmente en el sector residencial. Durante 2013 y 2014, se ha logrado mantener una tasa de crecimiento de alrededor de 300 mil metros cuadros al año, cifra que es superior a la tasa de crecimiento anual observada en los últimos tres años de implementación del Procalsol. En términos energéticos, este aumento en la superficie de calentadores solares de agua ha permitido incrementar el aprovechamiento de la energía solar para aplicaciones térmicas de 2 PJ en el año 2005 a 8 PJ en el año 2014.

GRÁFICA 25. EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA, 2005 - 2014
(PJ y miles de m²)



Fuente: SENER, Balance Nacional de Energía 2014

ESCENARIOS DE PARTICIPACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES 2015-2029

4.1. Escenario para la generación de energía eléctrica

El escenario para el desarrollo de las energías renovables en México en los próximos 15 años retoma el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE), así como los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución contenidos en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2015 – 2029. Adicionalmente, se presenta una visión alternativa a la planteada por el PRODESEN para el desarrollo de la generación eléctrica a partir de los recursos geotérmicos, tomando en consideración los acontecimientos recientes y esperados en el marco de la implementación de la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento. Finalmente, este ejercicio de planeación retoma de manera indicativa el escenario de generación distribuida, planteado en la edición anterior de esta Prospectiva de Energías Renovables (2014 – 2028).

4.1.1. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2015 - 2029

Principales supuestos

En la TABLA 25 se muestran los principales supuestos de crecimiento económico, de precios de combustibles y de demanda y de consumo de energía eléctrica, considerados en las bases de planificación del PRODESEN. Para ello, se consideraron tres posibles escenarios: a) bajo, b) planeación y c) alto.

Los supuestos de crecimiento económico consideran la evolución del Producto Interno Bruto (PIB) y su proyección en el periodo 2015 - 2029, misma que se estimó en 4% promedio anual para el escenario de planeación. En lo que respecta a los precios de combustibles, se tomaron en cuenta los pronósticos de precios del crudo West Texas Intermediate (WTI), de crudos de exportación (mezcla mexicana) y del gas natural del sur de Texas, mismos que se ubicaron en una tasa media de crecimiento anual de 6.8%, 7.6% y 2.9%, respectivamente para los próximos 15 años. El pronóstico de la demanda y el consumo de energía eléctrica fue elaborado por el CENACE y se ubicó en 4% y 3.5%, respectivamente en el escenario de planeación.

TABLA 25. ESCENARIOS DE PLANIFICACIÓN DEL PRODESEN, 2015 - 2029
(%)

	Bajo	Planeación	Alto
Producto Interno Bruto	2.9	4.0	5.0
West Texas Intermediate	3.1	6.8	9.4
Mezcal mexicana	3.9	7.6	10.2
Gas natural	0.3	2.9	5.5
Demanda máxima	3.0	4.0	5.0
Consumo bruto	2.8	3.5	4.6

Fuente: SENER

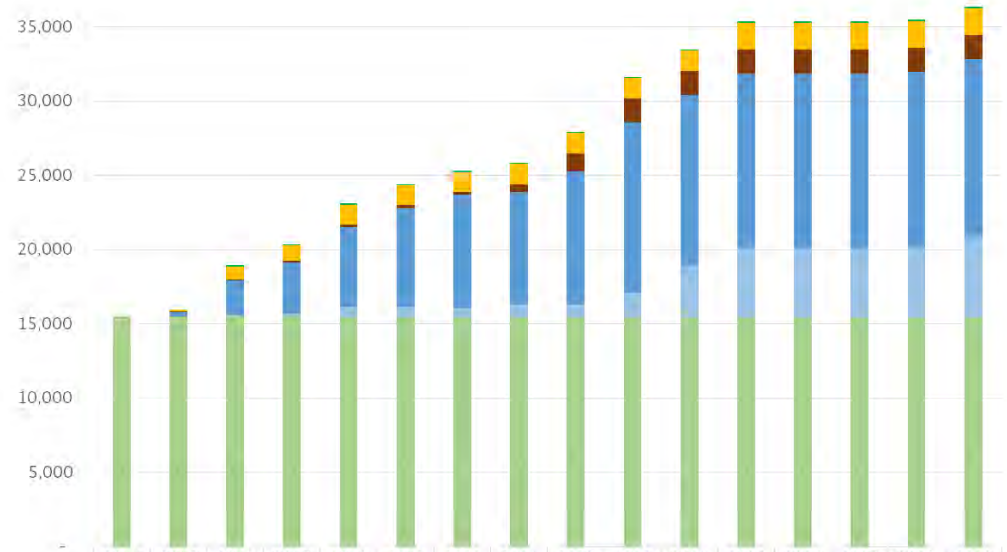
El PRODESEN realiza la expansión de capacidad del sistema a partir de la combinación óptima de nuevas inversiones en generación y transmisión, que minimicen el valor presente neto de los costos totales del SEN.

Otro de los elementos principales que incorpora el PRODESEN en materia de energías renovables y otras tecnologías limpias son los requerimientos para el año 2018 de los Certificados de Energías Limpias, los cuales se han fijado en 5% del total de la energía eléctrica que será consumida durante el mismo año (Para más información en este sentido se sugiere consultar la Sección 1.3.2. "Instrumentos Económicos" de este documento").

