

PROSPECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES 2013-2027



PROSPECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES 2013-2027



SENER

SECRETARÍA DE ENERGÍA

MÉXICO, 2013



SECRETARÍA DE ENERGÍA

Pedro Joaquín Coldwell
Secretario de Energía

Leonardo Beltrán Rodríguez
Subsecretario de Planeación y Transición Energética

Enrique Ochoa Reza
Subsecretario de Hidrocarburos

María Lourdes Melgar Palacios
Subsecretaria de Electricidad

Gloria Brasdefer Hernández
Oficial Mayor

Efraín Villanueva Arcos
Director General de Sustentabilidad

Víctor Manuel Avilés Castro
Director General de Comunicación Social



ELABORACIÓN:

Leonardo Beltrán Rodríguez

Subsecretario de Planeación y Transición Energética

Efraín Villanueva Arcos

Director General de Sustentabilidad

José María Valenzuela Robles Linares

Director de Sustentabilidad Energética

Ricardo Sánchez Adán

Director de Promoción de Bionergéticos

Adrián Cordero Lovera

Subdirector de Sustentabilidad

Nacxiti Calva González

Jefe de Departamento de Sustentabilidad

En la portada: Central Eólica “La Venta”, Juchitán de Zaragoza, Oaxaca.

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

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; Asociación Mexicana de Energía Hidroeléctrica; Cogenera México; y Clúster Geo de Energías Geotérmicas y Renovables.

Además, agradecemos la participación de los organismos y áreas de las diferentes dependencias para la integración de esta prospectiva.



CONTENIDO

Mensaje del Secretario de Energía.....	I
Introducción	III
Resumen ejecutivo	IV
1 México en el contexto de las energías renovables a nivel mundial	9
1.1 Energía Sustentable para Todos	9
1.1.1 América Latina y México frente a SE4ALL	10
1.1.2 Capacidad y generación de electricidad a nivel global	13
1.1.3 Energía hidroeléctrica	15
1.1.4 Energía Eólica	16
1.1.5 Energía Geotérmica	17
1.1.6 Energía Solar	18
1.1.7 Bioenergía para generación de electricidad	20
1.2 Aprovechamiento térmico de las energías renovables	21
1.3 Bioenergéticos	23
2 Recursos renovables	24
2.1 Potencial de generación de electricidad	24
2.2 Recurso solar	25
2.3 Recurso eólico	27
2.4 Recurso geotérmico	28
2.5 Recurso hidráulico	31
2.6 Bioenergéticos	33
3 Marco regulatorio y de políticas para las energías renovables	34
3.1 Marco jurídico y regulatorio del sector eléctrico renovable	34
3.2 Marco de políticas	37
3.2.1 Instrumentos económicos	37
3.2.2 Instrumentos de información	40
3.2.3 Instrumentos de fomento a la investigación y el desarrollo tecnológico	43
3.2.4 Instrumentos de planeación	44
3.3 Biocombustibles	45
3.3.1 Marco jurídico y regulatorio aplicable a los biocombustibles	46
3.3.2 Políticas de fomento	47
4 Trayectoria reciente	50
4.1 Participación de energías renovables en la matriz energética	50
4.2 Participación de energías renovables en el sistema eléctrico nacional	52
4.2.1 Energía solar fotovoltaica	52
4.2.2 Energía termosolar	53
4.2.3 Energía eólica	53
4.2.4 Energía geotérmica	55
4.2.5 Energía hidráulica	55
4.2.6 Energía de la biomasa	57
4.3 Biocombustibles	57
4.3.1 Etanol Anhidro	57



4.3.2	Biodiesel	58
4.3.3	Bioturbosina	59
4.4	Aprovechamiento térmico	59
5	Escenarios de participación de energías renovables en el sector eléctrico.....	62
5.1	Variables y supuestos	63
5.1.1	Requerimiento de Capacidad del Servicio Público.....	63
5.1.2	Programa de Autoabastecimiento y Cogeneración	64
5.1.3	Autoabastecimiento no capturado en la planeación o generación distribuida	64
5.2	Proyecciones de capacidad renovables	65
5.3	Proyecciones de generación renovable.....	69
5.4	Requerimientos hacia la meta de generación en 2024	71
6	Escenarios de aprovechamiento térmico.....	73
6.1	Variables y supuestos	73
6.2	Escenarios	74
7	Escenarios de bioenergéticos.	78
8	Innovación.....	80
8.1	Innovación en el sector energía.....	80
8.2	Centros de Mexicanos de Innovación en Energía	80
9	Epílogo	84
10	Referencias	87



MENSAJE DEL SECRETARIO DE ENERGÍA

Las energías renovables nos ofrecen la posibilidad de transformar el modo en que el sector energético mueve a México. Durante décadas, gracias al aprovechamiento de nuestros recursos fósiles, México ha podido invertir en educación, salud e infraestructura, pero hoy México tiene la oportunidad de aprovechar con igual empeño las fuentes renovables de energía que se distribuyen por el territorio nacional.

Al igual que el carácter de cada una de las regiones de México, las fuentes renovables de energía ofrecen a cada región una oportunidad única y diferente para impulsar a sus industrias y empresas, aprovechando recursos locales que incrementen su competitividad. El desarrollo de energías renovables es también una fuente de empleos altamente productivos y motor del desarrollo tecnológico y la innovación en nuestro país.

Aún con los grandes retos que enfrentamos, México ya es reconocido como un líder regional en materia de energías renovables, y la rápida expansión en su aprovechamiento permitirá a otros países de América Latina transitar hacia una economía cada vez más baja en carbono.

En el Programa Sectorial de Energía nos hemos comprometido a ampliar la utilización de fuentes de energías limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social. Esta Prospectiva representa una pieza importante en el mapa de ruta que inicia con la publicación de la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 y el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, y continuará con el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables. Por ello, en sus páginas los ciudadanos encontrarán un diagnóstico certero, que alimente el debate público que requiere la transición energética.

Lic. Pedro Joaquín Coldwell

Secretario de Energía



INTRODUCCIÓN

La Prospectiva de Energías Renovables 2013-2018 se presenta en cumplimiento del Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética.

La Prospectiva de Energías Renovables tiene múltiples objetivos, el primero de los cuales es informar a la ciudadanía, las empresas y las familias, del estado del desarrollo del sector de energías renovables y su trayectoria futura. Por ser un área de especial importancia para el gobierno de México, la Prospectiva también tiene el propósito proveer la información que permita establecer al inicio de una administración las metas para la capacidad y generación de energías renovables en el periodo de dicha administración, así como para actualizar dichas metas cuando sea necesario.

Esta edición está específicamente desarrollada para proveer información específica para 2018, y no solamente hacia el final del periodo de planeación de 15 años (2027). Mientras se preparaba esta edición, las dependencias del sector energía elaboraban el Programa Sectorial de Energía, el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables Energía y el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, y se discutía la Reforma Constitucional en Materia de Energía en el Congreso de la Unión (ver Epílogo). Las prospectivas presentadas en esta edición consideran el año 2012 todavía como el año base; aunque se han incluido algunos hitos que ocurrieron a lo largo del 2013, como lo son la entrada en operación de una central solar fotovoltaica de 30 MW en Baja California Sur, el uso de valores de externalidades ambientales en la planeación del Servicio Público, y el lanzamiento de los Centros Mexicanos de Innovación en Energía.

De igual manera, la Secretaría de Energía y la Secretaría de Relaciones Exteriores expresaron el interés del país de integrarse a la Iniciativa de Energía Sustentable para Todos, de la Organización de las Naciones Unidas (conocida como SE4ALL por sus siglas en inglés), por lo que en esta edición, se dedican las primeras páginas a presentar dicha iniciativa y el significado que tendrá para México, formar parte de un emprendimiento internacional que se propone duplicar la participación de las energías renovables en la matriz energética entre el día de hoy y 2030 a nivel global, así como acabar con la pobreza energética.

También se presentan los primeros resultados de lo que serán dos formas de fomentar el aprovechamiento de las energías renovables: la simplificación administrativa y la publicación en línea del Inventario Nacional de Energías Renovables.



RESUMEN EJECUTIVO

México destaca a nivel regional por los avances con que cuenta en materia de acceso a la energía y el crecimiento en el aprovechamiento de las energías renovables no convencionales. Sin embargo, será necesario incrementar el nivel de diversificación de las tecnologías en la generación de energía eléctrica, pero también para usos térmicos y para el transporte. Próximamente México será parte de la iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas “Energía Sustentable para Todos” conocida por sus siglas en inglés como SE4ALL. En el capítulo uno se discute el reto para México de contribuir a duplicar la participación de las energías renovables en la matriz energética mundial, así como superar los rezagos sobre el acceso a la energía e incrementar los niveles de eficiencia energética a nivel global.

Para incrementar la participación de las energías renovables es indispensable contar con recursos renovables suficiente y adecuadamente distribuidos. En el capítulo dos, se recuperan los resultados del Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), donde se observa que México cuenta con una dotación de recursos considerablemente favorables. Se clasifican en recursos posibles, probables y probados, para distinguir el nivel de asequibilidad de los recursos energéticos. De acuerdo con el INER hay un potencial probado para generar hasta 892 GWh/año de energía geotérmica, 1,365GWh/año de energía minihidráulica, 9,789GWh/año de energía eólica, 542 GWh/año de energía solar y 579GWh/año de bioenergía. Estas estimaciones se multiplican al considerar las reservas probables y posibles.

En el capítulo tres se describe el marco jurídico, México cuenta con legislación específica para impulsar el aprovechamiento de las energías renovables: la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética (LAERFTE) y la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB). Estas leyes han sido fortalecidas por mandatos y disposiciones de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) publicada en el Diario Oficial de la Federación en la segunda mitad de 2012. De hecho, la LAERFTE y la LGCC se refuerzan respecto a las metas de generación eléctrica. La LAERFTE define un límite de generación fósil de 65% en 2024, de 60% en 2035, y de 50% en 2050; mientras que la LGCC establece una meta de 35% de participación de tecnologías de generación limpia en 2024.

El marco jurídico y de políticas es considerablemente amplio, pues se cuentan con una variedad importante de instrumentos de fomento. La lista aquí presentada incluye subastas, obligaciones de generación, incentivos y bono en la contraprestación, facilidades fiscales, prioridad en el despacho, mecanismos de interconexión, incorporación de externalidades y fortalecimiento de cadenas de valor. Destaca el compromiso del país en no instrumentar contraprestaciones o bonos garantizados por arriba del costo marginal de corto plazo, conocidos como *feed-in-tariff* o *feed-in-premium* de manera generalizada.

En esta edición se incluye por primera vez una descripción detallada de la política de externalidades en México, y del modo en que se han dado los primeros pasos para hacer



efectivo el mandato legal de que los costos externos ambientales y sociales sean incorporados a la planeación del sector eléctrico, el despacho de las unidades del sector eléctrico destinadas al servicio público, y el análisis costo-beneficio de los proyectos de inversión para la generación de energía eléctrica por CFE. Para ello se han incluido valores de contaminantes criterio (NO_x , SO_2 y PM_{10}) así como del carbono.

En México, entre 2003 y 2012 la producción neta de energías renovables disminuyó del 8% al 6.2%. La mayor parte de energía renovable finalmente consumida en 2012 residió en la leña y el bagazo. Estas dos formas de energía renovables representan tres cuartas partes de todas las energías renovables disponibles. Aunque en la última década la participación de las energías renovables en la matriz energética disminuyó, por el incremento en el consumo de combustibles fósiles, se han observado algunas tendencias favorables. En 2003 la energía solar aprovechada era considerablemente reducida, pues sólo representó el 0.68% de las energías renovables. Sin embargo, el incremento en el uso de calentadores solares de agua ha permitido que su participación se triplique en los últimos diez años, para alcanzar el 1.6% de la energía renovable disponible para consumo en 2012.

En el capítulo cuatro, se elabora sobre los efectos en la generación de electricidad que la diversificación en los últimos diez años ha tenido. En 2003 virtualmente toda la generación de electricidad con fuentes renovables se concentraba en energía hidroeléctrica con 77% y geotermoeléctrica con 23%. En 2012 la generación hidroeléctrica aún mantiene un papel preponderante con 75%, mientras que la geotérmica ha reducido su participación a 14%, y el resto se distribuye en un portafolio más amplio de energías renovables, energía eoloeleéctrica con 8%, electricidad a partir de biomasa y biogás con 2% y la energía solar fotovoltaica con 0.02%.

Hacia el futuro, en el sector eléctrico descrito en el capítulo cinco, el escenario de Planeación proyecta a 2027 que la capacidad adicional instalada con energías renovables sea de alrededor de 21,000 MW. Entre 2013 y 2027, la mayor parte de la capacidad adicional instalada se conforma por el autoabastecimiento, que incluyendo la generación distribuida, representa dos terceras partes de la generación. De hecho, este fenómeno es patente ya desde el año 2017, cuando por la entrada de una gran capacidad eólica en temporadas abiertas, la capacidad adicional de autoabastecimiento renovables supera la del Servicio Público. Sin embargo, la mayor parte de la capacidad instalada continúa siendo del Servicio Público, debido a la capacidad actualmente instalada.

Para el Servicio Público, en el escenario de planeación se estima que en el año 2027 la instalación de capacidad de generación eléctrica con energías renovables, incluyendo hidroeléctricas, sume alrededor de 8,462 MW. La mayor parte de la capacidad adicional se concentrará en energía hidroeléctrica y energía eoloeleéctrica, 4,656 MW y 3,519 MW respectivamente; adicionalmente se ha programado el aprovechamiento de otras fuentes de energía renovable equivalentes a 287 MW distribuidos en 180 MW adicionales de geotermia, 57 MW con pequeñas centrales hidroeléctricas, 36 MW con solar fotovoltaico y 14 MW con solar de concentración.



Con las consideraciones de planeación actuales el nivel de generación renovable alcanza el 19.58% en 2018, se incrementa a 20.62% en 2024, y reduce su participación de nuevo hacia el final del periodo de planeación. Si se considera la energía nuclear en 2024 se alcanza solamente un 23.14% de la generación necesaria mediante fuentes no fósiles. Si a ello adicionamos fuentes limpias como las carboeléctricas limpias (con sistemas de captura de CO₂) la participación aumenta por arriba del 24.61%. Es decir, de acuerdo con los parámetros de planeación aquí descritos no existe certeza sobre las trayectorias que permitan cumplir con los mandatos de la LAERFTE y la LGCC.

Para el aprovechamiento térmico, el mercado de calentadores solares de agua (CSA) sugiere una gran oportunidad para expandir el aprovechamiento de energías renovables. En el escenario de Planeación se estima un crecimiento modesto en la instalación anual de CSA en los primeros años del periodo. Sin embargo, en la segunda mitad del periodo, con un mercado mucho más maduro, se prevé una aceleración de este crecimiento, alcanzando en 2027 una instalación de 2.6 millones de metros cuadrados (m²) de CSA anuales, frente a 0.31 millones de m² que se estiman para 2013. Existen acciones que se espera que contribuyan a la recuperación del mercado en el corto plazo, lo cual puede mejorar las expectativas para los siguientes años, tal es el caso del Programa Nacional para el Uso Sustentable de la Energía 2014-2018, y programas específicamente diseñados para la promoción del uso de calentadores solares de agua en hogares, comercios e industrias diversas.

En el caso de biocombustibles, se delinearán algunas características en las trayectorias de crecimiento. Debido a los costos de transporte y distribución del etanol, así como el potencial para regionalizar los proyectos de desarrollo y facilitar la competitividad en los precios; sin la necesidad de que el Gobierno otorgue apoyos directos, es necesaria la identificación de la distribución geográfica de la producción y distribución, de modo que es posible identificar hasta un total de 19 Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR) distribuyendo 498 millones de litros anuales de etanol.

En el caso de la bioturbosina en el corto plazo, hacia 2015, se pretende abastecer el 1% de la demanda de combustibles en el país; esto representará 40 millones de litros. Y actualmente se discute la viabilidad de incrementar el abastecimiento a 700 millones de litros de biocombustibles de aviación, lo que podría representar hasta el 15% de la oferta.

Finalmente, en materia de innovación como se describe en el capítulo ocho, 2013 fue un año que marca un hito. Se lanzaron los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIE), financiados por el Fondo de Sustentabilidad Energética. Se han creado tres centros, en energía geotérmica (CEMIE-Geo), energía solar (CEMIE-Sol), y energía eólica (CEMIE-Eolo). Los CEMIE permitirán al sector abatir las barreras y retos científicos y tecnológicos que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía. Para ello, se concibe que se integren como redes de formación de capacidades y recursos humanos; de vinculación y expansión del tejido científico-tecnológico-empresarial; y de visión, estrategia y prospectiva de la energía en México.



En esta edición se describen avances favorables en todos los ámbitos, pero también es patente que las políticas, instrumentos e inversión actualmente comprometidos son insuficientes para tener certeza sobre la posibilidad de alcanzar las metas definidas en la legislación (antes de la reforma energética). Esto sugiere la necesidad de modificar las condiciones de inversión, planeación y mercado para la expansión de las energías renovables en el largo plazo en el sector eléctrico, en particular, y para el aprovechamiento de las energías renovables en general.



CAPÍTULO UNO.

MÉXICO EN EL CONTEXTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES A NIVEL MUNDIAL

En múltiples iniciativas, la comunidad internacional ha ratificado el compromiso para incrementar el aprovechamiento de energías renovables como un medio para reducir el impacto ambiental global, así como para fortalecer la resiliencia de los mercados energéticos.

1.1 Energía Sustentable para Todos

En la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas del año 2011 se lanzó la iniciativa Energía Sustentable para Todos o Sustainable Energy For All (SE4ALL), propuesta por el Secretario General de este organismo internacional. El objetivo principal de la iniciativa es transformar las condiciones de desarrollo mediante tres objetivos globales que deberán cumplirse en 2030: proveer acceso a energía para toda la población, duplicar la participación de energía proveniente de fuentes renovables dentro de la matriz energética, e incrementar la tasa global de crecimiento de eficiencia energética.

El monitoreo y seguimiento de los avances en los tres objetivos se realizará mediante el Global Tracking Framework, cuyo primer reporte fue coordinado por el Banco Mundial y la Agencia Internacional de Energía (IEA), empleando indicadores seleccionados (ver Tabla 1).

Tabla 1. Objetivos de SE4ALL y perspectiva de los indicadores

Indicadores	Acceso Universal de Energía Moderna		Duplicar la tasa global de eficiencia energética	Duplicar la participación de energías renovables dentro de la matriz energética global
	% de la pobl. con acceso a electricidad	% de la pobl. con acceso a fuentes no-sólidas de energía		
Punto de partida 2010	83	59	-1.3	18
Objetivo en 2030	100	100	-2.6	36

Fuente: Sustainable Energy for All. Global Tracking Framework. 2013.



Para incrementar el “acceso universal de energía moderna” se debe atender el acceso a electricidad, así como el acceso a fuentes diferentes a la leña y otras fuentes sólidas de energía para cocción y provisión de calor a los hogares. “Duplicar la tasa global de eficiencia energética” se puede asociar de manera general a una tendencia de decrecimiento de la intensidad energética, que se puede seguir mediante diferentes indicadores. Por último, “duplicar la participación de energías renovables en la matriz energética” incorpora, no sólo las fuentes para la generación de electricidad, sino también solar térmica, biomasa para cocción y provisión de calor, biocombustibles y otros productos energéticos, esencialmente para combustión y para generación de calor. En estos tres componentes no existe todavía una definición consensada sobre los indicadores que finalmente se utilizarán para dar seguimiento global, regional y nacional del cumplimiento de las metas. Sin embargo, los indicadores presentados en este capítulo son una referencia.

El cumplimiento de estas metas globales requiere de contribuciones diferenciadas por región y país. Para el acceso universal de energía moderna, los indicadores de población con acceso a electricidad y población con dependencia primaria de combustibles no sólidos deben ser atendidos por economías poco desarrolladas o en desarrollo, principalmente de Asia y África, en donde existen los mayores déficits registrados de estos indicadores y por ende la reducción de la brecha dependerá, en gran medida, de las acciones realizadas en esos países. Mientras que los países con mayor desarrollo y algunas economías en desarrollo, que encabezan la lista de los grandes consumidores de energía, deberán enfocarse en mejorar los indicadores de intensidad energética y participación de renovables en la generación de electricidad y en el transporte.

Aunque México ha participado desde la incubación de la iniciativa mediante la organización del Foro Mundial de Energías Renovables realizado en 2010 en León, Guanajuato, y el Foro de Eficiencia Energética y Acceso en 2011 en la Ciudad de México, DF.; apenas ha iniciado el proceso de incorporación formal a la iniciativa SE4ALL.