Evolución de la capacidad y generación con energías renovables 2015 - 2029

Como se puede observar en la GRÁFICA 26, la capacidad instalada en energías renovables se incrementará en 20,869 MW en el periodo prospectivo, es decir, un crecimiento de alrededor de 134% respecto al año base (2014). Las principales adiciones de capacidad tendrán lugar en proyectos de energía eólica con adiciones cercanas a los 12,000 MW (alrededor de 6 veces más respecto a la capacidad instalada en esta tecnología en el año base). En orden de importancia, le siguen los proyectos hidroeléctricos, los cuales habrán adicionado alrededor de 5,450 MW, aunque estas adiciones solo representaran un crecimiento del 43.84% respecto a la capacidad instalada en 2014. Hacia el año 2029, las centrales solares y proyectos geotermoeléctricos habrán adicionado una capacidad similar con 1,822 MW y 1,618 MW, respectivamente. No obstante, la energía solar concentra las mayores adiciones de capacidad en el periodo 2015 – 2018, mientras que los proyectos geotermoeléctricos lo harán en el periodo 2021 – 2023. Finalmente, los proyectos que aprovechan la biomasa tendrán un crecimiento moderado en comparación del resto de las tecnologías, registrando hacia el final del periodo adiciones de capacidad por únicamente 108 MW, principalmente en 2016 y al final del periodo prospectivo.

GRÁFICA 26. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA CON ENERGÍAS RENOVABLES EN PRODESEN, 2015 – 2029
(MW)



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Total	15,515	15,972	18,955	20,364	23,109	24,424	25,315	25,867	27,944	31,628	33,494	35,375	35,375	35,375	35,476	36,384
Bioenergía		-	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	108
Solar		132	856	1,035	1,341	1,341	1,341	1,371	1,371	1,371	1,371	1,792	1,792	1,792	1,822	1,822
Geotérmica		53	112	112	166	193	193	525	1,248	1,618	1,618	1,618	1,618	1,618	1,618	1,618
Eólica		293	2,309	3,479	5,383	6,670	7,591	7,591	8,944	11,463	11,463	11,749	11,749	11,749	11,749	11,952
Hidroeléctrica		-	116	176	677	677	677	867	870	1,665	3,531	4,704	4,704	4,704	4,775	5,450
Renovables (En operación a 2014)	15,515	15,495	15,485	15,485	15,465	15,465	15,435	15,435	15,435	15,435	15,435	15,435	15,435	15,435	15,435	15,435

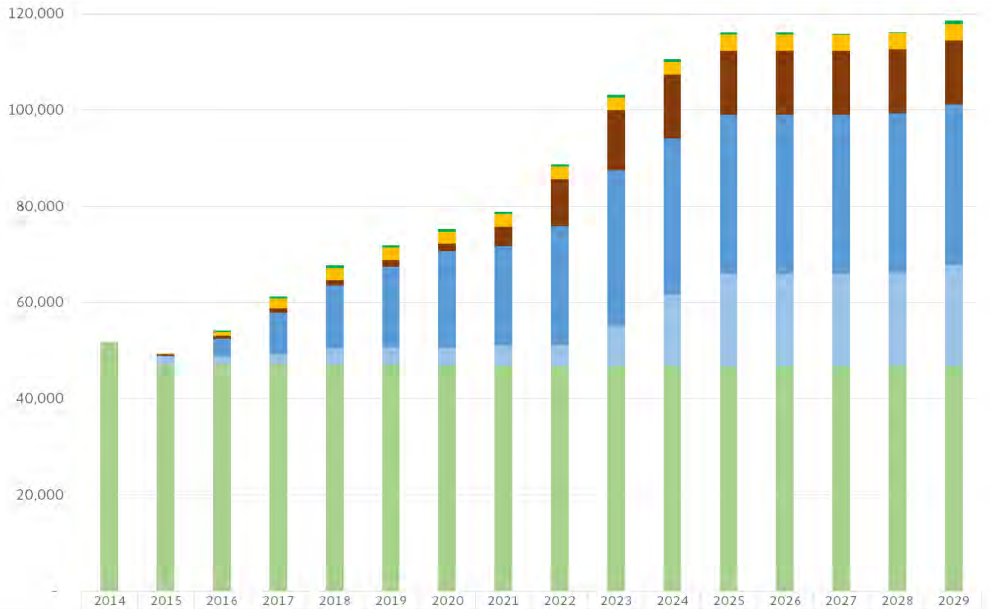
Fuente: SENER

En términos de generación de energía eléctrica, las energías renovables aumentarán en 128.86% su participación respecto a la generación con este tipo de fuentes en el año 2014 (Ver GRÁFICA 27). A pesar

de que en términos de generación se mantiene la misma tendencia respecto a las adiciones de capacidad, es importante resaltar que la menor tasa de crecimiento observada en esta generación adicional se debe a la variabilidad de algunas tecnologías como la solar y eólica, a pesar de que otros proyectos renovables como las plantas geotermoeléctricas o las hidroeléctricas permiten compensarla, aportando potencia firme al SEN. De esta forma, y a pesar que en conjunto las plantas geotermoeléctricas e hidroeléctricas representan alrededor del 60% de las adiciones en capacidad eólica hacia el año 2029, su generación anual superará incluso a la de la energía eólica en ese mismo año.