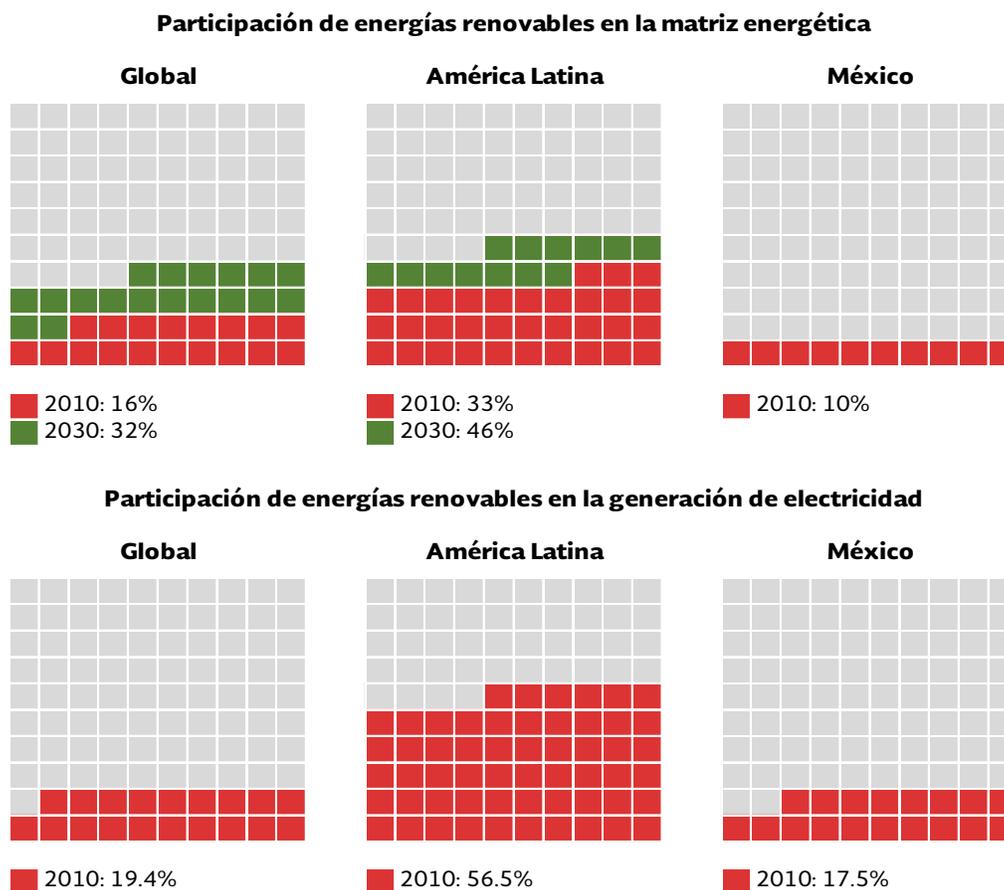
1.1.1 América Latina y México frente a SE4ALL

Mientras que en el mundo la participación de energías renovables en la matriz energética en 2010 fue de 16%, y en América Latina de 33%, en México en el mismo año se alcanzó una participación de 10% como se observa en la Figura 1 (esta distribución se observa en los recuadros de color rojo). En un panorama hacia el 2030, la Figura 1 muestra en color verde la participación esperada como parte del compromiso de SE4ALL de duplicar la participación de energías renovables hacia 2030 a nivel global, es decir, 32%. Mientras que a nivel global la participación de renovables debe duplicarse, se esperaría que en América Latina el incremento sea proporcionalmente moderado, esencialmente debido a que se trata de la región que ya cuenta con la mayor participación de energías renovables en la matriz energética.

En cuanto a generación de electricidad a nivel mundial, en 2010 las fuentes renovables alcanzaron una participación cercana al 20%; sin embargo, en América Latina la participación superó el 56% en el mismo año. En México, sin embargo, fue menor que el nivel de participación mundial, 17.5%. Aunque SE4ALL no propone una meta para la

generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables, incrementar su participación es necesario para alcanzar la meta de global de renovables en la matriz energética.

Figura 1. Comparación entre México y el Mundo en materia de energías renovables



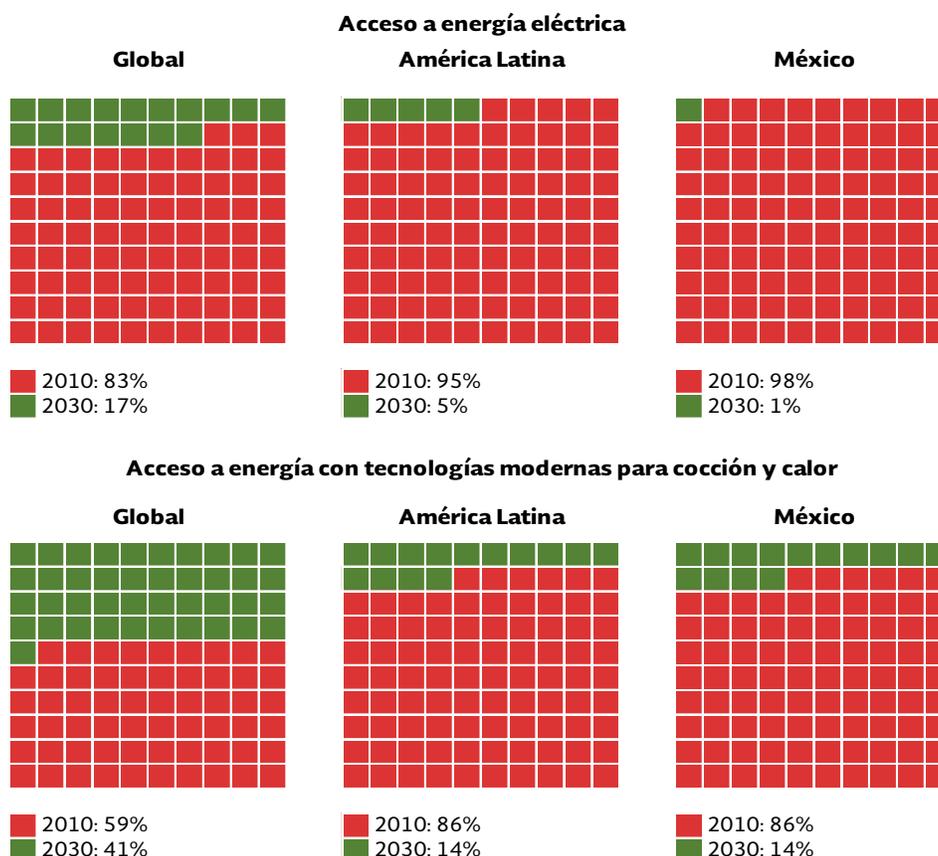
Fuente: SENER, con información de Sustainable Energy for All. "Data Annex". Global Tracking Framework. 2013.

En materia de energía eléctrica, en 2010 el 83% de la población a nivel global contaba con el acceso, como se observa en la Figura 2. El promedio de América Latina fue superior, con 95%. En México, la participación es aún mayor, reflejada por las estadísticas de SE4ALL como 99% para 2010.¹ En cuanto al acceso a energía con

¹ De acuerdo con las estadísticas usadas en la materia por la Secretaría de Energía, el nivel es de 98%.

tecnologías modernas para cocción y provisión de calor para las familias, el porcentaje de participación de acceso es considerablemente menor. En 2010, a nivel global la participación de acceso alcanzó el 59% de la población. En América Latina y México, la participación fue mayor, alcanzando 86%. La meta de SE4ALL en acceso requiere que se logre en todos los países la cobertura universal, representado dicho logro en color verde en la Figura 2.

Figura 2. Comparación entre México y el Mundo en materia de acceso a la energía



Fuente: SENER, con información de Sustainable Energy for All. "Data Annex". Global Tracking Framework. 2013.

En el marco de SE4ALL todavía no se define un indicador único para dar seguimiento a la meta en materia de eficiencia energética. Pero uno de los indicadores que hasta este momento se utilizan es el de intensidad en el consumo final de energía. De acuerdo con este indicador y como se observa en la Figura 3, la tasa de mejora en la intensidad en el consumo final de energía para el periodo 1990-2010 fue de -1.53 a nivel global, mientras que para América Latina fue de -0.56, y -1.08 en México.

Figura 3. Comparación entre México y el Mundo en materia de intensidad energética



Fuente: SENER, con información de Sustainable Energy for All. "Data Annex". Global Tracking Framework. 2013.

1.1.2 Capacidad y generación de electricidad a nivel global

Aunque México ha sido agrupado en la región de América Latina por motivos de seguimiento para SE4ALL, los mercados más dinámicos se encuentran entre los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) de la que México forma parte, así como en el conjunto de economías emergentes, como China y Brasil. Por ello, en esta edición se hace una comparación del desarrollo de cada tecnología para un conjunto seleccionado de países miembros de la OCD y otras economías emergentes. Además de los miembros de la OCDE en el continente americano -Canadá, Chile, Estados Unidos y México- se eligieron tres países emblemáticos en materia de instalación de capacidad renovables y desarrollo tecnológico: Alemania, Corea y España. Además se incluyen dos de las economías con sectores de renovables altamente dinámicos: China y Brasil.

En 2011 los países con la mayor participación de generación de electricidad mediante fuentes renovables de energía fueron China, Estados Unidos, Brasil y Canadá. La generación renovable combinada de estos cuatro países representó una proporción superior al 49% de la generación renovable global, como se observa en la Tabla 2.

La matriz energética de los tres países líderes en generación es considerablemente diferente, pues mientras en China y Estados Unidos las energías renovables representan menos de una quinta parte del total de la generación, en Brasil la participación supera las cuatro quintas partes. En general, economías robustas como las de Japón, Alemania y Corea, se encuentran en una condición similar a la de China y Estados Unidos, en términos de la participación de energías renovables en la matriz eléctrica. Países con una disposición de recursos renovables relativamente altos, como España y Chile, se encuentran en una posición con mayor participación de energías renovables, alrededor de una tercera parte de la matriz eléctrica. La Gráfica 1 muestra las diferencia entre algunas de las economías líderes en materia de energías renovables y tecnología, dentro y fuera de la OCDE. Pero las diferencias entre países son aún más claras cuando se analiza el perfil de las tecnologías de generación desplegadas en cada uno de los países como se verá a continuación.



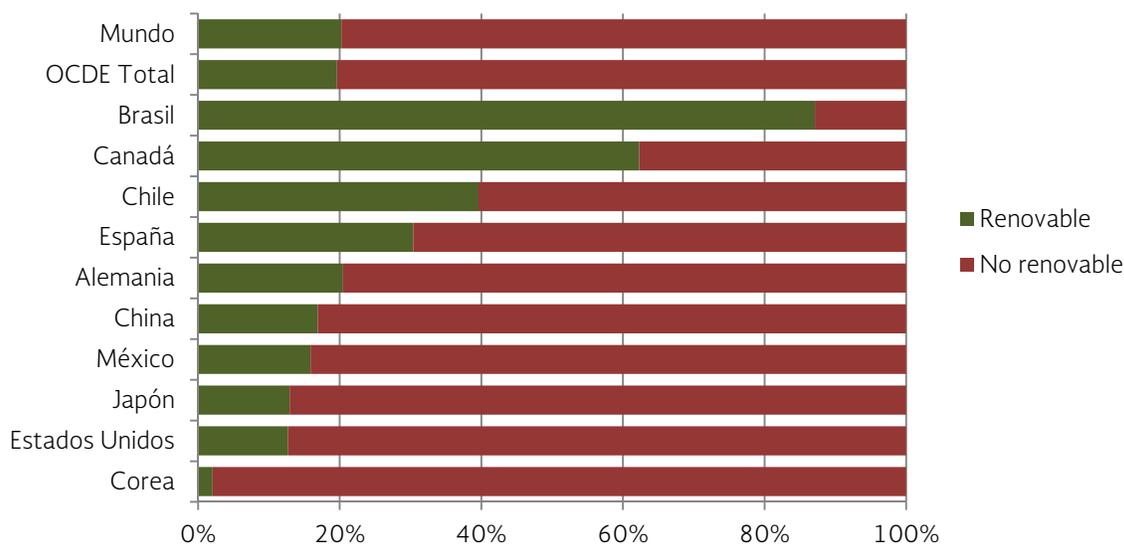
Tabla 2. Generación eléctrica mediante fuentes renovables para economías seleccionadas, 2011

País/Región	Generación con renovables (GWh)	Generación total (GWh)	Participación de renovables a nivel nacional	Contribución a la generación renovable global
China	803,462	4,754,746	16.9%	17.87%
Estados Unidos	551,898	4,349,571	12.7%	12.28%
Brasil	463,273	531,758	87.1%	10.30%
Canadá	396,854	636,989	62.3%	8.83%
Japón	135,927	1,051,251	12.9%	3.02%
Alemania	124,605	608,665	20.5%	2.77%
España	88,539	291,360	30.4%	1.97%
México	46,964	295,837	15.9%	1.04%
Chile	26,020	65,713	39.6%	0.58%
Corea	10,712	523,286	2.0%	0.24%
OCDE Total	2,130,680	10,866,959	19.6%	47.39%
Mundo	4,495,707	22,200,994	20.3%	100.00%

Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

Gráfica 1. Participación de las energías renovables en la generación de electricidad para economías seleccionadas, 2011

Participación de las energías renovables en la generación de electricidad, 2011



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.



1.1.3 Energía hidroeléctrica

La generación hidroeléctrica continúa siendo la principal fuente renovable de generación eléctrica. A nivel mundial, la tecnología hidroeléctrica generó 16.1% de la electricidad. Esta proporción es superior al del agregado de miembros de la OCDE, de sólo 13.4%. Como se observa en la Tabla 3, entre las economías analizadas en esta edición, Brasil y Canadá destacan por tener niveles de participación por arriba de 50% en su matriz, mientras que países como Corea y Alemania, están por debajo del 5%.

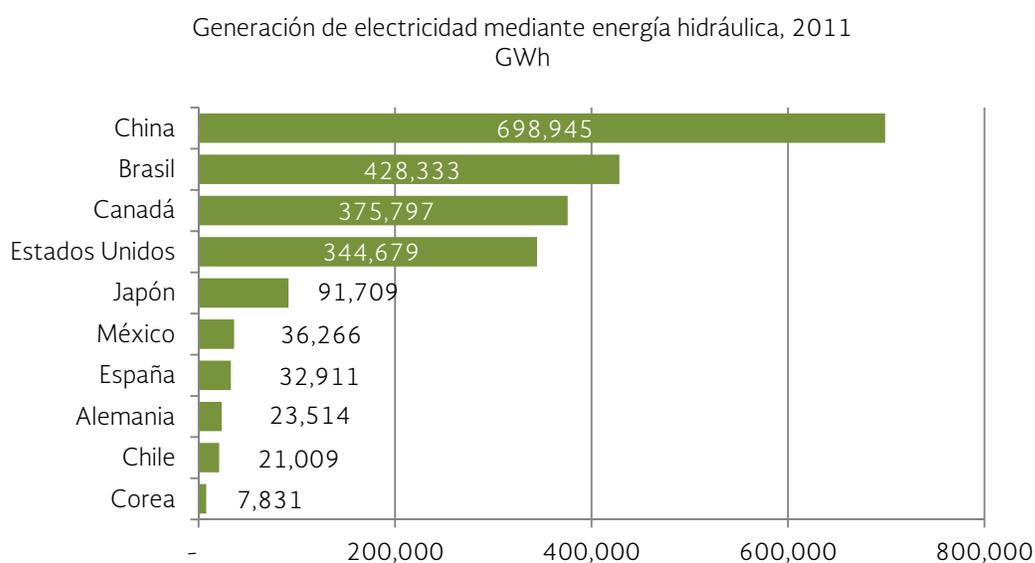
Como se puede observar en la Gráfica 2 a pesar de que la participación de la hidroelectricidad en su matriz energética es relativamente menor, China es el país con la mayor generación. De hecho los casi 700 mil GWh generados en China equivalen a la generación total en América Latina de 715 mil GWh en 2011 mediante fuentes renovables. Les siguen a China y Brasil, con una fracción de la capacidad, Estados Unidos y Canadá, con más de 100 GW y 75 GW respectivamente. En 2011, México contó con una capacidad instalada superior a 11 GW.

Tabla 3. Generación hidroeléctrica, 2011

País/Región	% del Total
Brasil	80.60%
Canadá	59.00%
Chile	32.00%
China	14.70%
México	12.30%
España	11.30%
Japón	8.70%
Estados Unidos	7.90%
Alemania	3.90%
Corea	1.50%
OCDE Total	13.40%
Mundo	16.10%

Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013, 2013.

Gráfica 2. Generación hidroeléctrica para países seleccionados, 2011



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.



1.1.4 Energía Eólica

La generación mediante energía eólica en 2011 todavía representó una proporción moderada en la matriz eléctrica global. Como se observa en la Tabla 4, se acercó a 2% a nivel global, aunque entre los miembros de la OCDE la participación superó el 3%. En España la participación se acerca al 15% y en Alemania en 2011 ya se encontraba cerca de superar el 10%.

A pesar de tener una participación relativamente menor, la eoloelectricidad en Estados Unidos y China superó la generación de Alemania y España como se observa en la Gráfica 3. Y se espera que esta tecnología se desarrolle rápidamente, entre los países de la OCDE, incluido México, y algunas economías emergentes, principalmente China, pero también Brasil. En el caso particular de Corea se espera que el crecimiento se de en generación costa afuera.²

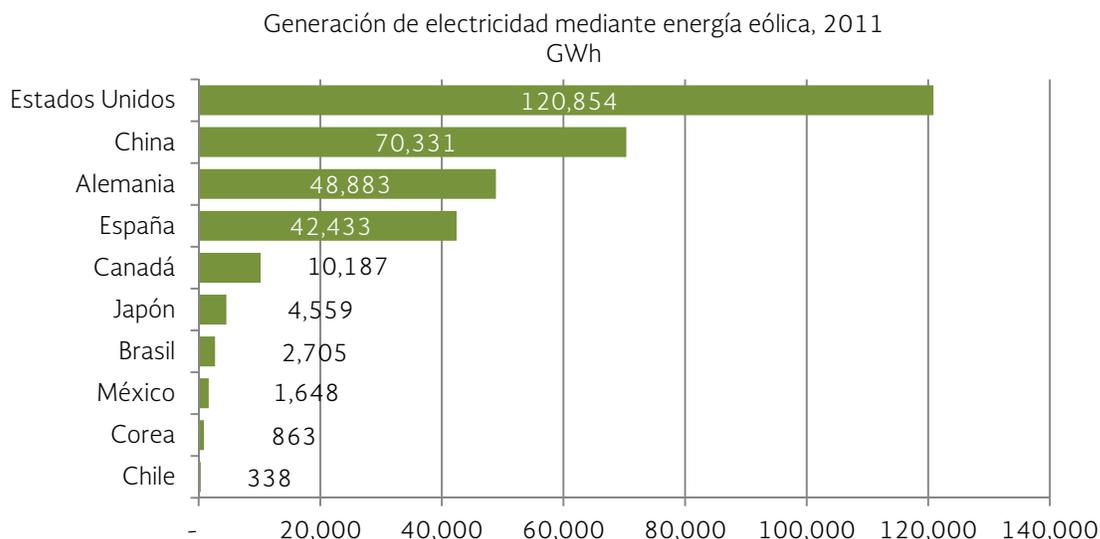
Tabla 4. Generación eoloeletrica, 2011

País/Región	% del Total
España	14.56%
Alemania	8.03%
Estados Unidos	2.78%
Canadá	1.60%
China	1.48%
México	0.56%
Chile	0.51%
Brasil	0.51%
Japón	0.43%
Corea	0.16%
OCDE Total	3.02%
Mundo	1.96%

Fuente: IEA, World Energy Statistics 2013, 2013.

² IEA. Renewable Energy Medium-Term Market Reporte 2013. 2013.

Gráfica 3. Generación eolieléctrica para países seleccionados, 2011



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

1.1.5 Energía Geotérmica

A diferencia de otras tecnologías, la generación geotérmica está concentrada en algunos países. De hecho, entre los países analizados en esta edición, sólo en México la geotermia tiene una participación sustantiva en la matriz de generación, como se observa en la Tabla 5. Sin embargo, como se observa en la Gráfica 4, la generación en Estados Unidos es considerable, comparado con el resto de los países analizados.

La generación a nivel mundial en 2011 fue de 69 mil GWh, y dos terceras partes de ello se concentraron en los países de la OCDE, particularmente Estados Unidos, México, Japón y Nueva Zelanda. Se espera que Estados Unidos, Italia y Nueva Zelanda incrementen de manera importante su capacidad de generación en los próximos años.³

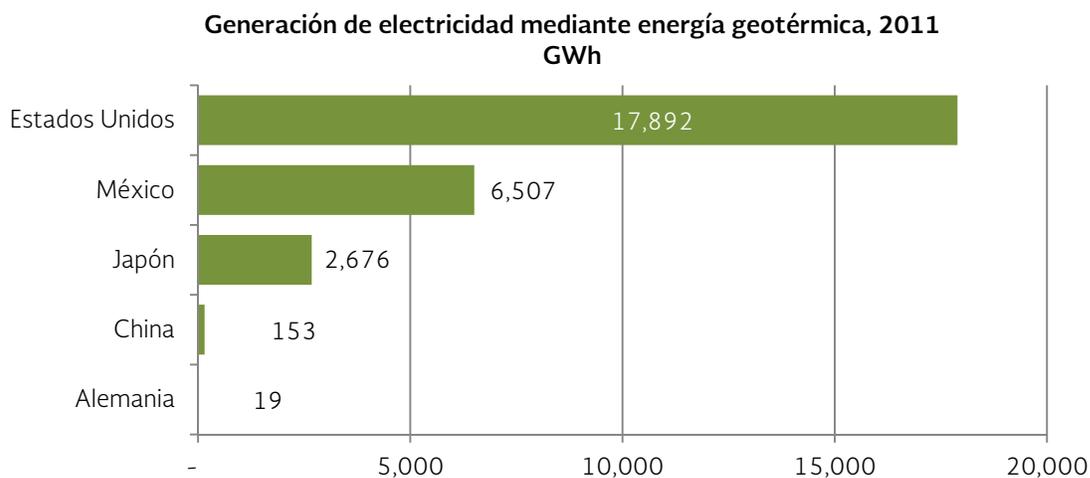
Tabla 5. Generación geotermoeléctrica, 2011

País/Región	% del Total
México	2.200%
Estados Unidos	0.411%
Japón	0.255%
China	0.003%
Alemania	0.003%
OCDE Total	0.409%
Mundo	0.312%

Fuente: IEA, World Energy Statistics 2013, 2013.

³ *Ibid.*

Gráfica 4. Capacidad de generación geotérmica para países seleccionados, 2011



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

1.1.6 Energía Solar

En 2011 la energía solar se utilizó para generar 63.3 mil GWh de electricidad a nivel mundial, de ellos, 59.9 mil GWh se generaron en países miembros de la OCDE.

Como se observa en la Tabla 6, entre los países analizados en esta edición, Alemania y España destacan por tener los niveles de participación más elevados, con el resto de los países con niveles que no alcanzaron el 1% en 2011. Alemania y España, fueron también los que generaron la mayor cantidad de electricidad mediante energía solar, como se observa en la Gráfica 5.