GRÁFICA 27. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES EN PRODESEN, 2015 – 2029

(GWh/ año)



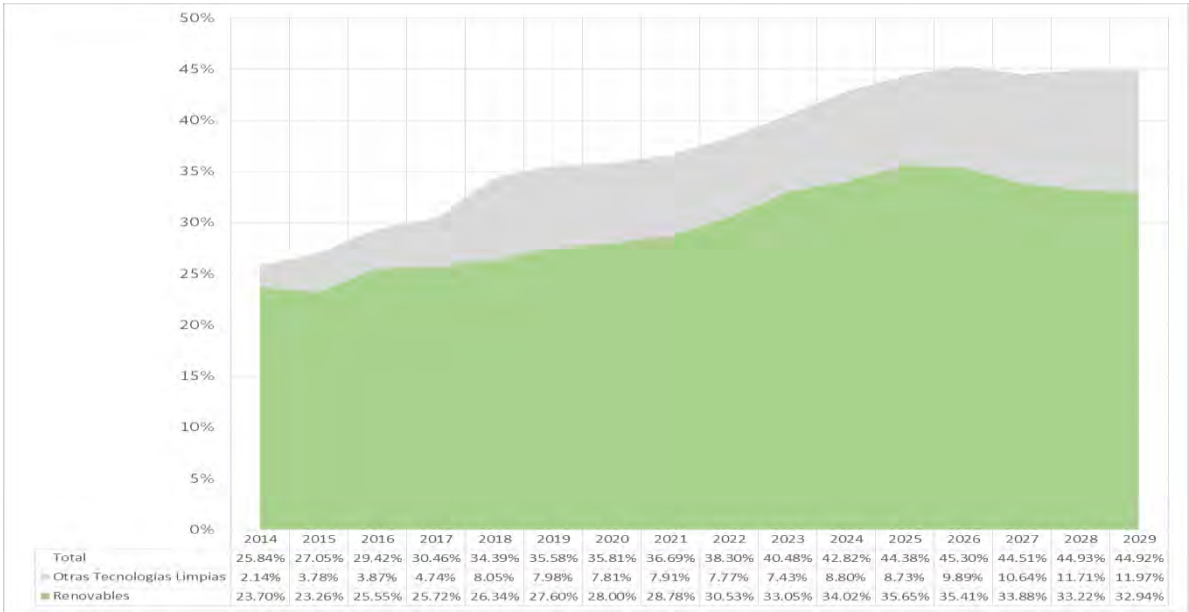
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Total	51,814	49,300	54,177	61,257	67,720	71,935	75,276	78,902	88,738	103,184	110,589	116,204	116,205	115,818	116,158	118,585
Bioenergía		-	312	509	509	509	510	509	509	509	510	509	509	171	143	640
Solar		28	779	1,984	2,547	2,567	2,575	2,620	2,620	2,620	2,628	3,353	3,354	3,354	3,444	3,434
Geotérmica		382	602	883	1,043	1,469	1,526	3,973	9,666	12,583	13,253	13,217	13,217	13,167	13,186	13,217
Eólica		177	3,595	8,580	13,160	16,685	20,074	20,640	24,771	32,432	32,522	33,109	33,109	33,109	33,200	33,589
Hidroeléctrica		1,400	1,632	2,092	3,372	3,654	3,657	4,326	4,338	8,205	14,800	19,183	19,183	19,183	19,310	20,872
Renovables (En operación a 2014)	51,814	47,312	47,257	47,208	47,089	47,050	46,935	46,834	46,834	46,834	46,876	46,834	46,834	46,834	46,874	46,834

Fuente: SENER

Contribución al cumplimiento de metas de capacidad y generación

Otro aspecto importante del análisis de adiciones de capacidad de energía renovables en PRODESEN es su contribución al cumplimiento de metas establecidas en el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014 – 2028 (PEAER). De Acuerdo con el PEAER, el indicador 1 establece que el porcentaje de capacidad instalada con energías renovables y tecnologías limpias se habrá incrementado de 24.8% en 2013 a 34.6% en 2018. De forma similar, el PEAER en su indicador 2 establece que el porcentaje de capacidad instalada con proyectos de energía renovable se deberá incrementar de 25.32% en el año 2012 a por lo menos 32.8% en el año 2018. Finalmente, el indicador 10 establece que para el año 2018, la capacidad instalada en proyectos de cogeneración eficiente aumentará de 0 MW en el año 2012 a una capacidad acumulada de 1,480 MW en 2018. Como se muestra en la GRÁFICA 28, las energías renovables y las tecnologías limpias representarán 34.39% de la capacidad total instalada en el SEN.

GRÁFICA 28. EVOLUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA CON ENERGÍAS RENOVABLES Y OTRAS TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN PRODESEN, 2015 - 2029



Fuente: SENER

La TABLA 26 adicionalmente muestra el nivel de cumplimiento de las adiciones de capacidad en PRODESEN respecto a las que sirvieron para el cálculo de los indicadores del PEAER. Como se puede observar, la capacidad en proyectos hidroeléctricos sería alcanzada en el año establecido (2018), mientras que el indicador 10 y la capacidad solar serían alcanzados de manera anticipada en los años 2017 y 2016, respectivamente. La capacidad acumulada en proyectos eólicos y geotermoeléctricos sería cumplida hasta los años 2020 y 2021, respectivamente.