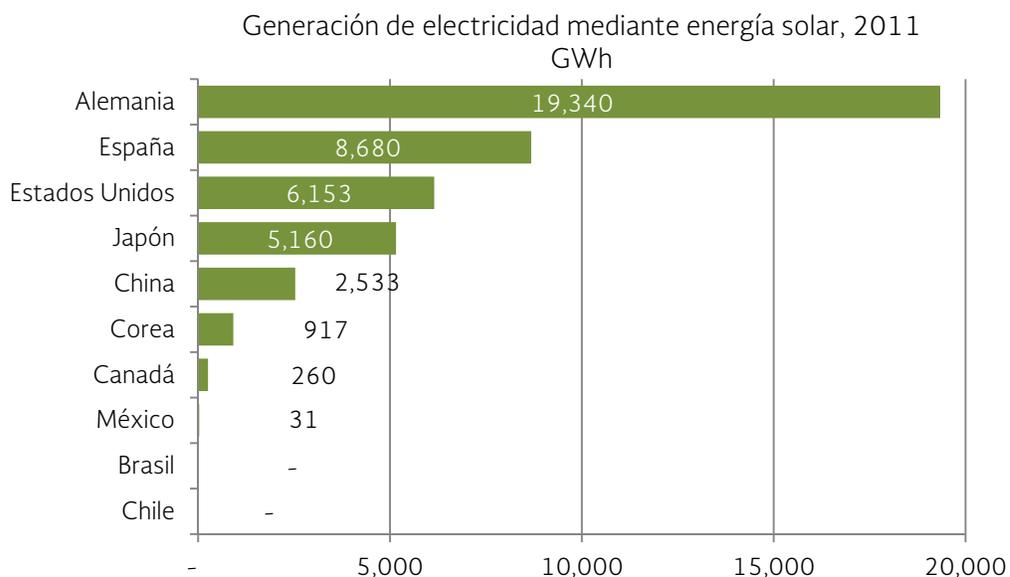
Tabla 6. Generación mediante energía solar, 2011

País/Región	% del Total
Alemania	3.18%
España	2.98%
Japón	0.49%
Corea	0.18%
Estados Unidos	0.14%
China	0.05%
Canadá	0.04%
México	0.01%
OCDE Total	0.55%
Mundo	0.29%

Fuente: IEA, World Energy Statistics 2013, 2013.



Gráfica 5. Capacidad de generación mediante energía solar para países seleccionados, 2011



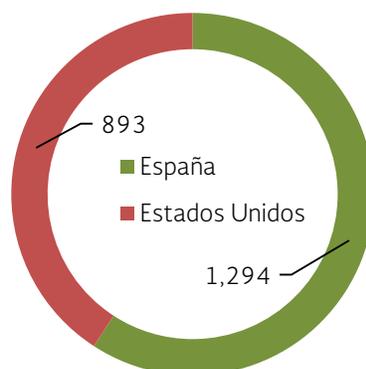
Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

La mayor parte de la generación se realizó mediante paneles fotovoltaicos, y sólo un componente menor mediante sistemas de concentración solar. El aprovechamiento de esta tecnología estuvo enfocado a nivel global en Estados Unidos y España, como se observa en la Gráfica 6, aunque se esperan proyectos en distintas regiones, incluido Norte de África, América Latina y Medio Oriente; por ello la ubicación de la generación a partir de esta tecnología se diversificará en los próximos años.⁴

⁴ *Ibid.*

Gráfica 6. Generación mediante energía solar térmica para España y Estados Unidos, 2011

Generación solar térmica en España y Estados Unidos, 2011
(GWh)



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

1.1.7 Bioenergía para generación de electricidad

El aprovechamiento de biomasa, biogás y biocombustibles para la generación de energía eléctrica se ha convertido en una alternativa considerablemente relevante en regiones como Europa y Norteamérica, pero también en economías emergentes como China, y particularmente Brasil y Chile. Como se observa en la Tabla 7, son precisamente estos dos países Latinoamericanos los que cuentan con la mayor participación de energías de bioenergéticos en la matriz de generación eléctrica. Alemania, Japón, Canadá, España y Estados Unidos, tienen una participación superior al 1%.

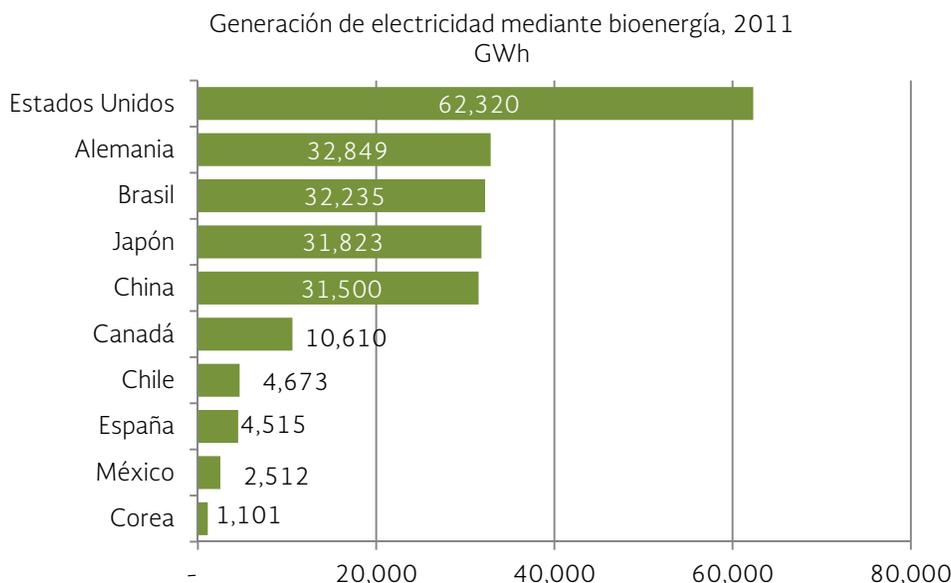
En generación, en 2011 Estados Unidos generó más de 62 mil GWh, y Alemania, Brasil, Japón y China generaron un monto similar de electricidad, por arriba de los 30 mil GWh, como se observa en la Gráfica 7. Es destacable que a diferencia de tecnologías como la solar o la geotermia, todos los países analizados en esta edición contaron con generación a partir de bioenergéticos.

Tabla 7. Generación mediante bioenergéticos

País/Región	% del Total
Chile	7.11%
Brasil	6.06%
Alemania	5.40%
Japón	3.03%
Canadá	1.67%
España	1.55%
Estados Unidos	1.43%
México	0.85%
China	0.66%
Corea	0.21%
OCDE Total	2.25%
Mundo	1.64%

Fuente: IEA, World Energy Statistics 2013, 2013.

Gráfica 7. Capacidad de generación mediante bioenergía, 2011



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

1.2 Aprovechamiento térmico de las energías renovables

Las estadísticas globales muestran grandes diferencias en el aprovechamiento de recursos renovables para la producción térmica, la principal fuente a nivel global es la biomasa, sin embargo, el líder en aprovechamiento térmico depende en su mayoría del aprovechamiento de desechos municipales. Estados Unidos cuenta con una matriz de generación térmica más diversificada que Alemania, y particularmente, más aún que el tercer país con mayor aprovechamiento, China, cuyo insumo es esencialmente la biomasa.

Entre estos tres países la producción térmica representa menos de una quinta parte de la producción mundial, lo que muestra una mucha mayor diversificación en el aprovechamiento de estos recursos (ver Tabla 8). Sin embargo, esta diversificación es relativa, en tanto la mayor parte del aprovechamiento térmico capturado por el sistema de estadísticas de la Agencia Internacional de Energía se encuentra en los miembros de la OCDE, con más de 484 Exa Joules, frente a 575 Exa Joules globales.

Precisamente por ello, como se observa en la Gráfica 8, es posible ver que en la distribución global de fuentes para la producción térmica, existe una distribución similar a la de la OCDE, con una mayor participación global de biomasa y menor participación de otras fuentes como los desechos municipales, el biogás y las bombas de calor. Debido a que la participación de los sistemas solares térmicos aún es considerablemente pequeña, 267 Tera Joules, esta tecnología solamente implementada en la OCDE, hasta el año 2011, no se refleja como una fuente principal en ninguno de los países analizados.

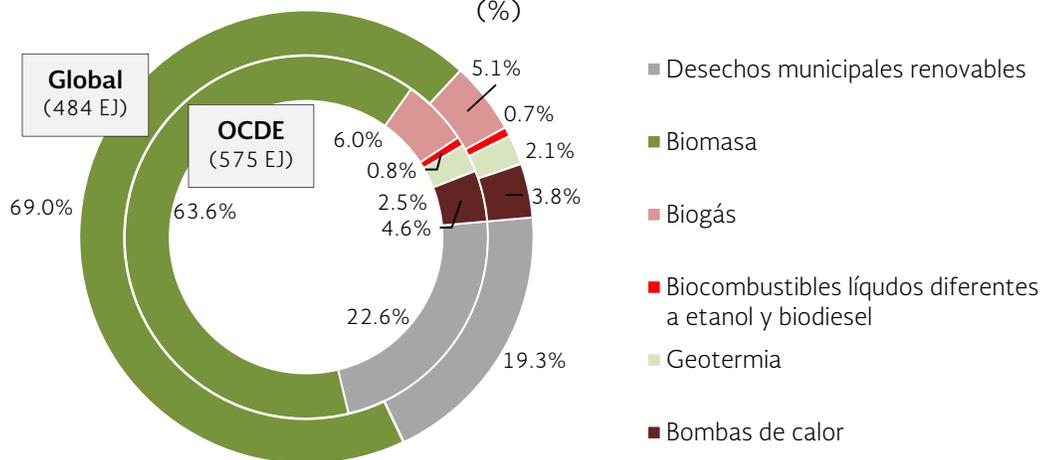

Tabla 8. Producción térmica renovable y su fuente (TJ netos)

País/Región	Total	Fuentes principales
Alemania	45,442	Desechos municipales y biomasa
Estados Unidos	31,678	Biomasa, desechos municipales y biogás
China	11,743	Biomasa
Corea	7,625	Desechos municipales y Biomasa
Japón	4,200	Biogás
Canadá	1,411	Desechos municipales
OCDE Total	484,998	Biomasa, desechos municipales, biogás, geotermia y bombas de calor
Mundo	575,371	Biomasa, desechos municipales, biogás, geotermia y bombas de calor

Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

Gráfica 8. Producción térmica renovable

Producción térmica renovable a nivel global (circulo exterior) y economías de la OCDE (circulo interior), 2011 (%)



Fuente: IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

Nota: La gráfica no incluye Solar térmico porque representa menos del 0.1%. Toda la producción reportada ocurrió en países miembros de la OCDE con un total de 265 TJ.



1.3 Bioenergéticos

El uso de los biocombustibles ha producido oportunidades económicas, ambientales y sociales. Su desarrollo representa múltiples beneficios para las zonas rurales del mundo. Una de las principales consideraciones es que puede crear una sinergia entre el sector agrícola y forestal con el energético e industrial, además de apoyar el crecimiento de los servicios ambientales y ser generadora de empleo local o regional para las poblaciones rurales, entre otros muchos beneficios. No obstante, también hay aspectos negativos que incluyen la competencia y crisis entre los mercados alimenticios y económicos, así como el agotamiento por la sobreexplotación de algunas áreas para producir materias primas, lo que conlleva al deterioro ambiental.

Países como Brasil, Estados Unidos, Alemania, Austria, Canadá, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiesel en automóviles. Algunos de estos países iniciaron sus investigaciones desde hace 10 o 15 años y, actualmente, rigen el mercado de los biocombustibles.

Uno de los ejemplos más destacados en el campo de la tecnología de las fuentes de energía renovables es el caso de la obtención de alcohol industrial por fermentación en Brasil. En 1976, el gobierno brasileño decidió dejar de ser el mayor importador de petróleo entre los países en desarrollo, y se embarcó en un programa para la producción masiva de etanol, a partir de melazas de caña de azúcar o de la pulpa de mandioca, para ser utilizado como combustible. Actualmente gran parte del etanol se mezcla con gasolina. Durante el año 2012 Brasil produjo 8.5 billones de litros de este Biocombustible.⁵

Australia, Canadá, China, Colombia, Ecuador, India, Indonesia, Malawi, México, Mozambique, Filipinas, Senegal, Sudáfrica, Tailandia y Zambia, ya han promulgado políticas para producir bioenergía.

México ha promulgado políticas para la producción de Bioenergéticos, pero no de una forma obligatoria como se han dado en muchos de los países líderes en la materia. Por parte del Gobierno Federal se está buscando cómo promover e introducir los biocombustibles de tipos Etanol Anhidro, Biodiesel y Bioturbosina en las mezclas con los combustibles de origen fósil.

⁵ Unión de la Industria de Caña de Azúcar. Brasil, histórico de producción 2011-2012, accesible en <http://www.unicadata.com.br>



CAPÍTULO DOS.

RECURSOS RENOVABLES

2.1 Potencial de generación de electricidad

México cuenta con distintos recursos renovables para la generación de energía, en algunos casos considerablemente abundantes en comparación con otros países. Sin embargo, éstos no están distribuidos uniformemente sobre el territorio nacional; por ejemplo, la región del Istmo de Tehuantepec en Oaxaca cuenta con un importante recurso eólico, Sonora y Chihuahua con solar, Chiapas con hidráulica y Baja California con geotermia. Adicionalmente es necesario considerar las zonas de exclusión, es decir, sitios en los que existen restricciones para la instalación de proyectos de aprovechamiento de energías renovables, debido las características orográficas de la región, la infraestructura existente o su estatus en el ordenamiento del territorio.⁶

Durante 2013 SENER desarrolló el Inventario Nacional de Energías Renovables, con la colaboración de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de CFE, para integrar la información de los recursos renovables del país a través de un Sistema de Información Geográfica que permite la actualización de la información conforme se desarrollen estudios y mediciones cada vez más detalladas. El sistema incluye el inventario de generación geo-referenciado de los sistemas de generación mediante energías renovables públicos y privados, así como los atlas de recursos. En el caso de recursos, se cuenta con información pública sobre energía eólica y solar, mientras que en etapas posteriores se incluirá información sobre recurso de biomasa, geotermia y energías del océano.

El Inventario Nacional de Energías Renovables considera una serie de criterios generales para permitir establecer un lenguaje común en materia de identificación del recurso potencial para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, mediante un procedimiento similar al utilizado actualmente en la industria petrolera para identificar las reservas, las cuales se subdividirán a su vez en posibles, probables y probadas de acuerdo al nivel de certidumbre que se haya alcanzado en los estudios específicos para el cálculo

⁷ Uso de Suelo y Ambiental (100% Exclusión) Humedales de Importancia Internacional, Áreas Naturales Protegidas, Ordenamientos Ecológicos Regionales y Locales, Peligros Geomorfológicos, Localidades – Buffer de 5 km de diámetro; Topografía (100% Exclusión) Pendientes superiores a 20°; Ambiental (50% Exclusión) Bosque y pastizal.



del potencial. La Tabla 9 muestra el potencial de generación eléctrica por fuente de energía renovable estimado con los criterios del Inventario Nacional de Energías Renovables, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Potencial posible: es el potencial teórico de capacidad instalable y generación eléctrica de acuerdo a estudios indirectos, utilizando supuestos, sin estudios de campo que permitan comprobar su factibilidad técnica y económica. Por ejemplo, el potencial posible de generación solar anual se calcula suponiendo el uso del 1.5% del territorio nacional y una eficiencia energética del 10%.
- Potencial probable: es aquel para el cual ya se cuentan con estudios directos e indirectos de campo, pero no los suficientes para comprobar su factibilidad técnica y económica.
- Potencial probado: es aquel para el cual se cuenta con estudios técnicos y económicos que comprueban la factibilidad del aprovechamiento.

Tabla 9. Potencial de generación eléctrica con energías renovables (GWh/año)

Recursos	Geotérmica	Minihidráulica	Eólica	Solar	Biomasa
Posible	16,165	-	87,600	6,500,000	11,485
Probable	95,569	1,805	9,597	-	391
Probado	892	1,365	9,789	542	579

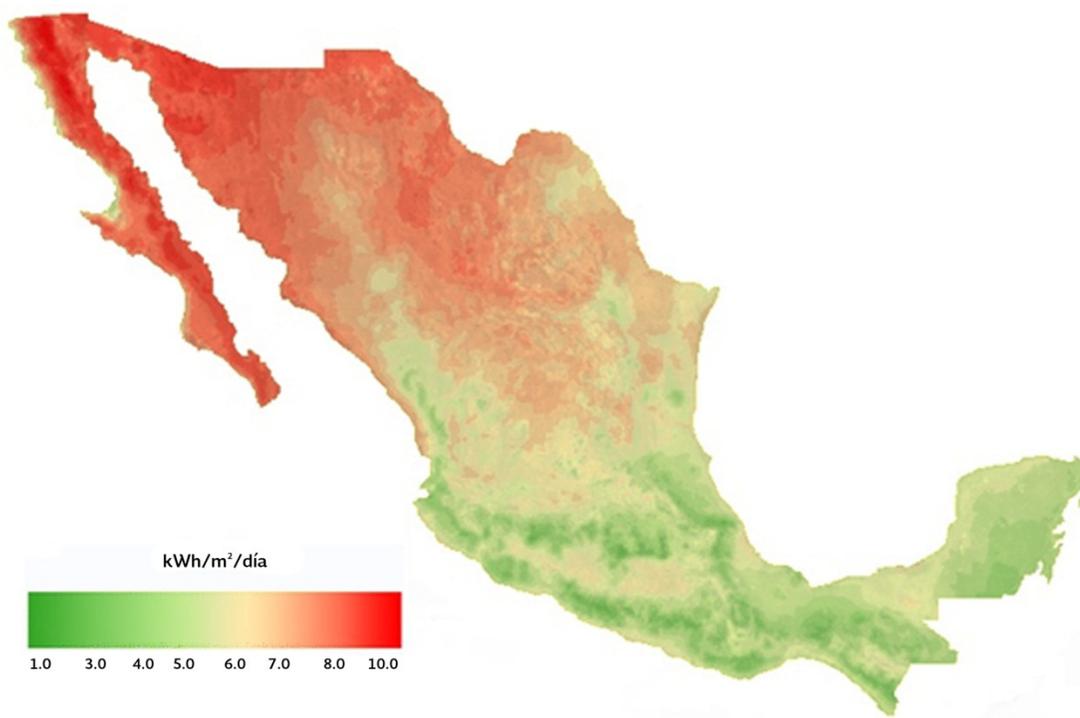
Fuente: Inventario Nacional de Energías Renovables.

2.2 Recurso solar

La ubicación geográfica de México entre los 14° y 33° de latitud septentrional resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar. La irradiación global media diaria en el territorio nacional es de alrededor de 5.5 kWh/m²/d. La irradiación promedio diaria cambia a lo largo del país y depende también del mes en cuestión, descendiendo ligeramente por debajo de 3kWh/m² y pudiendo alcanzar valores superiores a 8.5kWh/m² (ver Figura 4 y Tabla 10).

La distribución de la insolación contempla la cantidad promedio de días despejados y nublados para cada región; así se tiene que el noroeste y norte del país (Sonora, Chihuahua y Baja California) presentan la mayor insolación, la cual disminuyen en el altiplano, siendo más notoria la reducción en el sur, la costa del Golfo de México y la Península de Yucatán.

Figura 4. Mapa de irradiación directa normal en el mes de junio



Fuente: SENER. Inventario Nacional de Energías Renovables. 2013.

Tabla 10. Irradiación solar global diaria promedio mensual en México (kWh/m²)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínimo	3.1	3.3	3.1	3.8	4.1	4.4	4.5	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8
Máximo	5.4	6.3	6.6	7.5	8.3	8.6	7	6.6	6.7	6	5.7	5.6
Promedio	4.1	4.7	5.3	5.7	5.9	5.6	5.6	5.5	5.1	4.7	4.3	3.8

Fuente: CONUEE. Irradiación Global Media en la República mexicana.⁷

⁸ Disponible en línea

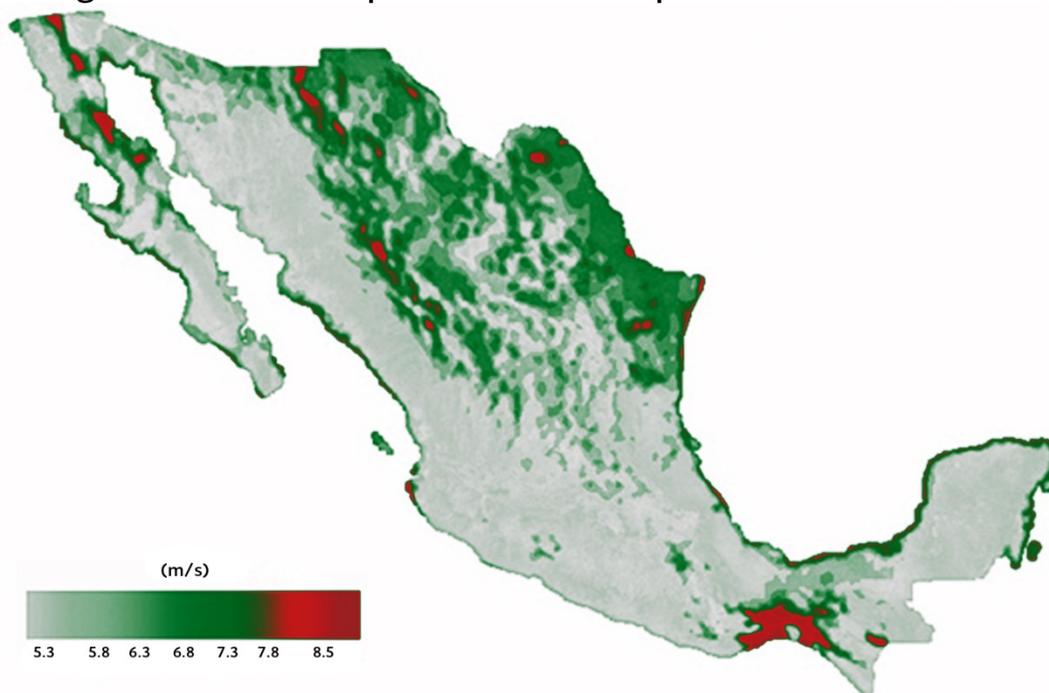
www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7058/1/irradiacion211009.pdf.

2.3 Recurso eólico

Se han realizado estudios específicos para determinar el potencial eólico en algunas regiones donde se ha identificado un posible potencial de desarrollo de proyectos eólicos, por ejemplo, el Istmo de Tehuantepec, las penínsulas de Yucatán y Baja California, y la región norte del Golfo de México. Tan sólo para Oaxaca los estudios del National Renewable Energy Laboratory de Estados Unidos y diversas instituciones mexicanas, a 2010 estimaban un potencial teórico superior a los 40,000 MW⁹.

No obstante que existen estudios específicos en ciertas regiones del país, en los últimos años se han realizado esfuerzos para contar con estimaciones del recurso eólico a nivel nacional. En su primera etapa el Inventario Nacional de Energías Renovables integra, para la parte eólica, el estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas en 2010, a partir del cual se generaron los primeros mapas de velocidad a 50 y 80 metros (ver Figura 5).

Figura 5. Densidad de potencia 80 metros para el mes de abril (W/m²)



Fuente: SENER. Inventario Nacional de Energías Renovables. 2013, con información del Instituto de Investigaciones Eléctricas.

⁹ Elliott, D. M. Schwartz, et al. Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory. 2004.



De acuerdo con el INER se estima un potencial posible de 87,600 MW, Considerando estudios directos e indirectos de campo, sin que estos sean suficientes para comprobar la viabilidad técnica y económica de los proyectos, se estima un potencial probable de 9,579 MW. Con certeza de su factibilidad, se estima un potencial de 9,789 MW (ver Tabla 9 supra).

Los resultados del estudio del Instituto de Investigaciones Eléctricas, presentados en el INER, muestran que las regiones con mejor potencial, se ubican en la zona del Istmo de Tehuantepec, la costa del Golfo de México (particularmente la zona norte), y en la parte norte de la Península de Baja California.

Para factores de planta mayores a 30%, se estima un potencial de 11,000 MW y con más de 35% de factor de planta se estima en 5,235 MW (ver Tabla 11). Se considera que en las condiciones que rigen actualmente el mercado nacional de electricidad, los proyectos con factores de planta inferiores al 30% resultan económicamente factibles en el mercado de autoabastecimiento.

Tabla 11. Potencial estimado de generación eoleoeléctrica en México

Factor de planta	Porcentaje de terreno	Capacidad instalable (MW)
20-25	56.7	40,268
25-30	27.5	19,535.00
30-35	8.4	5,961.00
35-40	3.5	2,500.00
>40	3.9	2,735.00

Fuente: IIE-SENER. Explorador de Recursos Renovables. 2010.⁹

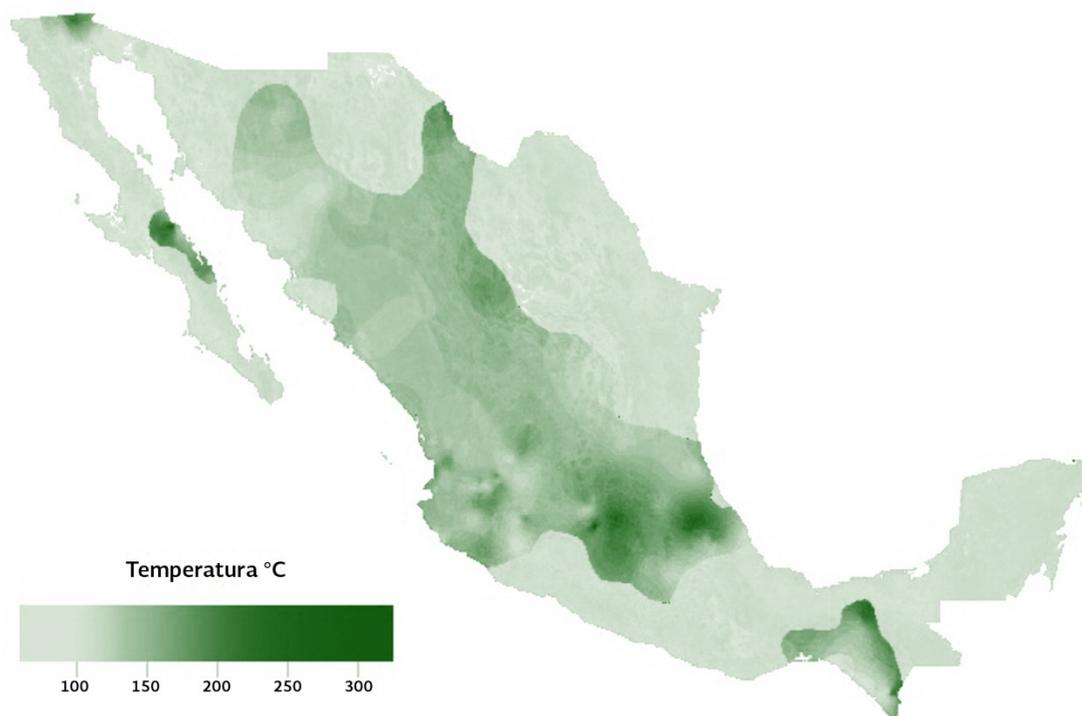
2.4 Recurso geotérmico

En el caso de los recursos geotérmicos, es particularmente costoso contar con información de recursos probable o probado, debido a los altos costos de la perforación de exploración.

⁹ IIE. "Explorador de Recursos Renovables. 2010." disponible en línea en: <http://sag01.iie.org.mx/eolicosolar>

El Inventario Nacional de Energías Renovables presenta un mapa del potencial geotérmico calculado con base en el censo de más de 1,300 focos termales realizado por la Comisión Federal de Electricidad, mediante la determinación analítica de parámetros químicos como el sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, sílice, entre otros, necesarios para determinar el origen y clasificación de las aguas y para el cálculo de las temperaturas de equilibrio agua-roca, como indicativo de las temperaturas probables en el subsuelo (Ver Figura 6).

Figura 6. Mapa de recursos geotérmicos en México (°C)



Fuente: SENER. Inventario Nacional de Energías Renovables, 2013.

Se ha estimado que en el país existen reservas de aprovechamiento geotérmico equivalentes a 10,644 MWe¹⁰ distribuidas de la siguiente manera:¹¹

¹¹ En el caso de Geotermia se hace referencia explícita a capacidad para generación eléctrica, para distinguirla de los potenciales reportados en la literatura como capacidad térmica.



- Reservas posibles: aquellas que por sus volúmenes, situación geológica y de diseño son de recuperación comercial menos segura que las reservas probables. De acuerdo con esta definición, cuando son utilizados métodos probabilísticos la suma de las reservas probadas, probables y posibles, tendrá al menos una probabilidad del 10% de que las cantidades realmente recuperadas sean iguales o mayores. Para este tipo de reservas el potencial estimado es de 7,423 MWe.
- Reservas probables: aquellas para las cuales el análisis geológico y de ingeniería de yacimientos, incorporado a un análisis probabilístico (Montecarlo) del método volumétrico, indica que hay una probabilidad de que 50% de las cantidades por recuperar sean iguales o mayores que la suma de las reservas probadas y reservas probable. En este caso, el potencial estimado para estas reservas es de 2,077 MWe distribuido en las siguientes localidades: La Primavera, San Marcos y Los Hervores en el estado de Jalisco; zonas cercanas a Los Humeros en Puebla; Araró, Ixtlán y San Agustín, en Michoacán; y San Bartolomé y Puroaguita en Guanajuato..
- Reservas probadas: aquellas reservas de yacimientos conocidas que, de acuerdo con el análisis de geología e ingeniería, se estima con “razonable certeza”, recuperables comercialmente en las condiciones económicas y métodos de operación actuales; en este caso el potencial estimado es de 1,144 MWe e incluye a Cerro Prieto, Baja California, Los Azufres, Michoacán, Los Humeros, Puebla y Cerritos Colorados, Jalisco. La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de CFE es la responsable del aprovechamiento de estos recursos y como parte de la estrategia de la CFE para incrementar la generación de energía eléctrica mediante fuentes no convencionales, cuenta con proyectos para el aprovechamiento de estos recursos de acuerdo con el siguiente calendario (ver Tabla 12).

¹² Adame J. "Potencial Nacional de las Energías Eólica y Geotérmica". Historia, Desarrollo y Futuro del Sector Eléctrico de México. UMAI. México. 2010.



Tabla 12. Proyectos potenciales de generación geotermoeléctrica de CFE

Proyecto	Los Azufres III Fase I	Los Humeros III Fase A	Ciclo Binario Tres Vírgenes	Los Humeros III Fase B	Los Azufres	Cerritos Colorados
Capacidad (MW)	50	25	1.7	25	25	25
Estado	Construcción	Adjudicado	Proyecto	Proyecto	Proyecto	Proyecto
Operación	Dic. 2014	Sep. 2015	2016	2018	2018	2019
Localización	Michoacán	Puebla	Baja California Sur	Puebla	Michoacán.	Jalisco

Fuente: SENER con información de CFE. Foro Internacional Sobre Energía Geotérmica. 2013.

2.5 Recurso hidráulico

La energía hidráulica en México está diferenciada en lo que respecta a las actividades de promoción del aprovechamiento de las Energías Renovables. El artículo 2 de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética excluye de su ámbito de aplicación a las centrales hidroeléctricas de más de 30 MW, excepto aquéllas que cumplan al menos uno de los siguientes tres criterios:

- (a) Se utilice un almacenamiento menor a 50 mil metros cúbicos de agua o que tengan un embalse con superficie menor a una hectárea y no rebase dicha capacidad de almacenamiento de agua. Estos embalses deberán estar ubicados dentro del inmueble sobre el cual el generador tenga un derecho real.
- (b) Se trate de embalses ya existentes, aún de una capacidad mayor, que sean aptos para generar electricidad.
- (c) Su densidad de potencia, definida como la relación entre capacidad de generación y superficie de potencia, definida como la relación entre capacidad de generación y superficie del embalse, sea superior a 10 watts/m².

Esta definición no supone que en México se haga una diferencia entre energía hidráulica renovable o no renovable, pues la ley refiere en su artículo 3° al “movimiento del agua en sus cauces naturales o artificiales” como energía renovable. Solamente que se excluyen a un segmento de ellas de los instrumentos de fomento creados por la ley. Debido a que las hidroeléctricas sujetas a promoción tienen un impacto relativo menor, se puede dividir ambos segmentos con la denominación “hidroeléctricas” e “hidroeléctricas de bajo impacto”.

No obstante lo anterior, debido a que las últimas reformas a la LAERFTE fueron realizadas durante 2013 aún existe un área de oportunidad en el Inventario Nacional de Energías Renovables para la evaluación del inventario de recursos hidrológicos de forma diferenciada.



Tabla 13. Capacidad y Generación de proyectos hidroeléctricos por zona

Zona	Número de Proyectos	Potencia instalable (MW)	Generación (GWh)
Soto la Marina	1	4	35
Pánuco	24	48	419
Costa Veracruz	49	89	780
Papaloapan	42	141	1,233
Coatzacoalcos	11	125	1,100
Tonalá	4	6	56
Tacotalpa	16	77	662
Grijalva	38	257	2,253
Usumacinta	38	1,157	10,134
Costa de Chiapas	4	4	37
Costa de Oaxaca	27	107	941
Costa de Michoacán	8	21	182
Costa de Guerrero	32	96	844
Balsas	45	200	1,752
Lerma	8	19	167
Costa de Jalisco	27	49	431
Santiago	17	59	513
San Pedro	6	19	163
Acaponeta	6	15	136
Baluartes Elota	16	27	235
San Lorenzo	21	37	328
Río Fuerte	19	29	251
Yaqui	15	77	674
Conchos	4	10	92
Nazas	3	6	48
Total	481	2,679	23,466

Nota: El total puede no coincidir debido al redondeo.



2.6 Bioenergéticos

Como parte de la segunda etapa de estudios del INER, los resultados preliminares para biomasa, estiman el potencial de generación de energía térmica de la biomasa por tipo de la siguiente forma:

Tabla 14. Biomasa apta para generar energía por tipo a nivel nacional (TJ)

Tipo	Contenido energético
Biomasa Agrícola	
Granos y Oleaginosas	71,811
Hortalizas	24,249
Frutales	13,980
Otros	1,878
Potencial de actividad pecuaria	
Rastros	1,353
Granjas porcícolas	12,806
Biomasa de actividades urbanas	
Plantas de tratamiento de aguas residuales	22,708
Biomasa industrial	
Bagazo de agave	2,127
Bagazo de caña	5,354
Bagazo de malta	153
Potencial proveniente del manejo de bosque	
Biomasa de bosque de encino	202,792
Biomasa de bosque mixto	19,568
Biomasa de selva	1,256,239
Biomasa de bosque de pino	82,362

Fuente: INER. Segunda etapa. Resultados preliminares.



CAPÍTULO TRES.

MARCO REGULATORIO Y DE POLÍTICAS PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES

3.1 Marco jurídico y regulatorio del sector eléctrico renovable

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos contiene en sus artículos 4, 27 y 28, varios preceptos en los que el uso y aprovechamiento de las energías renovables y no renovables se sustentan, como el derecho a un medio ambiente adecuado (artículo 4°); así como la rectoría que le corresponde al Estado del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable. También, el derecho que se otorga a la Nación de regular el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación (artículo 27), con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana; y la necesidad que se establece de asegurar la eficacia de la prestación de los servicios y la utilización social de los bienes. En este marco se desarrollan leyes, reglamentos y normativa específica.¹²

El Servicio Público de Energía Eléctrica se entiende como la realización de obras e instalaciones y trabajos que precisen la planeación, ejecución, operación y mantenimiento del sistema eléctrico nacional, siempre y cuando dichas actividades se

¹³ Elementos fundamentales pueden encontrarse en los siguiente ordenamientos: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos; Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía; Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; Ley de la Comisión Reguladora de Energía; Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal; Ley de Desarrollo Rural Sustentable; Ley de Energía para el Campo; Ley del Impuesto sobre la Renta; Ley Federal de las Entidades Paraestatales; Ley Federal Sobre Metrología y Normalización; Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica; Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones; Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía; Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.



encuentren dirigidas a la prestación del servicio de energía eléctrica a la población, empresas y entidades públicas y privadas en general, y están encomendadas enteramente a la Comisión Federal de Electricidad.

En diciembre de 1992, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, (LSPEE) fue modificada para permitir la participación privada en las actividades de generación de energía eléctrica. El artículo 3 de esta ley enumera seis actividades que no están consideradas como servicio público, entre las que se encuentra el autoabastecimiento, cogeneración, producción independiente, pequeña producción, importación y exportación de energía eléctrica. Posteriormente, en 2008, con la publicación de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética (LAERFTE) se establecieron reglas específicas para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables y mediante procesos de cogeneración eficiente. En congruencia con lo anterior, la Comisión Reguladora de Energía (CRE), órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía, con autonomía técnica y operativa, está encargada, entre otras actividades, de promover el desarrollo eficiente mediante la regulación de la generación, exportación e importación de energía eléctrica que realicen los particulares en México (artículo 2, fracción II Ley de la CRE).

A partir de las atribuciones conferidas por la LAERFTE, la CRE desarrolló e implantó una regulación específica para fuentes renovables de energía y publicó convenios y modelos de contratos para regular la generación de energía según la capacidad, de acuerdo a los cuales los proyectos de menos de $\leq 500\text{kW}$ no requieren permisos de la CRE, aunque sí el cumplimiento de la normatividad técnica emitida por CFE, a partir de metodologías emitidas por la CRE.

Por otra parte, la energía eléctrica prevista para exportación debe entenderse como aquella generada en territorio nacional para ser aprovechada en otro país. Para enajenar energía eléctrica en territorio nacional, el permisionario deberá obtener el permiso en la modalidad en que se trate. La exportación se puede realizar a través de proyectos de cogeneración, producción independiente o pequeña producción en términos de lo previsto por el artículo 116 del Reglamento de la LSPEE (RLSPEE).

Desde la perspectiva del desarrollador de proyectos de energías renovables a todas las escalas, lo fundamental es conocer con mayor detalle los procesos a los que están sujetos en materia de regulación y trámites. La Tabla 15 describe de manera desagregada el conjunto de trámites que son necesarios para que una nueva empresa desarrolle un proyecto y genere energía eléctrica con interconexión a la red, de acuerdo con la modalidad que corresponda. El conjunto de trámites descrito puede segmentarse en aquellos que se refieren a la constitución, evaluación, aprobaciones y permisos, y contrataciones, así como a la celebración de los convenios y contratos específicos.



Tabla 15. Trámites requeridos en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica de más de 500kW

Constitución y Evaluación	Constitución empresarial
	<ul style="list-style-type: none"> - Escrituración, registro de sociedad, registros fiscales y altas empresariales. - Constitución de sociedad de autoabastecimiento.
	Evaluación de Viabilidad Ambiental y Arqueológica
	<ul style="list-style-type: none"> - Manifestación de Impacto Ambiental-SEMARNAT - Registro de generación de residuos-SEMARNAT - Consulta de Zona Arqueológica- INAH
Aprobaciones y Permisos	Evaluación de viabilidad de proyecto eléctrico- CFE
	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de pre factibilidad de interconexión. - Estudio de Porteo.
	Uso de agua – CONAGUA
	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de aguas superficiales. - Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica. - Uso de terrenos federales.
Contrataciones	Uso de suelo - SEMARNAT
	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de uso de suelo forestal. - Licencia Ambiental Única. - Licencia de funcionamiento. - Trámite Unificado de Suelo.
	Generación de energía - CRE
	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de electricidad en producción independiente. - Generación de electricidad en pequeña producción. - Generación de electricidad para autoabastecimiento. - Generación de electricidad en cogeneración.
Contrataciones	Instalaciones eléctricas – CFE
	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto de ingeniería básica. - Solicitud de servicios de transmisión.
	Contratos y convenios con CFE
	<ul style="list-style-type: none"> - Contrato de interconexión. - Contrato de respaldo. - Convenio de transmisión. - Convenio de compraventa de excedentes de energía. - Convenio de construcción.
Contrataciones	Otras contrataciones y trámites
	<ul style="list-style-type: none"> - Contrataciones y Licencias Estatales y Municipales. - Contratación Financiera (Banca Estatal y/o Privada).

Fuente: SENER. 2013.

Nota: Los trámites de agua se refieren al desarrollo de proyectos hidroeléctricos.



3.2 Marco de políticas

México ha tomado distintas medidas para fomentar las energías renovables, con la finalidad de diversificar las fuentes de generación como una forma de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático y contribuir a la seguridad energética del país.

La legislación más específica se concentra en la LAERFTE y la Ley General de Cambio Climático (LGCC). Estas dos leyes definen metas, la primera respecto a los límites de generación fósil en 2024 (65%) en 2035 (60%) y 2050 (50%), y la segunda respecto a la participación de tecnologías de generación limpia de energía, 35% en 2024. Estas metas orientan las políticas de promoción de energías renovables, con la intención de cumplir en tiempo los requerimientos de estas Leyes.

Para el cumplimiento de estas metas, de manera adicional a los instrumentos regulatorios, el gobierno tiene a su disposición otros mecanismos y medios para fomentar el aprovechamiento de energías renovables, entre los que se incluyen instrumentos económicos, de información, de fomento a la investigación y el desarrollo tecnológico de planeación.

3.2.1 Instrumentos económicos

Existe una gran variedad de instrumentos económicos, y muchas maneras de agruparlos. En la Figura 7 se describen algunos de los más importantes de acuerdo con la Asociación Internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés). Se han agrupado en incentivos a la generación, mecanismos complementarios y de nivelación de costos. Dentro de cada uno de estos grupos se identifica un conjunto de políticas específicas, la mayoría de las cuales se implementan en México. La lista aquí presentada incluye subastas, obligaciones de generación, incentivos en la contraprestación, bono en la contraprestación, mecanismos fiscales, prioridad en el despacho, mecanismos de interconexión, incorporación de externalidades y fortalecimiento de cadenas de valor. Entre éstos solamente los incentivos a la generación basados en precio, es decir incentivos y bonos a la contraprestación, no son utilizados en México. Estos se refieren a transferencias directas a los generadores ya sea asegurando una contraprestación superior a la de otras tecnologías de generación o incrementando el pago recibido mediante una regla específica para la fijación de este bono.

Figura 7. Instrumentos económicos para el fomento de generación eléctrica renovable



Fuente: Elaboración propia con base IRENA-IEA. Base de datos de políticas de fomento para las energías renovables.

- Subastas de pequeña producción (Incentivo a la generación)

Las subastas tienen el propósito de asegurar un precio fijo o un mecanismo cierto que permita garantizar al generador un ingreso hacia el futuro. De acuerdo con los Lineamientos para licitaciones tipo subasta relativas a proyectos de pequeña producción de energía eléctrica a partir de energías renovables se debe de realizar procesos de compra de energía denominados “Licitaciones tipo subasta”, de acuerdo con los términos de lo previsto por los “Lineamientos para las licitaciones tipo subasta relativas a proyectos de pequeña producción de energía eléctrica a partir de energías renovables” publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 14 de noviembre de 2012 mediante Resolución RES/382/2012. Estos proyectos tienen un límite de capacidad de hasta 30MW, y su implementación por parte de CFE están sujetos a términos definidos por la Secretaría de Energía (SENER) y por la (CRE) que permitan asegurar un pago cierto de largo plazo para el generador y un beneficio económico para el sector eléctrico con base en la inclusión de dichas subastas en el proceso de planeación del sector eléctrico.

- Metas de generación de corto plazo (Incentivo a la generación)

De conformidad con el artículo 11 de la LAERFTE la SENER deberá establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de las energías renovables, las cuales deberán aumentar gradualmente sobre bases de viabilidad económica y del potencial técnico existente. Dichas metas deberán ser actualizadas y reportadas semestralmente, y se expresaran en términos de porcentajes mínimos de capacidad instalada y



porcentajes mínimos de suministro eléctrico, e incluirán metas para el suministrador (CFE) y los generadores (permisionarios).

De acuerdo con el decreto de publicación del Programa Nacional de Desarrollo, el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables (PEAER) se publicará antes de concluir abril de 2014.

- Depreciación acelerada de activos fijos (Mecanismo Complementario)

Dentro del conjunto de instrumentos de política existentes en México para la promoción de las energías renovables, existe uno de carácter fiscal: la depreciación acelerada para inversiones en energías renovables, establecida en 2005, que permite depreciar el 100% de las inversiones “para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables” (Ley del Impuesto sobre la Renta, artículo 40, fracción XII).