TABLA 26. CUMPLIMIENTO DE METAS DE CAPACIDAD DEL PEAER EN PRODESEN, 2018
(MW)

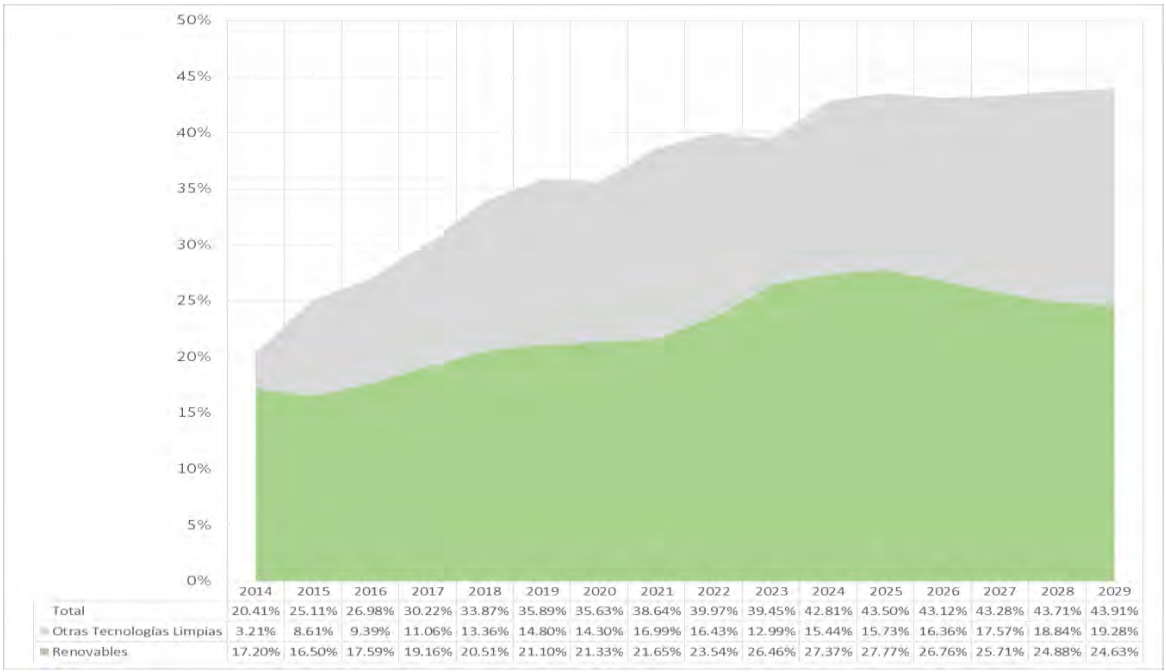
	PEAER	PRODESEN	AÑO CUMPLIMIENTO EN PRODESEN
Indicador 10: Capacidad con cogeneración eficiente	1,480	1,909	2017
Capacidad solar	614	911	2016
Capacidad en bioenergía	785	258 (288 en 2029)	Posterior a 2029
Capacidad hidroeléctrica	13,031	13,106	2018
Capacidad eólica	8,922	9,628	2020
Capacidad geotermoeléctrica	1,018	1,259	2021

Fuente: SENER

Por otro lado, la Ley de Transición Energética (LTE) y la Ley General de Cambio Climático (LGCC) establecen que para el año 2024 por lo menos 35% de la generación de energía eléctrica provendrá de energías limpias. Asimismo, la LTE establece una meta intermedia de 30% para el año 2021. Por su parte el PEAER establece en su indicador 3 que para el año 2018 por lo menos 24.9% de la generación total deberá provenir de energías renovables, además de que en su indicador 6 quedó establecido que la generación acumulada de energía eléctrica mediante bioenergía alcanzará 2,142 GWh/ año en 2018.

Como se puede observar en la GRÁFICA 29, la evolución del escenario de energías renovables y otras tecnologías limpias en PRODESEN permitiría alcanzar 33.87% en 2018, 38.64% en 2021 y 42.81% en 2024, cifras que sobrepasan las metas establecidas en los mismos años. La generación con energías renovables alcanzaría 20.51% en el 2018.

GRÁFICA 29. EVOLUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LA GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES Y OTRAS TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN PRODESEN, 2015 - 2029



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Total	20.41%	25.11%	26.98%	30.22%	33.87%	35.89%	35.63%	38.64%	39.97%	39.45%	42.81%	43.50%	43.12%	43.28%	43.71%	43.91%
Otras Tecnologías Limpias	3.21%	8.61%	9.39%	11.06%	13.36%	14.80%	14.30%	16.99%	16.43%	12.99%	15.44%	15.73%	16.36%	17.57%	18.84%	19.28%
Renovables	17.20%	16.50%	17.59%	19.16%	20.51%	21.10%	21.33%	21.65%	23.54%	26.46%	27.37%	27.77%	26.76%	25.71%	24.88%	24.63%

Fuente: SENER

La TABLA 27 muestra el nivel de cumplimiento en PRODESEN respecto a la generación con energías renovables que sirvió para el cálculo de los indicadores del PEAER. Como se puede observar, la generación hidroeléctrica sería alcanzada en el año establecido (2018), mientras que la generación solar lo haría de manera anticipada en el año 2017. La generación en proyectos eólicos y geotermoeléctricos lo harían en el año 2019.