La depreciación sólo se podrá efectuar cuando haya impuesto sobre la renta a cargo. Si la depreciación es mayor que el impuesto, el contribuyente seguirá depreciando la inversión en los años siguientes. Con el fin de impedir que este mecanismo favorezca las inversiones en tecnologías de baja calidad, se establece que “lo dispuesto en esta fracción será aplicable siempre que la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en el que se efectúe la deducción” (Ley del Impuesto sobre la Renta, artículo 40, fracción XII).

- Esquemas de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional (Mecanismo Complementario)

El “Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable o Cogeneración Eficiente (CIFER)” puede ser aplicado por personas físicas o morales. La capacidad instalada mayor a 500 kW requiere de un permiso de generación en la modalidad de autoabastecimiento o cogeneración de la CRE. De la misma manera el “Contrato de Interconexión para fuente de energía hidroeléctrica (CIFEH)” puede ser aplicado por personas físicas o morales. La capacidad mínima instalada debe de cumplir con los criterios establecidos por la LAERFTE respecto a hidroeléctricas y requiere de un permiso de generación en la modalidad de autoabastecimiento de la CRE.

Adicionalmente existe un esquema preferente de intercambio de energía, que no forma parte del Contrato, sino está definido por la regulación emitida por la CRE. De acuerdo con este esquema, el permisionario puede aprovechar el denominado “Banco de Energía” para acumular la energía sobrante para su consumo durante los siguientes 12 meses.

- Metodología para la determinación de los cargos correspondientes a los servicios de transmisión que preste el suministrador a los permisionarios con centrales de generación de energía eléctrica con fuente de energía renovable o cogeneración eficiente (Mecanismo Complementario)



Esta metodología busca establecer, de una forma sencilla y económica, los cargos correspondientes a los Servicios de Transmisión que preste el Suministrador a los Permisarios que requieren transmitir energía eléctrica (porteo) a sus centros de consumo. Por eso se estableció un cargo, que incluye los costos relacionados con el uso de la infraestructura, las pérdidas, los servicios conexos a la transmisión y el cargo fijo por administración del convenio. La metodología también se conoce como “estampilla postal”. Los cargos se establecieron como contraprestaciones fijas por kilowatt-hora (kWh) y dependen únicamente de los niveles de tensión utilizados en los servicios de transmisión.

- Metodología de externalidades (Nivelación de costos)

El artículo 10 de la LAERFTE, el artículo 36 bis de la LSPEE y el artículo 34 de la LGCC establecen el Marco Legal para que la SENER, en cooperación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y la Secretaría de Salud (SS) desarrolle y aplique una metodología para que integren los costos externos al servicio público de energía eléctrica. En el caso de la generación de energía eléctrica, dependiendo de la tecnología de generación existen diferentes costos externos, una parte importante de estos costos están asociados a la emisión de contaminantes.

La “Metodología para calcular las externalidades asociadas a la generación de electricidad en México” fue publicada el 14 de diciembre de 2012 y su objetivo es incorporar los costos de las externalidades por tipo tecnología en la planeación, despacho de energía y evaluación de proyectos del sector.

- Política de fortalecimiento de cadenas de valor (Nivelación de costos)

El objetivo de desarrollar cadenas de valor es doble: por un lado, se encuentra la posibilidad de generar empleo, actividad económica e impuestos, y por el otro, es posible reducir el costo del desarrollo de proyectos de generación. Este último fenómeno sólo ocurre cuando se adoptan reglas de mercado que garantizan que los productos y servicios que provienen de cadenas de valor son globalmente competitivos y, en efecto, reducen el costo de los proyectos en lugar de incrementarlos.

La Secretaría de Economía (SE) cuenta con el Programa de Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología (PRODIAT), que hasta el momento se ha aprovechado en la industria solar, pero podría ser aprovechado por otros sectores tecnológicos, con el fin de generar los diagnósticos estratégicos sobre las barreras de mercado que impiden el desarrollo de mayores componentes de las cadenas de valor competitivas.

3.2.2 Instrumentos de información

El principal instrumento de información para la promoción de las energías renovables es el Inventario Nacional de Energías Renovables (INER). De acuerdo con la LAERFTE es función de la SENER el establecer y actualizar el INER como una medida para hacer llegar la información de potencial y de posibilidad de proyectos a los desarrolladores



interesados en el tema y al público en general. Con esta herramienta se pueden sustentar con mejores argumentos las metas marcadas para la generación mediante fuentes de energías renovables que deberán ser establecidas en el PEAER y servir como fuente de información para definir el aporte de proyectos de autoabastecimiento y cogeneración con energías renovables para satisfacer la demanda proyectada de energía en el plan de expansión de generación

Internalización de los costos externos en el sistema eléctrico mexicano: el uso de la metodología de externalidades ambientales y sociales

Como medio para impulsar el desarrollo sustentable en el sector energía se han instaurado políticas que contemplan el impacto ambiental en la generación de energía eléctrica, y su internalización mediante mecanismos que hagan más competitivas a las energías renovables sin que medie en ello una transferencia directa del gobierno o la sociedad a los generadores. Este es el caso de la política y metodología de externalidades.

De acuerdo con el artículo 10 de la LAERFTE, SENER, con la opinión de SHCP, SEMARNAT, y de la Secretaría de Salud, elaborará una metodología para valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad, a partir de las diversas fuentes renovables y no renovables en sus distintas escalas, así como las acciones de política a que se refiere esta Ley, relacionadas con dichas externalidades. Asimismo de acuerdo con el artículo 36 bis de la LSPEE, la CFE debe de aprovechar la producción de energía eléctrica que le resulte de menor costo, considerando los costos de las externalidades ambientales para cada tecnología, en sus distintas escalas en el Sistema Eléctrico Nacional, y con el artículo 34 de la Ley General de Cambio Climático que estipula que para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se debe considerar incluir los costos de las externalidades sociales y ambientales para la generación de energía eléctrica, sin referirse solamente al Servicio Público de Energía Eléctrica, sino a la generación en general.

El 14 de diciembre de 2012 en cumplimiento a este mandato, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Metodología para valorar externalidades asociadas con la generación de electricidad en México. De acuerdo con este decreto es función de la SEMARNAT en coordinación con la SENER y las dependencias responsables de la APF, desarrollar estudios que permitan medir local y/o regionalmente, el impacto o valor que tienen las emisiones asociadas a la generación de electricidad en la economía, la sociedad, el ambiente y la salud en México en el corto, mediano y largo plazo, así como elaborar y enviar a SENER un documento que indique las expectativas de corto, mediano y largo plazo para la valoración de los Instrumentos Financieros Asociados con las Emisiones de Sustancias Contaminantes.

En la estimación de externalidades sólo se considerarán los impactos positivos o negativos que pueden ser estimados con una metodología probada y basada en criterios técnicos, económicos y ambientales aceptados y cuyo impacto estimado es significativamente diferente de cero.



La metodología se aplica en los siguientes casos:

- Planeación del sector eléctrico, el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) incorporará las Externalidades Ambientales y Sociales.
- Despacho de las unidades del sector eléctrico destinadas al servicio público.
- Análisis costo-beneficio de los proyectos de inversión para la generación de energía eléctrica, las externalidades ambientales y sociales serán incorporadas en la evaluación socioeconómica del programa o proyecto de inversión en consideración por parte de CFE.

Actualmente, con la concurrencia de los diferentes sectores Energía, Medio Ambiente y Salud, se realizan estudios para estimar dichos impactos. La implementación de un proceso sistemático de evaluación de impactos requiere de un gran esfuerzo, por lo que se ha optado por iniciar el esfuerzo con dos conjuntos de valores ya conocidos sobre externalidades de impacto local y regional, por un lado, y globales, por el otro.

Para el caso de las emisiones de contaminantes criterio, las autoridades mexicanas optaron por utilizar los valores del estudio realizado por SEMARNAT y CEPAL en 2004 intitulado *Evaluación de las externalidades ambientales en la generación termoeléctrica en México*. Sin embargo, al mismo tiempo se realizan estudios para todas las tecnologías mediante el uso del sistema de modelación SIMPACTS (desarrollado por el Organismo Internacional de Energía Atómica), así como otras herramientas. Los valores actualizados a precios de 2013 son los siguientes:

Valores unitarios del impacto de externalidades en la producción de electricidad (\$ ²⁰¹³ / MWh)				
Combustible (Tecnología)	SO ₂	NO _x	PST (PM ₁₀)	TOTAL
Carbón (Carboeléctricas)	13.82	1.61	1.56	16.99
Combustóleo (Térmicas convencionales)	27.03	1.06	0.94	29.02
Diésel (Turbogás de baja eficiencia y caso particular CCC Valladolid II).	10.55	1.55	0.09	12.19
Gas (Ciclos combinados de alta eficiencia)	0.00	0.55	0.00	0.55
Gas (Turbogás de alta eficiencia, turbogás generación distribuida, ciclo combinado antiguo y térmica convencional)	0.00	0.58	0.00	0.58
Resto de tecnologías (Nuclear, geotérmica, eólica, solar, hidráulica)	-	-	-	-

En cuanto a contaminantes globales se ha utilizado el valor propuesto por SHCP para la creación de un impuesto al CO₂, de 70.68 pesos por tonelada de CO₂. Este valor deberá ser posteriormente complementado con estimación de mediano y largo plazo sobre el mismo.



Combustible	Emisiones de CO ₂ (Ton/MWh)	Costo de externalidad (\$ ²⁰¹³ / MWh)
Combustóleo	0.822	58.04
Carbón	1.082	76.41
Gas natural	0.524	37.00

Referencias: Metodología para valorar externalidades asociadas con la generación de electricidad en México. Diario Oficial de la Federación. 14 de diciembre de 2012; SHCP. Iniciativa de Ley de Ingresos 2013; SEMARNAT-CEPAL. Evaluación de las externalidades ambientales en la generación termoeléctrica en México. CEPAL 2004.

3.2.3 Instrumentos de fomento a la investigación y el desarrollo tecnológico

En el marco de la Ley de Ciencia y Tecnología en el sector energía existe el Fondo Sectorial SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética (FSE). El FSE es un instrumento creado para impulsar la investigación científica y tecnológica aplicada, así como la adopción, innovación, asimilación y desarrollo tecnológico en 4 líneas: eficiencia energética, fuentes renovables de energía, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía.

El Fondo apoya el financiamiento de proyectos de investigación, desarrollo e innovación liderados exclusivamente por instituciones de educación superior y centros de investigación del país, inscritos en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT).

El Fondo cuenta con dos iniciativas insignia. Por un lado se encuentran los Centros Mexicanos de Innovación en Energía, que se discuten de manera extensiva en el capítulo 8, y el Laboratorio de Innovación en Sustentabilidad Energética que pretende impulsar el desarrollo de proyectos de innovación, que involucren actividades de investigación científica y tecnológica aplicada, adopción, asimilación y desarrollo tecnológico, como una ventanilla para la recepción continua de proyectos.¹³

¹³ Información adicional puede consultarse en <http://sustentabilidad.energia.gob.mx>.



3.2.4 Instrumentos de planeación

Una de las herramientas más favorables para el impulso de las energías renovables, debido a la necesidad de contar con inversión de largo plazo, es el desarrollo de instrumentos de planeación que reduzcan la incertidumbre a todos los actores involucrados, incluidas instituciones públicas, empresas y organizaciones privadas y consumidores en general.

En el sector energía, el principal instrumento de planeación de largo plazo es la Estrategia Nacional de Energía (ENE), la cual se elabora por la SENER, para su posterior aprobación por parte del Congreso de la Unión. La ENE es un documento de planeación integral que ordena y alinea las acciones de los diferentes actores que participan en el sector en una misma visión de largo plazo. Por Ley se actualiza cada año con un horizonte de 15 años, y por su propia naturaleza el documento se aleja de los temas coyunturales y se enfoca en los temas estratégicos de largo plazo, es decir, en aquellos que se tiene que actuar por largo tiempo para mejorar las condiciones.

A partir de la ENE y el PND es posible elaborar el Programa Sectorial de Energía. Estos documentos permiten a su vez la elaboración del PEAER. El PEAER permite integrar las aportaciones de todas las dependencias de la administración pública federal, así como de los sectores privados, social y otras instancias gubernamentales si así deciden hacerlo.

De acuerdo con la LAERFTE el PEAER debe establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de energías renovables, así como definir las estrategias y acciones necesarias para alcanzarlas, así como establecer metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad, las cuales deberán aumentar gradualmente sobre bases de viabilidad económica y potencial técnico existente.

Asimismo, de acuerdo con la Ley de Planeación, esta clase de instrumentos deben desarrollarse de manera participativa, por lo que en la elaboración del PEAER participa el Consejo Consultivo de las Energías Renovables que incorpora a SENER, SEMARNAT, Secretaría de Salud, Secretaría de Economía, Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CRE y CFE además de seis miembros de los diferentes sectores de la sociedad e invitados, que en 2013 fueron Asociación Mexicana de Energía Eólica, Asociación Nacional de Energía Solar, Red Mexicana de Bioenergéticos, Consejo Mundial de Energía Capítulo México, Instituto de Energías Renovables-UNAM. Adicionalmente, se ha invitado de manera permanente a SEDESOL, PEMEX, CONACYT, CONAGUA y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, y se ha abierto la puerta a otras organizaciones públicas, privadas y sociales, mediante grupos de trabajo especializados, como se observa en la Tabla 16.



Tabla 16. Participación en el Consejo Consultivo para las Energías Renovables

Mecanismo de participación	Integrantes del mecanismo		Tipo de participación	
	Total de integrantes	Número de integrantes de la sociedad civil	Voz	Voto
Consejo Consultivo para las Energías Renovables	35	17	17	6
Grupos de Trabajo del Consejo Consultivo para las Energías Renovables	54	29	29	---

Fuente: Consejo Consultivo para las Energías Renovables. 2013.

Nota: Síntesis al cierre del cuarto bimestre de 2013.

3.3 Biocombustibles

La producción y transporte de biocombustibles se rige por la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LBDB), el Reglamento de la Ley y los Lineamientos para el otorgamiento de permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de bioenergéticos del tipo etanol anhidro y biodiesel. Este marco normativo tiene como objetivo primordial el impulso al desarrollo y crecimiento de una industria de biocombustibles en el país, como un medio para contribuir al desarrollo rural, diversificar las opciones energéticas del país y contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero.

En diciembre de 2005 se presentó a la Cámara de Diputados la iniciativa LPDB, la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de febrero de 2008. Este ordenamiento prevé que la promoción del desarrollo de los Bioenergéticos debe considerarse una actividad de interés general para coadyuvar al desarrollo nacional integral y garantizar el desarrollo sustentable del sector rural, mediante la creación de empleos para los campesinos. Es el principal eje legal para el impulso del etanol como un biocombustible y es una norma jurídica reglamentaria de los artículos 25 y 27 fracción XX de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por lo que es de observancia general en toda la República Mexicana y tiene por objeto la promoción y desarrollo de los Bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable, como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano y establecer las bases para promover la producción de insumos para Bioenergéticos, así como desarrollar la producción, comercialización y uso eficiente de los mismos.

El Reglamento de la Ley determina las bases, elementos y características de los Programas que, en su momento, fueron elaborados por las autoridades competentes. Con la finalidad de impulsar el desarrollo de la industria del etanol anhidro y el biodiesel.



En octubre de 2009 la Secretaría de Energía difundió en la página web de la dependencia el Programa de Introducción de Bioenergéticos (PIB), y posteriormente en diciembre de 2012, el Programa de Introducción de Etanol Anhidro (PIE) mediante los cuales se pretendió analizar las condiciones que debían considerarse para la adquisición de etanol anhidro por parte de Petróleos Mexicanos a través de los procedimientos de licitación pública nacional.

3.3.1 Marco jurídico y regulatorio aplicable a los biocombustibles

Al tratarse de un tema con implicaciones transversales la LPDB señala como autoridades competentes en materia de bioenergía a la SAGARPA, a la SENER y a la SEMARNAT, y prevé la creación de la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos integrada por los titulares de las Secretarías antes señaladas, así como de la SE y la SHCP. Esta Comisión está prevista como un órgano colegiado encargado básicamente de analizar y establecer las directrices de política pública en materia de bioenergéticos, para la posterior ejecución de acciones a través del ejercicio de las facultades por parte de las autoridades competentes.

La bioenergía o generación de energía a partir de biomasa en lato senso, se le considera energía renovable y le resultan aplicables tanto la LAERFTE como la LPDB, de tal forma que la SENER tiene, entre otras, las siguientes atribuciones para llevar a cabo la planeación en el tema: elaborar, en el marco de la Ley de Planeación, los programas sectoriales y anuales relativos a la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de Bioenergéticos; establecer el Programa de Introducción de Bioenergéticos, considerando objetivos, estrategias, acciones y metas en cuya elaboración se tomarán en cuenta principalmente la producción nacional sobre la importación, la definición de plazos y regiones para la incorporación del etanol como componente de la gasolina, y la incorporación del biodiesel al consumo así como los requerimientos de infraestructura para su producción, transporte y comercialización. Se ha realizado los siguientes programas:

- Programa de Introducción de Bioenergéticos: El 07 de octubre de 2009 se publicó en su portal de internet de la SENER el Programa de Introducción de Bioenergéticos, el cual prevé tres etapas para la introducción paulatina de etanol anhidro en las gasolinas que se comercializan en las principales zonas metropolitanas del país.
- Programa de Introducción de Etanol Anhidro: El 15 de diciembre de 2011, se estableció el Programa de Introducción de Etanol Anhidro, como un instrumento que permitirá asegurar su efectiva introducción en nuestra matriz energética. Este programa sustituye lo establecido en el Programa de Introducción de Bioenergéticos en materia de etanol anhidro y oxigenantes para gasolina.

El 18 de junio de 2009 se publicó en el Diario Oficial el Reglamento de la LPDB, el cual tiene como objetivo proveer en la esfera administrativa la exacta observancia de la LPDB: establece las bases, elementos y características que debían contener los programas que,



en su momento, tenían la obligación de emitir las autoridades competentes, asimismo prevé los requisitos, procedimientos y plazos específicos para el otorgamiento de permisos para el uso del maíz en la producción de Bioenergéticos, así como de permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de Bioenergéticos, precisa las medidas que deberán seguirse para la protección del medio ambiente durante el desarrollo de la industria, y mide las sanciones que corresponden a las diferentes infracciones estipuladas en el marco jurídico.

El 13 de noviembre de 2009 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación los acuerdos mediante los cuales se emiten los Lineamientos para el otorgamiento de permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de bioenergéticos del tipo etanol anhidro y biodiesel, y los Formatos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de Bioenergéticos del tipo etanol anhidro y biodiesel. Éstas definen los trámites fundamentales a los que está sujeto los productores de biocombustibles, que se suman al conjunto de trámites, como pueden verse en la Tabla 17.

Tabla 17. Trámites para la solicitud de permiso de comercialización, producción y almacenamiento y transporte de bioenergéticos

Constitución y Evaluación	Constitución empresarial
	<ul style="list-style-type: none"> - Escrituración, registro de sociedad, registros fiscales y altas empresariales. - Constitución de sociedad de autoabastecimiento.
Aprobaciones y Permisos	Producción y Transporte de bioenergéticos
	<ul style="list-style-type: none"> - Producción y almacenamiento de bioenergéticos- SENER - Comercialización de bioenergéticos- SENER - Transporte de bioenergéticos- SENER - Distribución de bioenergéticos- SENER - Aviso de exención de permisos- SAGARPA

Fuente: SENER. 2013.

3.3.2 Políticas de fomento

En relación a las Líneas Estratégicas del Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico (PROINBIOS), las acciones relevantes que prevé son las siguientes:

i. Desarrollo de sistema de información.

La SAGARPA puso a disposición del público, desde el 30 de marzo de 2011, el portal www.bioenergeticos.gob.mx, en el que se brinda información relevante sobre los tipos de biocombustibles que existen, el panorama internacional, los programas y apoyos gubernamentales nacionales y análisis de coyuntura.

ii. Impulso a la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología.

La SAGARPA a través del INIFAP desarrollo tecnologías sustentables de producción de insumos para la obtención de biocombustibles en México, contando a la fecha con estudios de potencial productivo, 21 Guías Técnicas de Producción para jatropha,



higuerilla, sorgo dulce y remolacha, una publicación sobre la calidad fisicoquímica de insumos bioenergéticos para la producción de biodiesel, y estudios de balance energético.

El Colegio de Postgraduados (COLPOS) elaboró un estudio a detalle de potencial productivo para caña, y con el INIFAP realizó la evaluación y selección de variedades con alto potencial productivo para la producción de etanol en 8 entidades federativas del país.

La SAGARPA también apoyó el equipamiento de dos laboratorios para realizar análisis sobre la calidad de los insumos para biocombustibles, uno para etanol ubicado en Tecomán, Colima, y otro para biodiesel localizado en Rosario Izapa, Chiapas.

iii. Fomentar las asociaciones para el desarrollo de los biocombustibles

La SAGARPA estableció esquemas de apoyos para promover la producción de biocombustibles, entre ellos, para la adquisición de activos que serán reconocidos como aportación accionaria por parte de los productores.

iv. Generar certidumbre de mercado.

A través de las investigaciones realizadas, la SAGARPA busca que los interesados en producir insumos para bioenergéticos tengan mayor certidumbre e información para la toma de decisiones al contar con:

- Paquetes tecnológicos validados,
- Variedades con alto potencial para la producción de bioenergéticos,
- Identificación de zonas con mayor potencial, entre otros.

v. Promover la producción de insumos.

Durante el 2008-2010 la SAGARPA apoyó el establecimiento de una Planta Piloto de Biodiesel en Chiapas, con capacidad de 20,000 litros diarios.

En lo referente a contar con material vegetativo validado, la SAGARPA con el apoyo del INIFAP realizó el establecimiento de semilleros de caña de azúcar y de sorgo dulce en Tomatlán, Jalisco, para apoyar el establecimiento de cultivos comerciales.

Asimismo, los esquemas de apoyo para fomentar la producción de biocombustibles que la SAGARPA coordina o ejecuta a través de instancias como el FIRCO, FIRA, FOCIR, Financiera Rural y el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT, considera incentivos para el establecimiento de semilleros y/o cultivos comerciales para la producción de insumos para bioenergéticos; apoyo a proyectos de plantas piloto; apoyos para la adquisición de activos que serán reconocidos como aportación accionaria de los productores; e investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología.

En Materia de difusión y fomento al uso de biocombustibles por parte de la SENER se llevaron a cabo las siguientes acciones:



- En 2007 se llevó a cabo el seminario “Retos para el Desarrollo de Biocombustibles en México”.
- En 2009 se llevó a cabo el Segundo Congreso Internacional de Bioenergéticos en la ciudad de León, Guanajuato.
- En 2010 se publicaron en el portal electrónico de la SENER los estudios denominados “Recomendaciones de especificaciones técnicas para el etanol y sus mezclas y la infraestructura para su manejo en México”, y su versión in inglés, “Recommendations for a Mexican biodiesel standard and the infrastructure required for its handling”.
- En el 2011 se integró al portal de renovables la información relativa a bioenergéticos el cual integra una descripción de la tecnologías, marco jurídico, incentivos, licitaciones, prospectivas, noticias y preguntas frecuentes de los bioenergéticos en México.
- En el año de 2012 se llevó a cabo el taller de Biodiesel, cuyo objetivo fue reunir a los distintos actores que participan en la cadena productiva del Biodiesel, y definir los puntos más relevantes para sobre el establecimiento de la calidad del biodiesel entre otros temas.
- Del 21 al 23 de Agosto de 2012 se celebró el VI Seminario Latinoamericano y del Caribe de Biocombustibles, en la Ciudad de Cuernavaca, Morelos, dicho evento fue realizado por la Organización Latinoamericana de Energía en colaboración con la Secretaría de Energía.
- El 23 de abril de 2013 se integró formalmente un Grupo de Trabajo para la Introducción de Bioenergéticos, el cual se ha enfocado básicamente en etanol anhidro.



CAPÍTULO CUATRO.

TRAYECTORIA RECIENTE

4.1 Participación de energías renovables en la matriz energética

México cuenta con una matriz energética diversificada. Sin embargo, de acuerdo con los mandatos de Ley y las iniciativas internacionales, el nivel actual de diversificación es insuficiente.

Entre 2003 y 2012, han ocurrido algunos cambios significativos en la matriz energética (ver Prospectiva de Petrolíferos 2013-2027 y Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027), sin embargo, es difícil presentar el modo en que las energías renovables se han desarrollado en esta etapa de transición. Como se puede observar en la Figura 8, sobre la transformación de la matriz energética, es importante tener en consideración el balance de energía, el cual contempla aspectos como las pérdidas, o los usos propios en los procesos de producción y generación.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2012, entre 2003 y 2012, el porcentaje de energía bruta renovable pasó del 9.3% al 10.7%. Sin embargo, debido a los procesos de pérdidas por transformación y usos propios, que ocurren tanto en el aprovechamiento de energías renovables como en la producción de energía por fuentes fósiles, sólo una porción de la energía bruta está disponible como energía utilizable. De la producción bruta de energía, sólo el 54% se entrega finalmente para su consumo. Esta energía disponible para consumo se denomina producción neta. A partir de la producción neta es posible describir la fuente de energía, La práctica internacional, adoptada por la iniciativa SE4ALL de Naciones Unidas, presentada en el Capítulo 1, es utilizar como referente la producción neta, por ser esta la energía disponible para consumir.

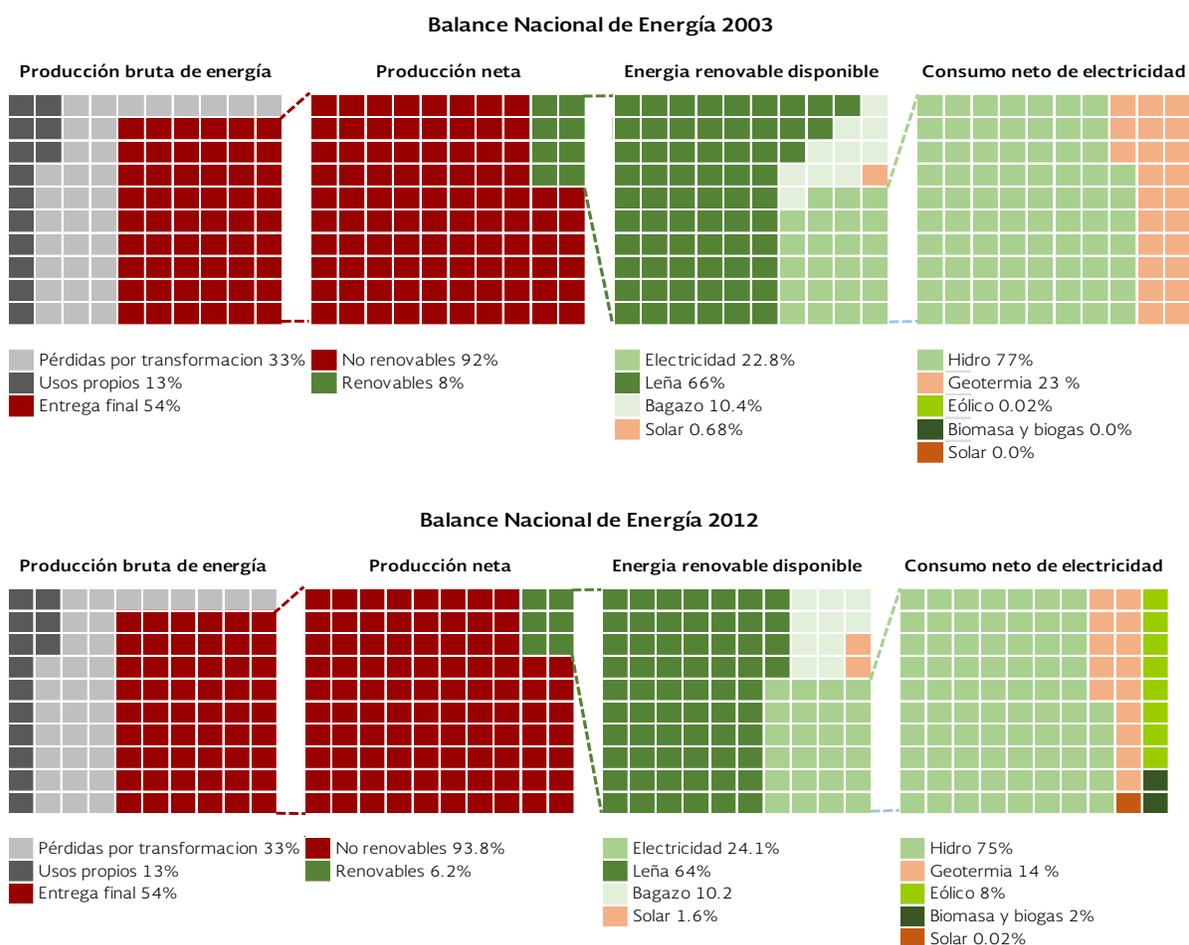
En México, entre 2003 y 2012 la producción neta de energías renovables disminuyó del 8% al 6.2% como se observa en la Figura 8. La mayor parte de energía renovable finalmente consumida en 2012 residió en la leña y el bagazo. Estas dos formas de energía renovables representan tres cuartas partes de todas las energías renovables disponibles, y sólo han visto una reducida disminución en su participación en los últimos diez años.

En 2003 la energía solar aprovechada era considerablemente reducida, pues sólo representó el 0.68% de las energías renovables. Sin embargo, el incremento en el uso de calentadores solares de agua ha triplicado su participación en los últimos 10 años, para alcanzar el 1.6% de la energía renovable disponible para consumo.

Finalmente, también está disponible para los consumidores la energía eléctrica, que en diferentes medidas proviene de fuentes renovables de energía. Es en este componente del balance de energía de nuestro país que se han observado los mayores cambios. En

2003 virtualmente toda la generación de electricidad con fuentes renovables se concentraba en energía hidroeléctrica con 77% y geotermoeléctrica con 23%. En 2012 la generación hidroeléctrica aún mantiene un papel preponderante con 75%, mientras que la geotérmica ha reducido su participación a 14%, el resto se distribuye en un portafolio más amplio de energías renovables, energía eólica con 8%, electricidad a partir de biomasa y biogás con 2% y la energía solar fotovoltaica con 0.02%.

Figura 8. Energías renovables en la transformación de la matriz energética, 2003-2012



Fuente: SENER.



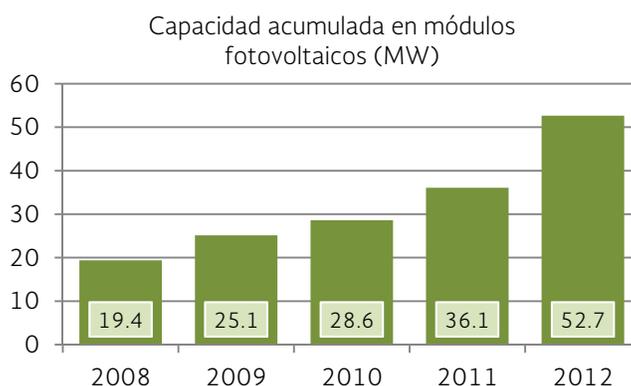
4.2 Participación de energías renovables en el sistema eléctrico nacional

4.2.1 Energía solar fotovoltaica

El desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos para generación de electricidad, superiores a 500 kW en México es relativamente nuevo, inició en 2011, con un proyecto privado en la modalidad de autoabastecimiento en el estado de Aguascalientes de 3.8 MW, y dos proyectos piloto desarrollado por CFE en 2012 de 1 MW en Sata Rosalía, Baja California Sur y otro de 5 MW en Cerro Prieto, Baja California.

No obstante que solo existen algunos proyectos de generación fotovoltaica de más de 500 kW, CFE registró al 31 de diciembre de 2012 un total de 1,681 contratos de interconexión renovables.¹⁴ De acuerdo con el Balance Nacional de Energía, en 2012, la capacidad total instalada de sistemas fotovoltaicos registró un incremento porcentual respecto a 2011 de 46 % con 52.6 MW,¹⁵ teniendo como uso final la electrificación rural, comunicaciones, bombeo de agua y refrigeración (ver Gráfica 8).

Gráfica 8. Capacidad acumulada en módulos fotovoltaicos (MW)



Fuente: Balance Nacional de Energía 2012. 2013.

¹⁴ CFE. Comportamiento de los contratos de interconexión en pequeña y mediana escala. 2013. Disponible en <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>

¹⁵ SENER. Balance Nacional de Energía 2012.



4.2.2 Energía termosolar

Actualmente en México no se cuenta con centrales en operación que utilicen exclusivamente este tipo de tecnología de aprovechamiento de la energía solar. Sin embargo, en el estado de Sonora se encuentra el proyecto Agua Prieta II, a cargo de la CFE, mismo que consiste de un sistema híbrido de ciclo combinado (477 MWe) y de un campo termosolar de canales parabólicos con una potencia de 14 MWe en un área de 600,000 m². Se espera que el proyecto entre en operación en 2014.

4.2.3 Energía eólica

Los primeros desarrollos eólicos en México comenzaron con los proyectos de CFE Guerrero Negro (Puerto Viejo) y La Venta, inaugurados en 1982 y 1994 respectivamente, estos fueron los únicos proyectos hasta el año de 2009, cuando, a partir del desarrollo de la primera temporada abierta de reserva de capacidad en el estado de Oaxaca se inauguraron múltiples proyectos eólicos con participación privada (ver Tabla 18). El mecanismo de temporadas abiertas permitió la planeación y desarrollo de nueva infraestructura de transmisión para el aprovechamiento del recurso eólico. Sin embargo, a pesar de que la línea de transmisión ya está en operación, diversos proyectos fueron afectados por la crisis económica mundial que redujo las alternativas de financiamiento desde el año 2009, por lo que se observaron algunos retrasos.

Tabla 18. Proyectos eólicos para generación de electricidad en México

Nombre	Inicio de Operación	Modalidad	Capacidad Instalada (MW)
Eólica Zopiloapan (Bii Nee Stipa III)	01/01/2013	Aut	70
Energías Renovables Venta III	31/08/2012	PIE	102
Eólica de Arriaga	05/06/2012	Aut	28.8
Eólica Santa Catarina	05/06/2012	Aut	22
Stipa Nayaa (Bii Nee Stipa II)	01/06/2012	Aut	74
Energías Ambientales de Oaxaca	15/02/2012	Aut	102
Ce Oaxaca Dos	06/02/2012	PIE	102
Ce Oaxaca Tres	31/01/2012	PIE	102
Ce Oaxaca Cuatro	23/12/2011	PIE	102
Fuerza Eólica del Istmo	08/10/2011	PIE	80
Yuumil Ik	01/07/2011	SP	1.5
Eólicos Mexicanos de Oaxaca I	01/06/2011	Aut	90
Instituto de Investigaciones Eléctricas	01/07/2010	PP	5
Bii Nee Stipa I	01/04/2010	Aut	26.35
Eléctrica del Valle de México	01/04/2010	Aut	67.5
Municipio de Mexicali	29/10/2009	Aut	10
Eurus	30/06/2009	Aut	250.5
Parques Ecológicos de México	31/01/2009	Aut	101.9
La Venta	10/11/1994	SP	84.65
Guerrero Negro (Puerto Viejo)	02/04/1982	SP	0.6

Aut: Autoabastecimiento; PIE: Productor Independiente de Energía; PP: Pequeño Productor; SP: Servicio Público.



En el Servicio Público, a partir de 2009 se desarrollaron cinco proyectos bajo el esquema de Productor Independiente de Energía, La Venta III y Oaxaca I, II, III y IV, adicionando 510 MW de capacidad al entrar en operación en 2012 (ver Tabla 19).

Tabla 19. Capacidad efectiva de generación eléctrica eólica en el servicio público MW

Generador	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CFE	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	85.48	85.25	85.25	85.25	86.75	86.75
PIE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	510.85
Total	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	85.48	85.25	85.25	85.25	86.75	597.6

Fuente: Sistema de Información Energética

Nota: No incluye autoabastecimiento de energía, y no se registra la generación si los proyectos se encuentran en período de prueba.

En la modalidad de autoabastecimiento, al 31 de diciembre de 2012 se encontraban en operación nueve proyectos con una capacidad instalada de 729.05 MW, de los cuales 690 MW se encontraban instalados en el estado de Oaxaca (ver Tabla 20). Adicionalmente se encuentran en construcción o por iniciar obras 18 proyectos con una capacidad total de 1,778.15 MW que con los cuales se espera incrementen la capacidad hasta 2,923.2 MW en el corto plazo.

Tabla 20. Permisos de generación para plantas eoloeléctricas, 2012

Estado Actual	Núm. de plantas	Cap. Autorizada (MW)	Energía autorizada (GWh/año)	Localización
En construcción y por iniciar obras	18	1,778.15	6,684.68	Baja California, Oaxaca, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León y Chiapas
Entrada en operación en 2013	3	256	941.45	Oaxaca y Nuevo León
En operación en diciembre 2012	9	729.05	2,755.04	Oaxaca, Chiapas y Baja California
Total	30	2,763.2	10,381.17	

Fuente: CRE, Tabla de Permisos de Generación e Importación de Energía Eléctrica Administrados al 30 de Septiembre de 2013.

[<http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>]



4.2.4 Energía geotérmica

El desarrollo de la geotermia en México inició con el Proyecto Cerro Prieto I de 30 MW desarrollado por CFE en 1973. Su crecimiento ha continuado hasta alcanzar una capacidad instalada de 823.4 MW en 2012 (ver Tabla 21).

Tabla 21. Proyectos geotermoeléctricos en México

Nombre	Inicio de operaciones	Capacidad instalada (MW)
Las Tres Vírgenes	2001	10
Cerro Prieto IV	2000	100
Cerro Prieto III	2000	220
Los Humeros	1991	51.8
Cerro Prieto II	1984	220
Los Azufres	1982	191.6
Cerro Prieto I	1973	30

Fuente: Inventario Nacional de Energías Renovables, 2013.

El desarrollo de la geotermia para generación de electricidad en México había sido prácticamente un campo exclusivo de CFE, por el alto riesgo y costo del proceso de exploración. No obstante lo anterior, el 5 de septiembre de 2013, la CRE expidió el primer permiso para generación eléctrica por geotermia bajo el esquema de Autoabastecimiento por 35 MW. Esta planta se encuentra actualmente en construcción en el estado de Nayarit y se tiene previsto que una primera etapa entre en operación en 2014. Asimismo, la CRE otorgó otro permiso, bajo el esquema de Pequeño Productor la cual está por iniciar obras, con una fecha estimada de entrada en operación para 2016.

4.2.5 Energía hidráulica

La capacidad de generación hidráulica para servicio público que opera la CFE en centrales con una capacidad igual o menor que 30 MW se integra por 94 unidades en 42 centrales, con una capacidad total de 286.6 MW (Ver Tabla 22). Esta capacidad instalada para la generación eléctrica por medio de las plantas, mini y micro hidroeléctricas (menores que 30 MW) se concentra en 14 estados de la República. Cabe destacar la existencia de plantas instaladas hace ya más de cien años, las cuales siguen en servicio, como es el caso de las ubicadas en los estados de Hidalgo, México y Puebla.



Tabla 22. Capacidad efectiva de generación de centrales hidroeléctricas para servicio público menor o igual a 30 MW, al 31 de diciembre de 2012

Estado	Centrales	Capacidad efectiva instalada (MW)
Chihuahua	2	28.0
Chiapas	3	28.5
Guerrero	2	38
Hidalgo	2	4.0
Jalisco	2	14.3
México	8	14.1
Michoacán	7	29.7
Nayarit	1	2.2
Oaxaca	1	2.5
Puebla	3	8.4
Sinaloa	1	14.0
San Luis Potosí	3	20.1
Sonora	2	28.8
Veracruz	5	54.2
Total	42	286.6

Nota: La suma total puede no coincidir debido a redondeo de los montos de capacidad efectiva instalada para las diferentes centrales.

Fuente: CFE.

En lo que corresponde a plantas hidráulicas que no pertenecen al Servicio Público, la CRE otorgó 32 permisos de generación al 31 de diciembre de 2012 con una capacidad de 418 MW, las cuales están situadas en nueve estados de la República. De estas plantas, 26 tienen permiso para autoabastecimiento y 6 de pequeña producción, pero sólo 16 plantas se encuentran en operación con una capacidad de 148 MW, con una generación autorizada anual de 784 GW h/año, como se observa en la tabla 23.

Tabla 23. Permisos de generación para plantas hidroeléctricas menores o iguales que 30 MW, al 31 de diciembre de 2012

Estado actual	Núm. de plantas	Cap. autorizada (MW)	Energía autorizada (GWh/año)	Localización
En construcción	13	217.5	1077.6	Baja California, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca y Veracruz
En operación	16	148	784	Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Puebla y Veracruz
Inactivos	3	53	232.4	Jalisco, Oaxaca y Puebla
Total	32	305.1	1,599.1	

Fuente: CRE. Permisos de Generación Privada. Diciembre de 2012. Disponible en línea, cre.gob.mx/documento/1814.xlsx



4.2.6 Energía de la biomasa

La biomasa en México supone una oportunidad significativa de producción de electricidad competitiva y de bajo impacto ambiental.

La capacidad actualmente instalada para la producción eléctrica por medio de la biomasa es de 677.8 MW, donde el 89.62 % de la producción es por medio del aprovechamiento de la combustión directa del bagazo, el 6.61% proviene del biogás producido de los lodos residuales, agropecuarios, industriales y residuos sólidos urbanos, y el 3.76 % proviene del licor negro producido en la industria papelera (ver Tabla 24).

Tabla 24. Recursos de biomasa aprovechados para generar energía

Combustión directa	Capacidad instalada (MW)	Núm. De centrales	Generación anual 2012 (GWh/a)
Biogás	44.8	10	137.1
Lodos residuales	13.1	3	8.6
Residuos agropecuarios	0.8	1	1.1
Residuos industriales	2.7	2	7.1
Residuos sólidos urbanos	28.2	4	120.3
Combustión directa	633.0	54	1033.9
Bagazo de caña	607.5	52	905.5
Licor negro	25.5	2	128.4
Total general	677.8	64	1171.1

Fuente: SENER con información preliminar de CFE. Energías Renovables en México. 2013. CFE.

Nota: La capacidad de combustión interna también puede ser utilizada para la quema de combustiones fósiles.

4.3 Biocombustibles

4.3.1 Etanol Anhidro

Al día de hoy el Gobierno Federal ha implementado tres acciones principales para impulsar el consumo de etanol por parte de PEMEX:

a) Prueba piloto

Del 11 de diciembre de 2008 al 6 de febrero de 2009 PEMEX, con el apoyo técnico del Instituto Mexicano del Petróleo, realizó una prueba piloto en Cadereyta, Nuevo León para probar el comportamiento de la gasolina oxigenada con etanol al 6% en sustitución del MTBE y con los siguientes objetivos: i) Generar experiencia en el manejo de etanol; ii) Evaluar el rendimiento de la mezcla de gasolina con etanol en los motores de los vehículos, y iii) Evaluar las emisiones a la atmósfera.



Para tal efecto, PEMEX adquirió del Ingenio La Gloria la cantidad de 151,600 litros de etanol de caña con 1% máximo en contenido de agua. A partir de ese volumen produjo 2.38 millones de litros de gasolina base Magna UBA sin oxigenantes, bajo octano y baja presión, y mezclando la gasolina con el etanol en la TAR de Cadereyta. La distribución se realizó en una gasolinera de Monterrey y se monitoreó el desempeño de una flotilla controlada de 101 vehículos, obteniéndose los siguientes resultados:

- No se reportaron quejas ni incidentes por consumo de combustible en la operación de vehículos o por su manejo en las estaciones de servicio.
- No se requirió remplazo de filtros de dispensarios y la gasolina en el fondo de los tanques tenía una apariencia limpia y clara.
- En la formulación y manejo se presentó estabilidad en la formulación en línea (a 6% de etanol en la mezcla).
- Como efecto positivo se presentó una reducción en las emisiones a la atmósfera de los óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.
- Como efecto negativo se presentó un incremento en las emisiones de acetaldehídos y formaldehídos, promotores en la formación de ozono.

b) Licitaciones 2009 y 2012

El 29 de septiembre de 2009 PEMEX convocó a la primera licitación pública nacional para la adquisición de etanol anhidro con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en el Programa de Introducción de Bioenergéticos y el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, emitidos por la SENER y la SAGARPA respectivamente. Sin embargo, no se adjudicó dicha licitación, por lo que la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos solicitó a la SENER replantear la estrategia de introducción de etanol anhidro.