TABLA 27. CUMPLIMIENTO DE METAS DE GENERACIÓN DEL PEAER EN PRODESEN, 2018
(GWh/ año)

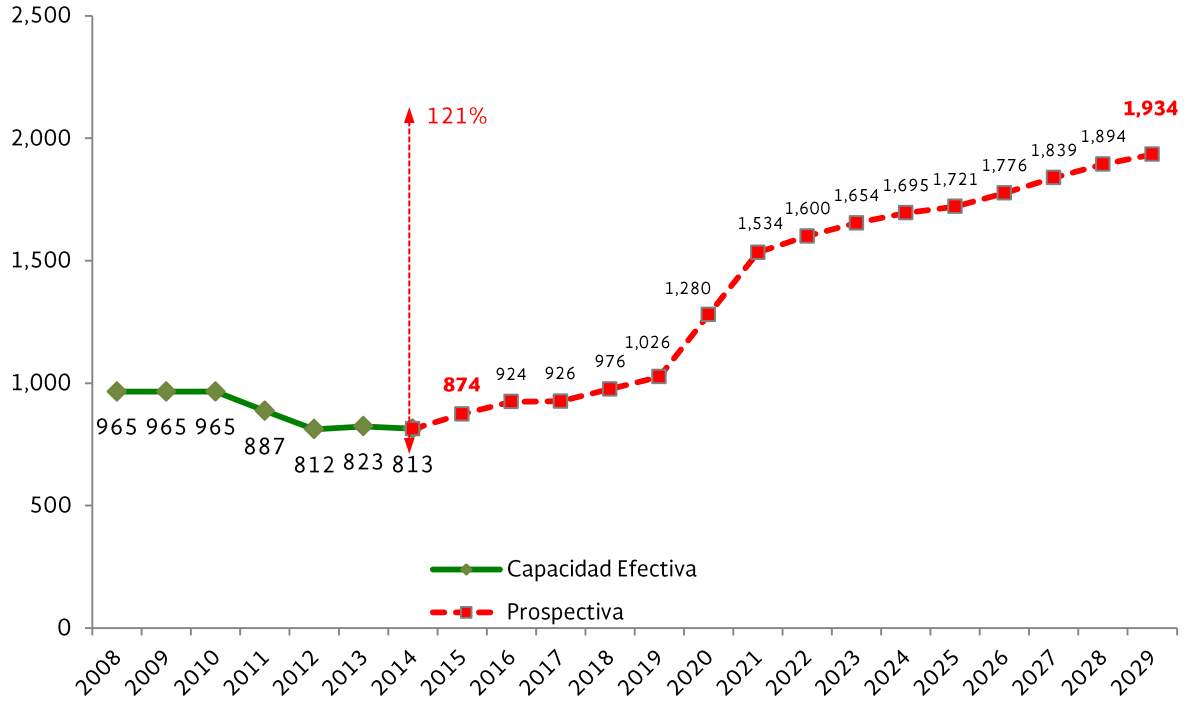
	PEAER (2018)	PRODESEN	AÑO CUMPLIMIENTO EN PRODESEN
Indicador 6: Generación con bioenergéticos	2,142	982 (1,113 en 2029)	Posterior a 2029
Cogeneración eficiente	10,372	22,011	2017
Generación solar	1,343	2,670	2017
Generación hidroeléctrica	35,844	36,992	2018
Generación eólica	27,355	20,029	2019
Generación geotermoeléctrica	7,135	7,048	2019

Fuente: SENER

4.1.2. Escenario esperado de la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento

Con la entrada en vigor del nuevo marco regulatorio para los recursos geotérmicos, la industria se ha visto renovada por el interés en el desarrollo y aprovechamiento de los recursos geotérmicos del país. En tan solo 16 meses, a través del régimen transitorio definido por la Ley de Energía Geotérmica se han otorgado 6 concesiones para la explotación de recursos geotérmicos, de las cuales 2 se relacionan con proyectos totalmente nuevos, y 15 permisos de exploración distribuidos en 10 estados de la República. Asimismo, deben mencionarse los 77 MW adicionales que la CFE planea instalar en el corto plazo en sus 4 campos geotérmicos en operación, los cuales, sumados al potencial otorgado en los 15 permisos y las 2 nuevas concesiones, podrían representar un incremento de hasta el 75% en la capacidad efectiva. Por otra parte, existe la expectativa de que durante 2016 y 2017 se otorguen 16 permisos adicionales de exploración, con posibilidad de aumentar la capacidad de generación en otros 228 MW, y que en el mediano plazo CFE pudiera incrementar la capacidad de sus campos geotérmicos en otros 168 MW. Todas estas expectativas de crecimiento se observan en la GRÁFICA 30 y producirían un crecimiento del 121% en los próximos 15 años.

GRÁFICA 30. CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA Y EXPECTATIVAS DE CRECIMIENTO DE LA GEOTERMIA, 2015-2029
(MW)



Fuente: SENER

4.1.3. Escenario de generación distribuida 2015 – 2028

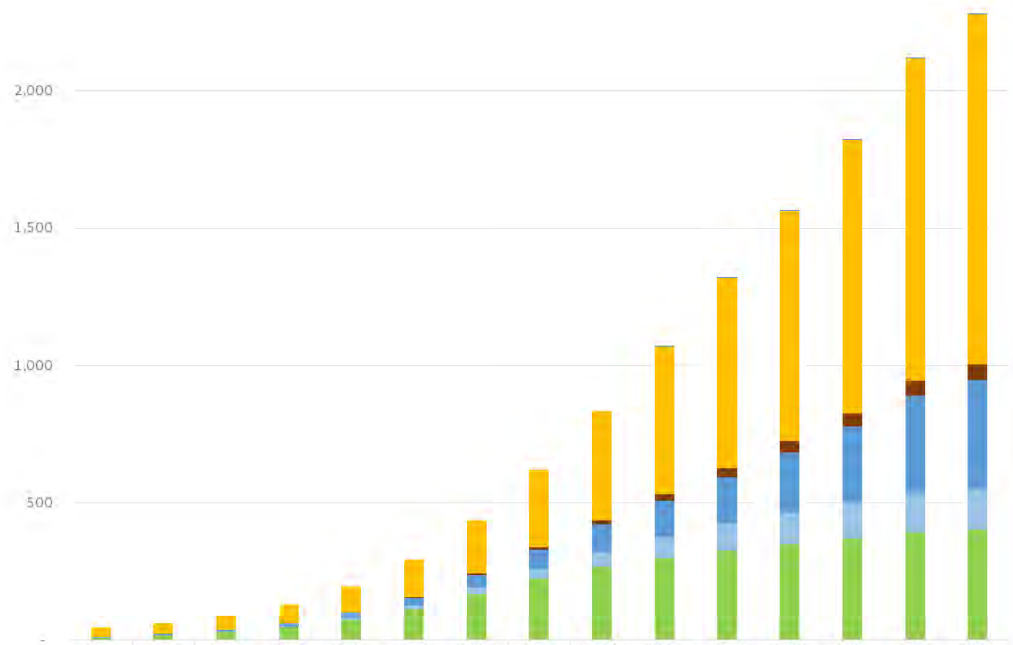
En esta sección se presenta de forma indicativa[6] un elemento adicional a la planeación incluida en el PRODESEN, es decir, un escenario para el desarrollo de las energías renovables bajo esquemas de generación distribuida. Debido a que la regulación aplicable a estos esquemas todavía se encuentra en proceso de

[6]Es importante resaltar que la generación distribuida permite desplazar el consumo de electricidad que de otra forma hubiera sido servido por otras centrales de generación. De esta manera, las adiciones de capacidad planteadas en esta sección solo deben entenderse como un ejercicio informativo y no como una adición de capacidad al escenario planteado en el PRODESEN.

elaboración por la CRE, el escenario presentado en esta sección corresponde al publicado en la Prospectiva de Energías Renovables 2014 – 2028. El principal impulsor de este escenario es la evolución esperada de costos de las tecnologías en el periodo de análisis, así como sus tasas de penetración que han sido observadas a nivel internacional. No obstante, este escenario no considera aspectos relacionados con la disponibilidad de infraestructura a nivel distribución, así como otros aspectos necesarios para garantizar la confiabilidad, estabilidad y seguridad de la misma.

El escenario prevé que la capacidad instalada con energías renovables crecerá 2,233 MW en el periodo 2014 - 2028. La energía solar fotovoltaica registraría el crecimiento más importante con un total de 1,273 MW, es decir, 55.44% de las adiciones totales de capacidad en energías renovables. El resto de la capacidad adicional estaría concentrada en proyectos de bioenergía, pequeños aerogeneradores y proyectos hidroeléctricos menores a 30 MW. La bioenergía y los pequeños aerogeneradores, alcanzarían una adición de capacidad muy similar hacia el año 2028 (alrededor de 400 MW cada uno). No obstante, se prevé un crecimiento más acelerado para la bioenergía a partir del año 2019. La energía geotérmica de baja entalpía alcanzaría una participación moderada, en comparación con el resto de las tecnologías, con una capacidad acumulada de 57 MW hacia el final del periodo.

GRÁFICA 31. ESCENARIO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA, 2014 – 2028
(MW)



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Total	46	63	88	130	195	293	437	621	833	1,070	1,318	1,562	1,821	2,120	2,279
Solar CSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.13	0.26	0.54	0.91	1.10
Solar FV	35	41	51	68	94	134	195	282	398	539	692	838	993	1,175	1,273
Geotermia	0	0	0	1	2	3	6	9	14	22	31	41	49	54	57
Eólica	2	4	6	11	18	29	46	70	101	134	170	216	275	353	395
Hidroeléctrica ≤ 30 MW	0	1	2	5	8	14	22	34	52	75	100	118	131	144	150
Bioenergía	9	17	28	46	73	112	169	225	268	300	325	349	372	393	402

Fuente: SENER.

4.1.4. Principales conclusiones y resultados

El escenario de energías renovables y otras tecnologías limpias del PRODESEN ubica a México en el camino adecuado para dar cumplimiento con sus metas de largo plazo para una mayor participación de energías

limpias en la generación de energía eléctrica. Este escenario es congruente con la meta intermedia, recientemente adoptada con la aprobación de la LTE.

Una de las áreas de oportunidad identificadas en los siguientes ejercicios de planeación es mejorar la información sobre costos de inversión de las energías renovables, además de generar información que permita estimar los costos de su integración al Sistema Eléctrico Nacional.

En este sentido, y como la experiencia internacional señala en el Capítulo 2, será decisivo incorporar información más robusta sobre los costos de generación de las diferentes tecnologías de energías renovables, haciendo énfasis en las condiciones locales de México en la actualidad e incorporando los beneficios de las economías de escala y de la curva de aprendizaje en los próximos años. Asimismo, la incorporación de lecciones aprendidas y el entendimiento adecuado sobre los costos de integración de las energías renovables del tipo variable como la solar y eólica será un elemento indispensable para incorporar de forma más eficiente una mayor cantidad de energía renovable. Adicionalmente, el diseño e implementación de instrumentos económicos complementarios a los ya existentes en el país sería deseable para acelerar el desarrollo de las energías renovables en México.

Por otro lado, y como se señala en el Capítulo 3, México cuenta con recursos renovables (probados y probables) que podrían contribuir de forma importante a cumplir, o incluso superar, las metas establecidas en el PEAER. Es imperativo armonizar los ejercicios de planeación de los Programas de Expansión de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución para reforzar o construir nuevos proyectos en zonas promisorias para el desarrollo de proyectos de energía renovable.