Para tal efecto, la SENER emitió el Programa de Introducción de Etanol Anhidro, el cual sustituyó al de Introducción de Bioenergéticos en la parte correspondiente a etanol. Con base en ello PEMEX lanzó una segunda licitación para adquirir etanol. Nuevamente, el proceso se declaró desierto, ya que las ofertas presentadas no fueron solventes económicamente al rebasar el precio máximo que PEMEX bajo su marco jurídico estaba en posibilidad de ofrecer.

4.3.2 Biodiesel

Se han apoyado a 2,460 hectáreas de plantaciones de palma de aceite en el estado de Campeche, con una capacidad de producción de 49,200 l/a con un monto de 18.22 millones de pesos en el 2010 y en el 2011 se apoyaron a 534 hectáreas de plantación de palma de aceite, con una capacidad de producción de 10,480 l/a con un monto de 4.20 millones de pesos en el 2011, bajo el componente de Bioenergéticos y fuentes renovales.



Con apoyo del programa de ProÁrbol 2007-2011, se sembraron 8,113 hectáreas de *Jatropha curcas*, lo cual se estima un apoyo por medio de la CONAFOR de \$30'250,100.00, todavía se desconoce el rendimiento real de este cultivo.

Se apoyaron cuatro plantas piloto de biodiesel, dos en el estado de Puebla, una en Coahuila y una en Quintana Roo.

El monto total apoyado fue \$6, 650,862.13 con una capacidad total de producción de biodiesel de 2,443,063 l/año bajo el componente de bioenergéticos y fuentes renovables del Programa Bioeconomía 2010.

4.3.3 Bioturbosina

A nivel nacional, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) ha buscado impulsar el uso de combustibles alternos. En 2010 la iniciativa “Plan de Vuelo hacia los Biocombustibles Sustentables de Aviación en México”, logró integrar la cadena de producción y entender en dónde está México en cuanto a este tema. A partir de esta iniciativa, se realizó el primer vuelo de demostración con bioturbosina en México el 1º de abril de 2011 en un Airbus A320-214 de la línea aérea Interjet, el cual despegó del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) con destino al Aeropuerto Internacional Ángel Albino Corzo de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez en Chiapas; para este vuelo demostrativo, ASA suministró 2,340 litros de bioturbosina. En los motores, la composición del bioenergético utilizado fue de un 27% de bio-keroseno, proveniente de la semilla denominada *Jatropha curcas* L., que se obtuvo mediante donaciones de productores mexicanos de los Estados de Chiapas, Yucatán, Michoacán y Puebla.

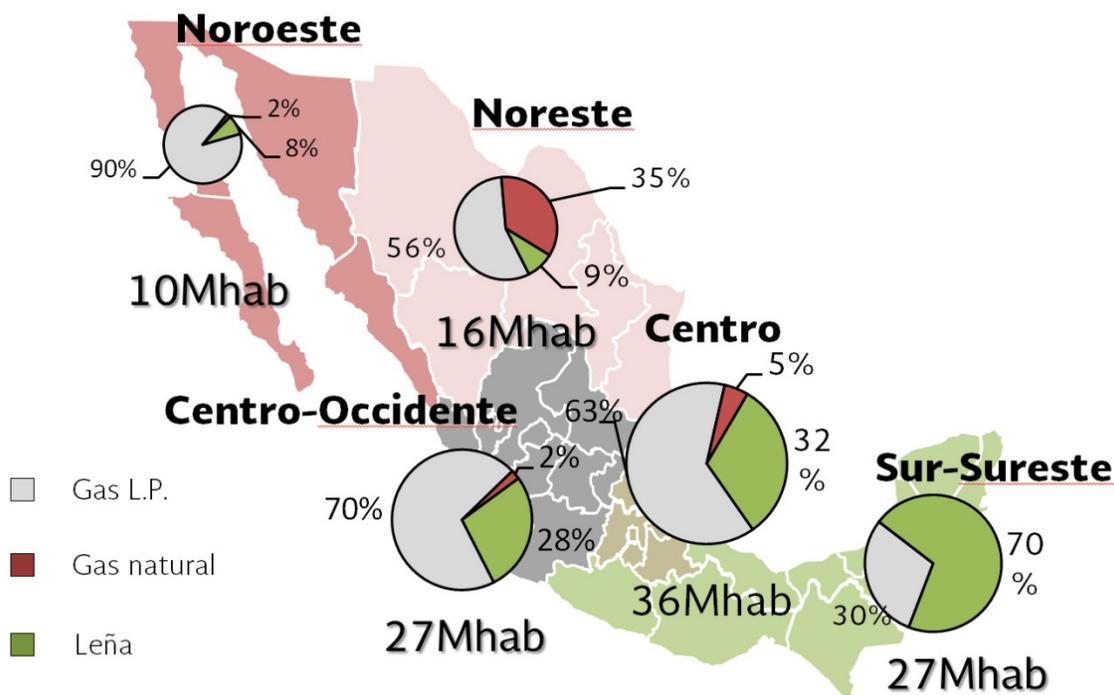
Hasta la fecha ASA ha suministrado bioturbosina y llevado a cabo 36 vuelos comerciales con la colaboración de Interjet y Aeroméxico, aerolíneas interesadas en el cuidado del medio ambiente.

4.4 Aprovechamiento térmico

El Balance Nacional de Energía contempla tres principales fuentes de energía térmica disponible para su uso: la leña, el bagazo y la energía solar aprovechada en calentadores solares de agua.

La leña es, de hecho, la principal fuente renovable en México, y su participación en la matriz energética se ha reducido marginalmente, sin embargo, continua siendo usado de manera extensiva, particularmente en la región sur-sureste del país, donde el 70% de la población lo consume, como se observa en la Figura 9. El consumo de leña está asociado al acceso a otros combustibles, a prácticas culturales y al entorno mismo, y su consumo puede ser sustentable si es realizado apropiadamente. De hecho, se considera que las prácticas de procesamiento de biomasa forestal pueden incrementar la eficiencia en su uso y, por tanto, facilitar su aprovechamiento sustentable.

Figura 9. Consumo de combustibles en hogares por región



Fuente: SENER. Estrategia Nacional de Energía 2013-2027.

El bagazo de la industria azucarera es la segunda fuente de aprovechamiento térmico. Actualmente, los ingenios azucareros han ido avanzando en el uso eficiente de vapor y electricidad en sus procesos de fabricación de azúcar y por consecuencia cuentan con energía eléctrica. En la zafra 2011/2012, 16 ingenios ya están por debajo de los 500 Kgy/Ton de caña y seis de ellos ya se encuentran interconectados a la red eléctrica.¹⁶

En el 2012 de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, la producción de caña de azúcar fue de 50.94 millones de toneladas, lo que ofrece un potencial nacional de generación de vapor por medio de la caña de azúcar de 25.47 miles de millones de kilogramos de vapor.

¹⁶ Camara Nacional de las Industrias Azucareara y Alcoolera. México.



Finalmente, los calentadores solares de agua son la tercera fuente significativa de aprovechamiento térmico renovable. Como se discutió al principio del capítulo, su participación en la matriz energética se ha incrementado por tres en tan sólo diez años. Sin embargo, en los últimos tres años su crecimiento sufrió una desaceleración y se estabilizó su crecimiento, como se observa en la Tabla 25.

Tabla 25. Calentadores solares planos 2005-2012

Características	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Instalados en dicho año (miles de m ²)	100.3	96.7	154.3	165.6	233.3	272.6	272.3	270.4
Total instalados (miles de m ²)	743.0	839.7	994.0	1,159.6	1,392.9	1,665.5	1,937.8	2,208.2
Eficiencia promedio	40%	40%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Generación (PJ)	2.09	2.29	2.77	3.27	4.01	4.86	5.66	6.42

Fuente. SENER. Balance Nacional de Energía 2012. 2013.



CAPÍTULO CINCO.

ESCENARIOS DE PARTICIPACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR ELÉCTRICO

Los escenarios que se presentan son un ejercicio de proyección del desarrollo de las energías renovables en el sector eléctrico para los próximos 15 años, entre 2013 y 2027. Se describe la trayectoria sobre la instalación de capacidad y la generación para el Servicio Público y el autoabastecimiento.

Estos escenarios buscan contribuir a informar el debate sobre energías renovables aportando información sobre las expectativas de crecimiento del sector renovable en México. Son insumos que sirven al sector público para identificar y promover acciones específicas que permitan un desarrollo de la industria de las energías renovables, e incrementar su aprovechamiento en el ámbito público y privado en el corto, mediano y largo plazo.

Para el autoabastecimiento, se realizan dos análisis complementarios. El primero proviene del Programa de Autoabastecimiento y Cogeneración, utilizado también en la elaboración de la programación de inversión de CFE y la Prospectiva del Sector Eléctrico. El segundo contempla proyectos de autoabastecimiento, por lo general de menor escala y que podrían ser considerados como generación distribuida (aunque por su dimensión se interconecten también a nivel transmisión), pero que difícilmente pueden ser capturados en los ejercicios de planeación del sistema debido al nivel de maduración que se requiere de cada uno de los proyectos valorados en el año en que se desarrolla la actualización de la planeación.

El ejercicio de planeación que se presenta en la Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 responde a los insumos de un modelo de planeación determinístico, es decir, insumos que provienen del ejercicio de evaluación necesarios para la planeación de la inversión efectiva de CFE, como único responsable de la provisión del Servicio Público de Energía Eléctrica. Sin embargo, la experiencia reciente ha mostrado que la inversión en energías renovables, permite que diferentes actores económicos inviertan en el desarrollo de proyectos de generación a escalas menores de lo que tradicionalmente se prevé para el Servicio Público o respecto al autoabastecimiento de gran escala, proyectos que requieren largos procesos de incubación, como son aquellos asociados a las temporadas abiertas coordinadas por la CRE.

Por lo tanto es necesario realizar un ejercicio de proyección descentralizada, el cual se centra en un componente denominado generación distribuida, que no forma parte de la Prospectiva del Sector Eléctrico. Este componente se determina en función de la rentabilidad que, para el propio usuario, tiene la inversión en estos sistemas. Su participación se dimensiona con proyecciones de evolución de los costos unitarios de las



tecnologías, de las tarifas eléctricas y curvas de aceptación y adopción de los usuarios a estas opciones.

5.1 Variables y supuestos

Como responsable del Servicio Público de Energía Eléctrica, CFE debe planear no sólo la capacidad de generación requerida, sino también la inversión en la infraestructura de transmisión, transformación y distribución. Por ello, CFE realiza ejercicios de planeación de diversos tipos para determinar las necesidades de inversión en capacidad de generación que aseguren el cumplimiento de los criterios de confiabilidad del sistema en todo momento (ver la Prospectiva del Sector Eléctrico para un análisis más detallado). Uno de los componentes principales en la planeación de CFE es la de incorporar adecuadamente el crecimiento en la capacidad y la generación de los permisionarios de autoabastecimiento y cogeneración, para dimensionar adecuadamente los requerimientos de nueva capacidad.

La Prospectiva de Energías Renovables aporta dos elementos en el sistema de planeación que le hacen complementario a la Prospectiva del Sector Eléctrico: primero, desagrega tecnológicamente la planeación de CFE y el Autoabastecimiento con mayor detalle que la Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 en lo que se refiere a energías renovables y, segundo, modela el posible crecimiento del mercado de autoabastecimiento mediante energías renovables, que permite tener una visión más realista de su crecimiento en el mediano y largo plazo. Para lograr lo primero se utilizan los resultados del modelaje realizado por la misma CFE sobre sus requerimientos de capacidad, mientras que para lo segundo se complementa el análisis con escenarios de generación a partir de la evaluación de la competitividad de las tecnologías de generación frente a las tarifas de energía para diferentes usuarios. Ambos ejercicios son complementarios, sin embargo, los procesos de modelación son independientes.

5.1.1 Requerimiento de Capacidad del Servicio Público

Los requerimientos de capacidad del servicio público han sido desarrollados, en esta edición, a partir de los modelos de planeación de CFE, para los cuales las estimaciones de demanda y consumo de energía eléctrica para el mediano y largo plazos son esenciales. Los modelos de demanda y consumo provienen de ejercicios de análisis histórico de carácter econométrico, que permiten explicar trayectorias históricas y elaborar estimaciones prospectivas, considerando diversas variables incluidas en el diseño de estos modelos (una explicación detallada puede encontrarse en la Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027). Entre las variables utilizadas se encuentran: Producto Interno Bruto (PIB), Precios de los combustibles, y Precios de la energía eléctrica. Adicionalmente se hacen estimaciones sobre los impactos de medidas como el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) y Programa de recuperación de pérdidas no técnicas, entre otros.



En el caso de las variables de enfoque macroeconómico se presentan tres escenarios, que permiten denominar las proyecciones como escenarios de Planeación, Alto y Bajo. El primer escenario se identifica como la trayectoria más probable bajo las consideraciones oficiales de política energética. El escenario Bajo recoge una visión tendencial y el Alto presenta una importante sensibilidad frente a posibles cambios estructurales de la economía nacional.

La modelación de la que se desprende el análisis, también considera los precios de los combustibles utilizados en la generación de energía eléctrica en escenarios con referencias internacionales, mientras que para las variables demográficas, como son la población y la vivienda, se supone una única trayectoria (ver Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027).

5.1.2 Programa de Autoabastecimiento y Cogeneración

El Programa de Autoabastecimiento y Cogeneración ofrece una trayectoria de crecimiento de la capacidad y generación de los permisionarios en esta modalidad. El Programa se elabora con la participación de SENER, la CFE, la CRE, PEMEX y el IMP y se integra con los proyectos de alta probabilidad de ejecución de los permisionarios, incluyendo a PEMEX y las temporadas abiertas convocadas por la CRE: la segunda de Oaxaca, Tamaulipas y Baja California. Adicionalmente se programan bloques de capacidad en autoabastecimiento durante el periodo 2018-2027, lo cual permite mantener el crecimiento en la capacidad instalada por autoabastecimiento para fuentes renovables.

5.1.3 Autoabastecimiento no capturado en la planeación o generación distribuida

El modelo utiliza datos con fuentes nacionales o internacionales. Para determinar la competitividad de diferentes tecnologías se requieren los siguientes insumos:

- Costos de las tarifas eléctricas en todos los sectores.
- Precio medio de energía en la tarifa.
- Número de usuarios totales en la tarifa.
- Número de usuarios por sectores.
- Precio medio de energía consumida por sector.
- Ventas de energía.

Los datos consultados de fuentes nacionales o internacionales son (i) el costo del kW instalado, para cada una de las seis tecnologías que analiza el modelo en el mercado y (ii) la tasa de reducción anual en el costo de los mismos. Con ambos se obtiene un Costo de Inversión Unitario, \$/kW.

Dado que el Modelo realiza un análisis anual para un período de 15 años, es importante observar que en el análisis del primer año el Modelo considera únicamente el costo del kW instalado, y para los años posteriores éste valor se multiplica por la tasa de reducción anual de los mismos.



El modelo requiere un conjunto de supuestos para realizar el tratamiento de esta información, esencialmente para sistematizar el análisis de la competitividad de la tecnología. Se han dividido las tarifas eléctricas en dos conjuntos, los cuales son tratados de manera que es posible establecer un precio nivelado por tarifa. En algunos casos, este precio nivelado depende del rango de consumo para lo cual se ha segmentado el consumo como alto y bajo.

El modelo requiere un factor de dimensionamiento para calcular la cantidad de energía que se busca sustituir por tecnologías renovables así como para calcular los ahorros que se obtienen por dejar de consumir energía eléctrica de la red, bajo el supuesto de que no habrá cambios en la actual normatividad que afecten estos ahorros, y finalmente requiere de una modelación de curvas de penetración, que asumen un ritmo anual en que las tecnologías renovables podrían entrar al mercado siguiendo un patrón de curva 'S' que es típico de cualquier nuevo producto.¹⁷

5.2 Proyecciones de capacidad renovables

Al emplear los escenarios se debe tener claro que el ejercicio de la prospectiva es dinámico, y se actualiza año con año para incorporar nueva información de potencial, costos de tecnologías, curvas de penetración y nuevos proyectos, los cuales son insumos para mejorar las trayectorias y la planeación del sector. Tal es el caso de la dramática caída de los costos de los paneles fotovoltaicos en los últimos años, fenómenos que modifican las expectativas para el desarrollo de nuevos proyectos y pueden alterar significativamente los escenarios.

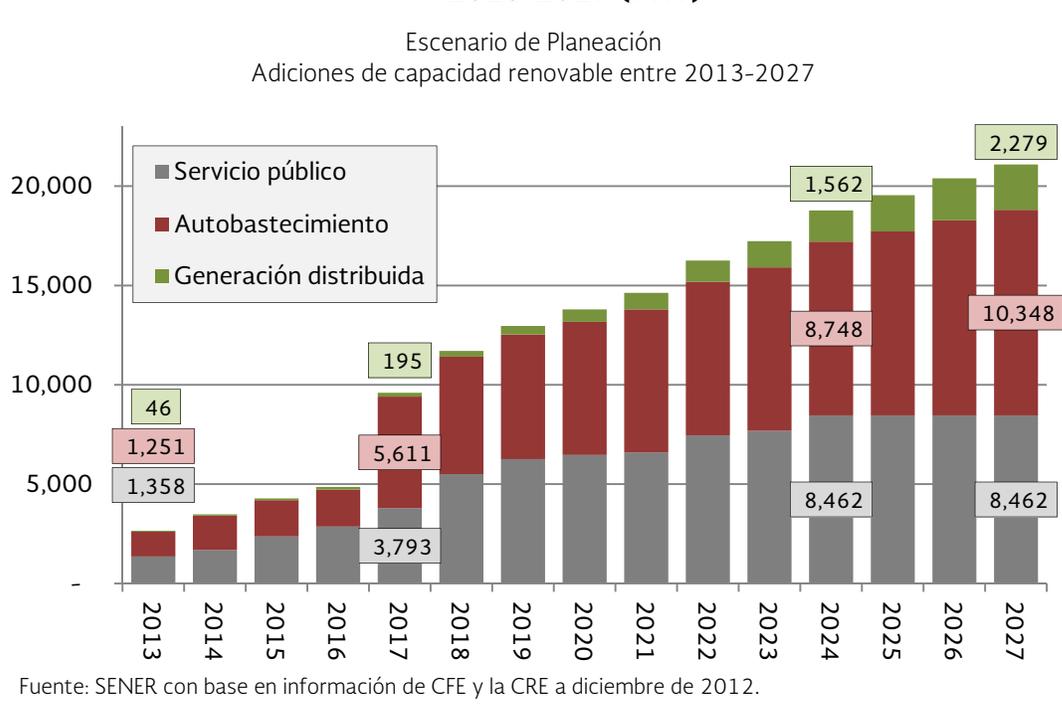
En el escenario de Planeación se proyecta a 2027 que la capacidad adicional instalada con energías renovables sea de alrededor de 21,000 MW. Entre 2013 y 2027, la mayor parte de la capacidad adicional instalada se conforma por el autoabastecimiento, que incluyendo la generación distribuida, representa dos terceras partes de la generación. De hecho, este fenómeno es patente ya desde el año 2017, cuando por la entrada de una gran capacidad eólica en temporadas abiertas, la capacidad adicional de autoabastecimiento renovables supera la del Servicio Público. Sin embargo, la mayor parte de la capacidad instalada continúa siendo del Servicio Público, debido a la capacidad instalada actualmente.

¹⁷ Una curva 'S' muestra un crecimiento relativamente modesto en la primera etapa de despliegue de las tecnologías en el mercado, conforme a la reducción gradual de sus costos. Posteriormente, habrá un despliegue acelerado, que finalmente irá experimentando desaceleración correspondiente al nivel de saturación del mercado.



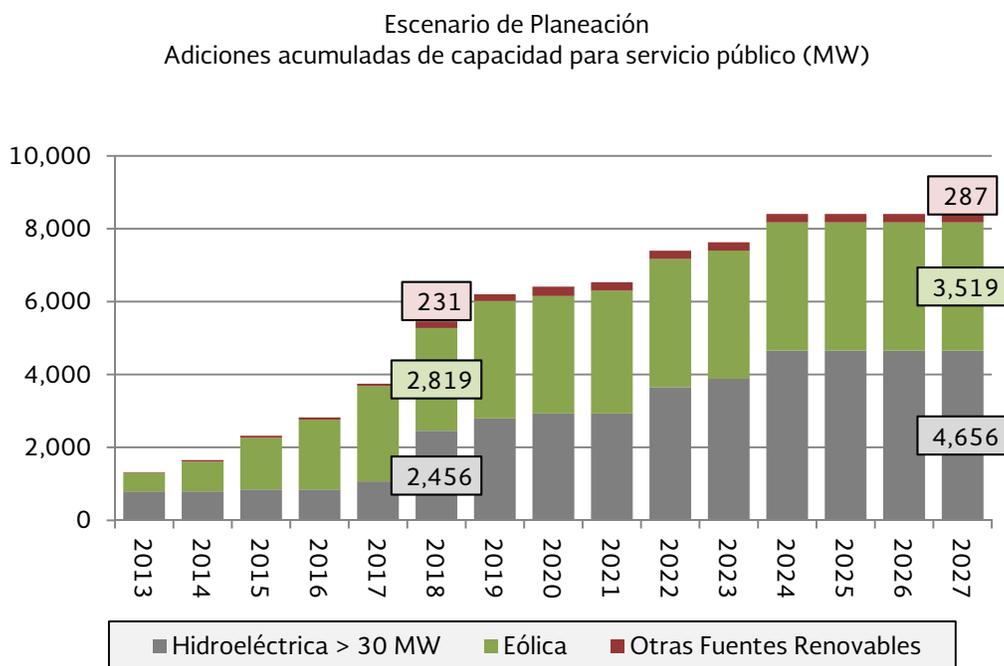
En 2013 la relación entre autoabastecimiento y generación distribuida es de 25 a 1, es decir, 25 veces mayor; sin embargo, hacia el final del periodo de análisis esta relación se torna 1 a 1. Debido al creciente incremento de la competitividad de las tecnologías, la cual permite asumir un crecimiento de consumidores de energía que invierten en generación.