Respecto a la geotermia, el avance indudable que representa para esta tecnología la Ley de Energía Geotérmica permitirá prever con mayor certidumbre las inversiones y el crecimiento en generación eléctrica en este campo; y la publicación de lineamientos sobre usos directos hará posible el nacimiento de un sector económico renovable de alto potencial.

Finalmente, la generación distribuida puede jugar un rol decisivo para alcanzar las metas de mediano plazo del PEAER. Este tipo de generación es particularmente adecuada para acelerar el desarrollo de las energías renovables en México, no solo porque ayuda a reducir el consumo de energía que de otra manera hubiera sido generada en centrales convencionales, sino también porque ha permitido incorporar bloques importantes de capacidad en México en los últimos años. Sin embargo, es necesario elaborar escenarios de generación distribuida sobre la base de un ejercicio integral y no solo desde la perspectiva de costos de la tecnología. Esta será una de las mejores formas de despejar las dudas relacionadas con los sobrecostos que puedan ser atribuidos al manejo de la energía eléctrica producida bajo estos esquemas, especialmente para garantizar la estabilidad, seguridad y confiabilidad de las redes de distribución.

ANEXO 1. RESUMEN DE POLÍTICAS PARA LA PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

TABLA 28. MARCO LEGAL DE ENERGÍAS RENOVABLES.

Ordenamiento Legal	Objeto	Publicación
Ley de Promoción y Desarrollo de los Biocombustibles (LPDB)	Promueve la introducción de los bioenergéticos a la matriz energética bajo esquemas de desarrollo sustentable en la producción de insumos e incentivando el desarrollo regional y el de las comunidades rurales	01/feb/2008
Ley General de Cambio Climático (LGCC)	La LGCC busca establecer objetivos en las políticas públicas para la mitigación y adaptación al cambio climático; así como promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono	06/jun/2012
Ley de Industria Eléctrica (LIE)	Regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica.	11/ago/2014
Ley de Energía Geotérmica (LEG)	Regular el reconocimiento, la exploración y la explotación de recursos geotérmicos para el aprovechamiento de la energía térmica del subsuelo dentro de los límites del territorio nacional, con el fin de generar energía eléctrica o destinarla a usos diversos.	11/ago/2014
Ley de los Órganos Reguladores del Sector Energético: Comisión Reguladora de Energía y Comisión Nacional de Hidrocarburos. (CRE y CNH)	Tiene por objeto, regular la organización y funcionamiento de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética y establecer sus competencias. La CRE debe regular y promover el desarrollo eficiente de, entre otras cosas, el transporte por ductos, almacenamiento, distribución y expendio al público de bioenergéticos, la generación de electricidad, los servicios públicos de transmisión y distribución eléctrica, la transmisión y distribución eléctrica que no forma parte del servicio público y la comercialización de electricidad	11/ago/2014
Reglamento Interior de la Secretaría de Energía	Establece las obligaciones para los funcionarios públicos adscritos a la Secretaría de Energía.	31/oct/2014
Ley de Transición Energética (LTE)	Regula el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.	11/dic/2015

Fuente: SENER.

TABLA 29. POLÍTICAS PARA LA PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Instrumento	Objeto	Publicación
Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 (ENE)	Propicia la inclusión social a los beneficios del uso de la energía, la sustentabilidad a largo plazo del sector, y la mitigación de los impactos negativos de la producción y el consumo de energéticos, incluyendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	25/may/2013
El Programa Sectorial de Energía 2013-2018 (PROSENER)	En el PROSENER se expresan los objetivos, estrategias y líneas de acción de las dependencias y organismos del sector para la presente administración y establece la meta de llegar al 34.6% de capacidad instalada de generación eléctrica mediante energías renovables y tecnologías limpias en 2018 (línea base 2013 de 28.4%).	13/dic/2013
Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2018 (PEAER)	El PEAER, es el instrumento de planeación rector de la política pública de México en materia de Energías Renovables. Entre sus metas están el incrementar la participación de capacidad instalada con energías renovables y tecnologías limpias e incrementar el porcentaje de generación con energía renovable.	28/abr/2014
Programa de Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética PEFRHME	El PEFRHME tiene como objetivo contribuir a la captación, desarrollo y retención del talento necesario para la construcción de una industria energética nacional atractiva, dinámica y competitiva.	30/sep/2014
Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos (CIB)	Integrada por SAGARPA, SENER, SEMARNAT, SE y SHCP. Tiene por objeto coordinar las políticas de la Administración Pública Federal en materia de Bioenergéticos, y la elaboración de programas de corto, mediano y largo plazos, relacionados con la producción y comercialización de insumos, la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de Bioenergéticos.	30/sep/2014
Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios	Como una extensión del PRONASE, integra recomendaciones de política para impulsar la transición energética. Incluye una serie de acciones que el país podrá adoptar a mediano y largo plazo para desarrollar un mercado energético eficiente, una economía de bajo carbono y mejores condiciones de bienestar social, mediante corresponsabilidad de los tres niveles de Gobierno, el sector privado, la academia y la sociedad en general.	19/dic/2014
Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía (ENTEASE-2014)	Apoya la conducción de la política energética nacional para garantizar la seguridad energética y el desarrollo económico del país, tomando como punto de partida la sustentabilidad energética y la transición hacia una sustitución de energías fósiles, combustibles más baratos y más limpios.	Actualizada/2014

Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2015-2029 (PRODESEN)	En el PRODESEN se expresan los elementos relevantes de los programas indicativos para la instalación y retiro de centrales de generación eléctrica y los programas de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y de redes generales de distribución.	30/jun/2015

Fuente: SENER

TABLA 30. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA LA PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Instrumento	Objeto	Publicación
Deducción Inmediata (Ley del Impuesto sobre la Renta)	Estimular la inversión en proyectos de generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente, además de asegurar la operación de los proyectos por un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en que se efectué la deducción.	01/dic/2004 (Primera adición) 18/nov/2015 (última modificación)
Fondo sectorial SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética (FSE)	Tiene por objeto financiar investigaciones científicas, desarrollo tecnológico, innovación, registro nacional o internacional de propiedad intelectual, formación de recursos humanos especializados, becas, creación, fortalecimiento de grupos o cuerpos académicos o profesionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, divulgación científica, tecnológica e innovación y de la infraestructura que se requiera en temas de fuentes renovables de energía, eficiencia energética, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía.	04/ago/2008
Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía FOTEASE	Es un Fideicomiso público para financiar y potenciar la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías limpias y renovables; puede utilizar recursos para otorgar garantías de crédito u otro tipo de apoyos financieros para proyectos que cumplan con el objeto de la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.	25/feb/2009
Metodología de Externalidades	Instrumento creado inicialmente en el marco de la LAERFTE para calcular los impactos positivos o negativos de la generación eléctrica mediante las distintas tecnologías y retomado en la LTE para evaluar costos asociados a la operación y expansión de la industria eléctrica.	diciembre/2012
Unidad de Contenido Nacional y Fomento de Cadenas Productivas e Inversión en el Sector Energético	Creada para dar seguimiento a las estrategias para el fomento industrial de Cadenas Productivas locales y para el fomento en las industrias de Hidrocarburos y Eléctrica, y para proponer la metodología para medir el contenido nacional en Asignaciones y Contratos de Exploración y Extracción, así como en la industria eléctrica	11/ago/2014 (LIE y Ley de Hidrocarburos) 31/octubre/2014 (RLIE y RLH)

Instrumento	Objeto	Publicación
Fondo de Servicio Universal Eléctrico	Tiene como objetivo dotar de energía eléctrica a comunidades de zonas rurales y urbanas marginadas al menor costo para el país, promoviendo el uso de energías limpias, incluyendo el suministro de lámparas eficientes y el suministro básico a usuarios finales en condiciones de marginación.	30/Sep/2014
Certificados de Energías Limpias (CEL)	Contribuirán a diversificar la matriz energética a través de la integración de tecnologías limpias. Asimismo, fomentará la competencia en el sector eléctrico y promoverá la inversión en nuevos proyectos.	31/oct/2014 (Lineamientos) 31/mar/2015 (Requisitos de CEL para 2018)
Subasta de Largo Plazo para Potencia, Energía y CEL	Tiene como principales objetivos: cumplir requisitos de energías limpias y potencia; ofrecer mejores precios a los usuarios finales; y fomentar las inversiones en nuevos proyectos.	19/nov/2015 (Convocatoria) 31/mar/2016 (Fallo)

Fuente: SENER

Acrónimos y abreviaturas

ALC	América Latina y el Caribe
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento
CCER	Consejo Consultivo para las Energías Renovables
CEL	Certificados de Energías Limpias
CEM	Ministerial de Energías Limpias (CEM por sus siglas en inglés)
CEMIEs	Centros Mexicanos de Innovación en Energía
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CER	Certificados de Emisiones Reducidas
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CIATEJ	Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.
CIB	Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos
CICESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
CINVESTAV	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
COP21	Vigésimo primera Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CUFIN	Cuenta de Utilidad Fiscal Neta
ECPA	Energía y Clima de las Américas (ECPA por sus siglas en inglés)
ENE	Estrategia Nacional de Energía 2013-2027
ENTEASE	Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
FOTEASE	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

FSE	Fondo de Sustentabilidad Energética
GEF	Fondo Global del Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés)
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
IEA	Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés)
IER	Instituto de Energías Renovables de la UNAM
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas
IIES	Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
IPICYT	Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética.
LASE	Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
LCOE	Costo Nivelado de Electricidad (LCOE, por sus siglas en inglés)
LEG	Ley de Energía Geotérmica
LGCC	Ley General de Cambio Climático
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LISR	Ley del Impuesto Sobre la Renta
LPDB	Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos
LTE	Ley de Transición Energética
Mtoe	Millones de toneladas equivalentes de petróleo
NREL	Laboratorio de Energías Renovables de Estados Unidos
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OEA	Organización de Estados Americanos
PEAER	Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014 – 2018
PEFRHME	Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto

PIIRCE	Programa Indicativo de Instalación y Retiro de Centrales de Generación
PJ	Petajoule
POISE	Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico
PROCALSOL	Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2015 – 2029
PRONASE	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
PROSENER	Programa Sectorial de Energía 2013-2018
PSIE:	Proyecto Servicios Integrales de Energía
REN 21	Renewable Energy Policy for the 21st Century
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SE	Secretaría de Economía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
toe	toneladas equivalentes de petróleo
TPES	Oferta Total de Energía Primaria (TPES por sus siglas en inglés)
UBA	Ultra Bajo Azufre
UDIs	Unidades de Inversión
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USD	Dólares
VER	Ventanilla de Proyectos de Energías Renovables
WTI:	West Texas Intermediate