Gráfica 9. Capacidad instalada adicional de generación con energías renovables 2013-2027 (MW)



Para el Servicio Público, en el escenario de planeación se estima que en el año 2027 la instalación de capacidad de generación eléctrica con energías renovables, incluyendo hidroeléctricas, sume alrededor de 8,462 MW. La mayor parte de la capacidad adicional se concentrará en energía hidroeléctrica y energía eolieléctrica, 4,656 MW y 3,519 MW respectivamente; adicionalmente se ha programado el aprovechamiento de otras fuentes de energía renovable equivalentes a 287 MW distribuidos en 180 MW adicionales de geotermia, 57 MW con pequeñas centrales hidroeléctricas, 36 MW con solar fotovoltaico y 14 MW con solar de concentración (ver Gráfica 10).

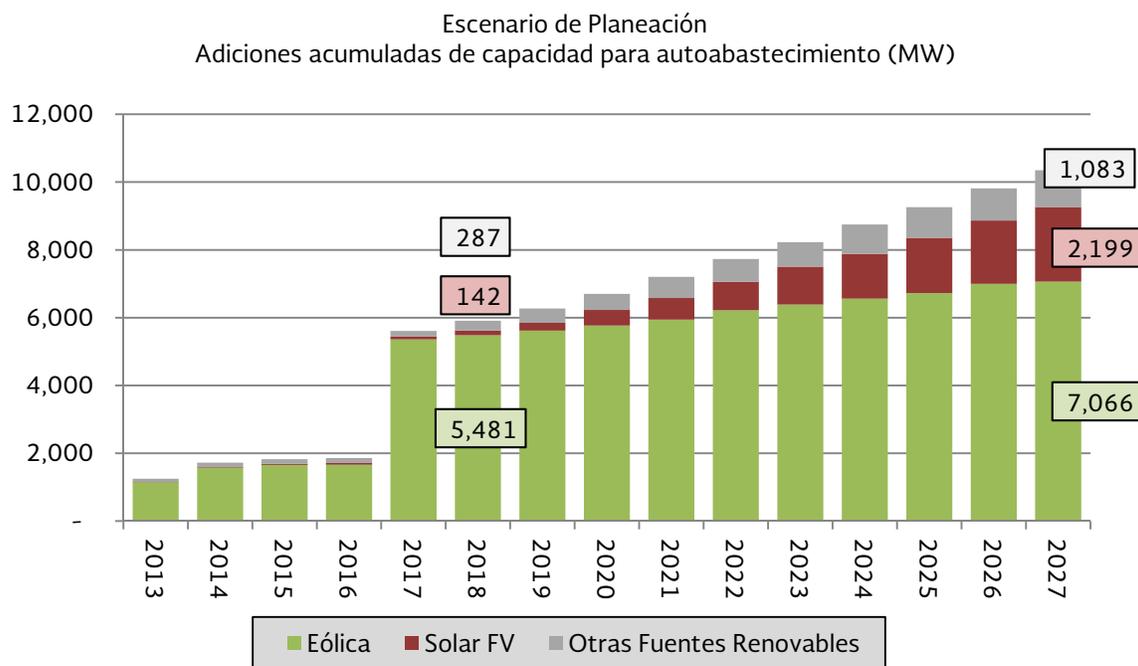
Gráfica 10. Adiciones acumuladas de capacidad para Servicio Público (MW)



Fuente: SENER con datos de CFE y CRE.

En esta edición se estima un crecimiento del autoabastecimiento con base en la viabilidad económica de este esquema (ver Gráfica 11), para el escenario de Planeación a 2027 se calcula que se incorporen 10,348 MW con fuentes renovables de energía, de los cuales 7,066 MW corresponden a desarrollos eólicos, 2,199 MW a solares fotovoltaicos, y 1,083 MW corresponden a otras fuentes de energía renovables con 539 MW de bioenergía, 476 MW de pequeña, mini y micro hidráulicas, 40 MW con geotermia y 29 MW con solar térmica. Se espera que el autoabastecimiento aumente en más de un ciento por ciento a 2017 con la entrada en operación de los proyectos considerados en las temporadas abiertas.

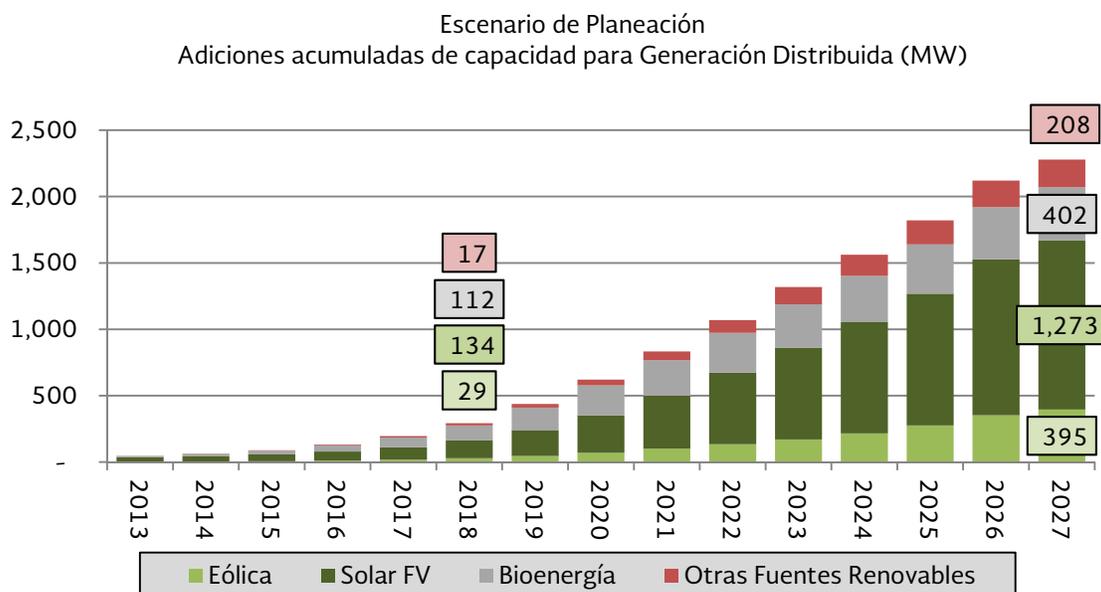
Gráfica 11. Escenario de Planeación, Adiciones de capacidad para autoabastecimiento (MW)



Fuente. SENER con datos del Grupo de Autoabastecimiento.

Para el componente de autoabastecimiento considerado como generación distribuida se estima para el 2027, la incorporación de una capacidad de 2,279 MW en el escenario de Planeación, proveniente de la participación de la generación por medio de proyectos con base en las proyecciones elaboradas por la SENER, de estos, alrededor de 1,273 MW corresponden a capacidad solar fotovoltaica, 395 MW en plantas eólicas y 402 MW en plantas operadas con bioenergía, mientras que el resto de la capacidad con otras fuentes renovables equivalente 208 MW se distribuye en 150 MW en pequeña, mini y micro hidráulica, 57 MW en geotermia y tan solo 1 MW en la tecnología solar térmica (ver Gráfica 12).

Gráfica 12. Adiciones acumuladas de capacidad para Generación Distribuida (MW)

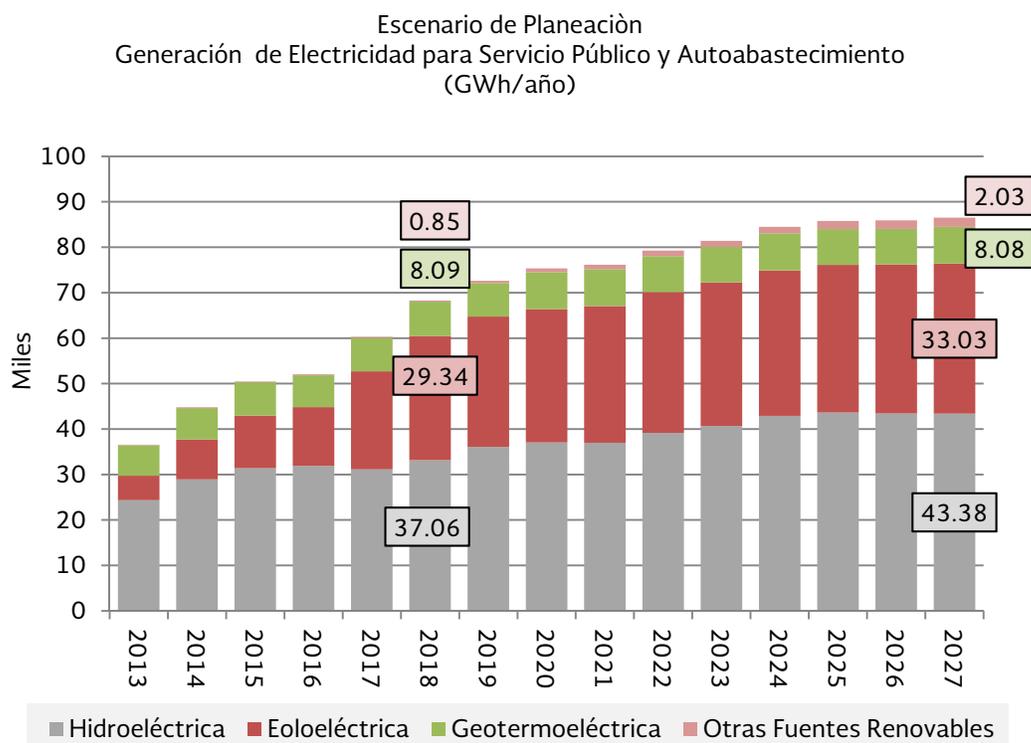


Fuente. SENER.

5.3 Proyecciones de generación renovable

La estimación anual de la generación eléctrica con energías renovables depende de múltiples factores como son el tipo de tecnología, la disponibilidad e intensidad de los recursos, la escala de generación y el tiempo de operación. Para esta edición se emplean las proyecciones de generación estimadas por la CFE para Servicio Público y Autoabastecimiento, y adicionalmente se realiza la estimación para la Generación distribuida. Conviene señalar que la aportación de la generación renovable a la generación total siempre será sensiblemente menor que su aportación de capacidad, debido a los comparativamente menores factores de planta de estas tecnologías respecto a las convencionales.

Como se aprecia en la **Gráfica 13** se prevé que la principal fuente de generación mediante fuentes renovables de energía continúe siendo la energía hidroeléctrica. Se estima que en 2027 la generación hidroeléctrica superará 43.3 mil GWh/año que representa un crecimiento de 78% con respecto a la generación en 2013 estimada en 24,342 GWh/año. Para la generación eólica se prevé que en 2027 se alcance un nivel de generación de 33 GWh/año, lo cual representaría un crecimiento de cerca del 500% con respecto a 2013. Se espera que tan sólo en 2017 la generación eólica alcance 21.5 GWh/año desde 12.9 GWh/año en 2016, como resultado de la entrada de los proyectos considerados en las temporadas abiertas. Se estima que la geotermia ocupe el tercer lugar en abastecimiento de energía al sistema, con 8.08 GWh/año en 2027, lo que representaría un crecimiento del 21% respecto a 2013, año para el que se estima una generación de 6.7 GWh/año.

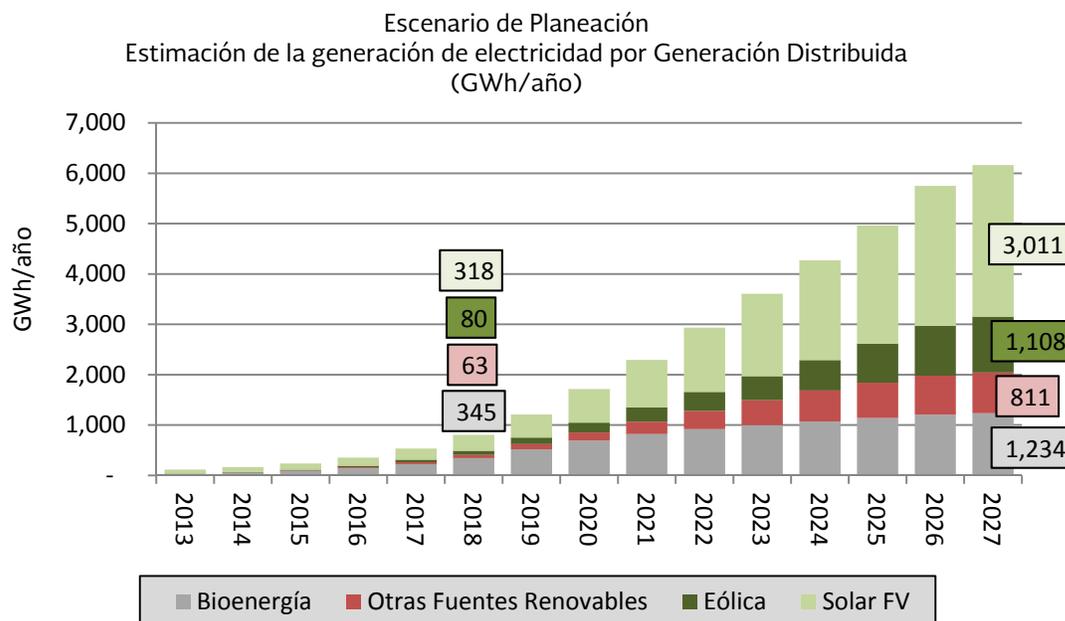
Gráfica 13. Generación de electricidad con energías renovables (GWh/año)


Fuente: SENER con datos de la CFE y el Grupo de Autoabastecimiento.

Nota: Las cifras con respecto a la Prospectiva de Electricidad pueden variar debido al redondeo en el cálculo de los factores de planta y a la consideración del crecimiento de energías renovables mediante generación distribuida considerada en esta edición.

De forma independiente a las consideraciones del Servicio Público y Autoabastecimiento, se presenta en esta edición la estimación de la generación eléctrica por tecnología considerando la generación distribuida que se resume en la Gráfica 14. Se estima la trayectoria para capacidad instalada y a partir de ésta la generación, mediante la definición de factores de planta asociados a cada tecnología, mismos que pueden variar de acuerdo a múltiples variables como son las mejoras tecnológicas y la disponibilidad del recurso a lo largo del tiempo, ambos factores pueden resultar sumamente variables para las energías renovables. De hecho, para el caso de tecnologías que aún se encuentran madurando puede haber mejoras significativas en la eficiencia en periodos de tiempo relativamente cortos, y para el caso de disponibilidad de recursos puede ser aún más marcada la diferencia entre el valor estimado y el real debido a los cambios climáticos o a la falta de datos para el pronóstico. Considerando una demanda de energía equivalente a 497 mil GWh/año en 2027, la generación distribuida contribuye solamente con el 1% del total.

Gráfica 14. Estimación de la generación de electricidad por tecnología para Generación Distribuida (GWh/año)



Fuente: SENER.

5.4 Requerimientos hacia la meta de generación en 2024

Uno de los propósitos de la publicación anual de la Prospectiva de Energías Renovables es brindar información significativa respecto al nivel de cumplimiento de las metas establecidas en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética. Si bien el mandato no se refiere sólo a las energías renovables sino a la generación mediante fuentes no-fósiles, la relevancia de las energías renovables es fundamental. De igual manera, el mandato de la Ley General de Cambio Climático de generar el 35% de la energía eléctrica mediante tecnologías limpias no se limita a las energías renovables, pero sólo dos tecnologías se prevén también tengan un papel, la energía nuclear, que también es no-fósil, y las tecnologías fósiles con captura de CO₂, que en la planeación de CFE se reflejan como carboeléctricas limpias, por tener éstas sistemas de captura de CO₂ para su confinamiento subterráneo.

Como se observa en la Tabla 26, con las consideraciones de planeación actuales el nivel de generación renovable alcanza el 19.58% en 2018, se incrementa a 20.62% en 2024, y reduce su participación de nuevo hacia el final del periodo de planeación. Si se considera la energía nuclear, en 2024 se alcanza solamente un 23.14% de la generación necesaria mediante fuentes no fósiles. Si a ello adicionamos fuentes limpias como las carboeléctricas limpias (con sistemas de captura de CO₂) la participación aumenta por arriba del 24.61%. Es decir, de acuerdo con los parámetros de planeación aquí descritos



no existe certeza sobre las trayectorias que permitan cumplir con los mandatos de la LAERFTE y la LGCC.

Se espera que entre 2013 y 2018 la generación mediante energías renovables incremente para ubicarse alrededor de 20%. Esta es la información fundamental a partir de la cual se deberán de establecer políticas de corto, mediano y largo plazo que permitan incrementar la participación de energías renovables en la matriz. Esto hace necesario implementar políticas y medidas que permitan incrementar la participación de la generación renovable con una participación superior a la proyectada, con resultados tan pronto como 2018, además de las medidas necesarias para proveer certidumbre en la inversión para el periodo 2019-2024.

Tabla 26. Generación años seleccionados para el cumplimiento de Metas

Generación (GWh/año)	2018	2024	2027
Servicio Público y Autoabastecimiento¹	356,563	457,673	521,963
Fuentes Fósiles	276,089	356,637	405,999
Fósiles Convencionales	276,089	349,941	390,665
Carboeléctrica Limpia	0	6,696	15,334
Renovables	68,937	89,465	94,055
Solar	382.6403	3115.9972	5086.1181
Geotermoeléctrica	7,571	8,299	8,324
Eoloeléctrica	27,434	33,196	34,808
Hidroeléctrica	33,222	43,220	43,805
Bienergía	327.4066	1633.6494	2,031
Otras Fuentes No Fósiles	11,537	11,571	21,909
Nuclear	11537	11571	21908.5
Generación Distribuida no Contabilizada en la Planeación²	870	4,887	6,977
Bioenergía	345	1,070	1,234
Hidroeléctrica ≤ 30 MW		361	459
Eólica	80	604	1,108
Geotermia	21	254	351
Solar FV	318	1,983	3,011
Solar CSP	0	1	3
Participación en la generación de electricidad %	2018	2024	2027
Energías Renovables	19.58%	20.62%	19.36%
Fuentes No Fósiles	22.81%	23.14%	23.55%
Energías Limpias	22.81%	24.61%	26.49%

¹Incluye autoabastecimiento local y remoto.

²Calculado con un factor de planta de: Bioenergía, 0.35; Hidroeléctrica ≤ 30 MW, 0.35; Eólica, 0.32; Geotermia, 0.7; Solar FV, 0.27; Solar CSP 0.27.



CAPÍTULO SEIS.

ESCENARIOS DE APROVECHAMIENTO TÉRMICO

Esta edición describe los escenarios de crecimiento del mercado de calentadores solares de agua (CSA), el cual representa una oportunidad significativa para reducir el gasto de los hogares y las empresas, así como expandir el aprovechamiento de energía limpia.

Se describe la trayectoria sobre la instalación y superficie total acumulada de CSA esperada anualmente en el periodo 2013 a 2027. De manera similar al caso del sector eléctrico, se realiza un análisis con tres escenarios de crecimiento, Planeación, Alto y Bajo.

6.1 Variables y supuestos

La estimación del potencial para instalación de calentadores solares de agua se realiza con los insumos siguientes:

1. Empleo de potenciales de aprovechamiento de la tecnología identificados por análisis independientes realizados en años anteriores.
 - a. Estimaciones utilizadas para programas de fomento a los CSA que incluye sectores como: hoteles, hospitales, industria embotelladora y agronegocios.¹⁸
 - b. Estudio sobre el potencial y la rentabilidad de CSA en pequeñas y medianas empresas - PyMEs, que incluye los sectores: clínicas y hospitales, clubes deportivos y gimnasios, hoteles con spa, hoteles, moteles, restaurantes, molinos de nixtamal, curtidurías y tenerías, lavanderías y tintorerías, destilerías.¹⁹

¹⁸ Programa para la promoción de Calentadores Solares de Agua en México, 2007-2012.

¹⁹ GIZ, Estudio sobre el potencial y la rentabilidad de CSA en PyME's. Mimeo. 2011.



2. Estimación del potencial para el sector residencial, con datos del Censo de Población y Vivienda 2010 en el cual se contabilizaron 28'607,568 viviendas, de las cuales el 72.3% cuentan con un techo construido de materiales sólidos en desarrollos de tipo unifamiliar, considerando que únicamente el 10 % de éstos cuenta con las condiciones de viabilidad técnica y económica para la instalación de un sistema de CSA.
3. El modelo empleado determina el crecimiento del mercado de CSA considerando los escenarios de crecimiento macroeconómico, Planeación, Alto y Bajo, partiendo de un modelo polinómico de la evolución histórica de la capacidad acumulada con datos históricos para 8 años²⁰.

A diferencia de la Prospectiva 2012-2026, en esta nueva edición no se ha considerado un fenómeno de saturación del mercado por dos motivos: primero, la desaceleración en el crecimiento del mercado alejan las perspectivas para la ocurrencia de dicho fenómeno y, segundo, el desarrollo se encuentra en el sector residencial para el cual se espera un incremento con una tasa de crecimiento anual de 1.5% (486 mil viviendas al año) entre 2010 y 2040, pasando de 28.6 a 43.2 millones.²¹

6.2 Escenarios

El escenario de planeación representa la base del análisis con una tasa media de crecimiento anual de la economía de 3.6% partiendo del desarrollo histórico del mercado de CSA, mismo que experimentó una desaceleración durante los años 2010, 2011 y 2012. La desaceleración del mercado de CSA se debe en parte a la situación del mercado de vivienda en México, el cual representa cerca del 90% del potencial de aprovechamiento teórico, ya que desde la crisis económica de 2008 éste sufrió una caída en los préstamos hipotecarios de aproximadamente 8%, a partir de la cual ha tenido una recuperación paulatina sin llegar a los niveles anteriores a la crisis.

Los escenarios Alto y Bajo se estiman con base en una tasa media de crecimiento anual de la economía de 4.3% y 2.9%, considerando una correlación directa entre el escenario macroeconómico y la variación del mercado de CSA.

Como se aprecia en la Gráfica 15, en el escenario de Planeación se estima un crecimiento modesto en la instalación anual de CSA en los primeros años del periodo debido a la baja penetración que ha registrado la tecnología en los últimos años. Sin embargo, en la segunda mitad del periodo, con un mercado mucho más maduro, se prevé

²⁰ SENER. Balance Nacional de Energía 2012.

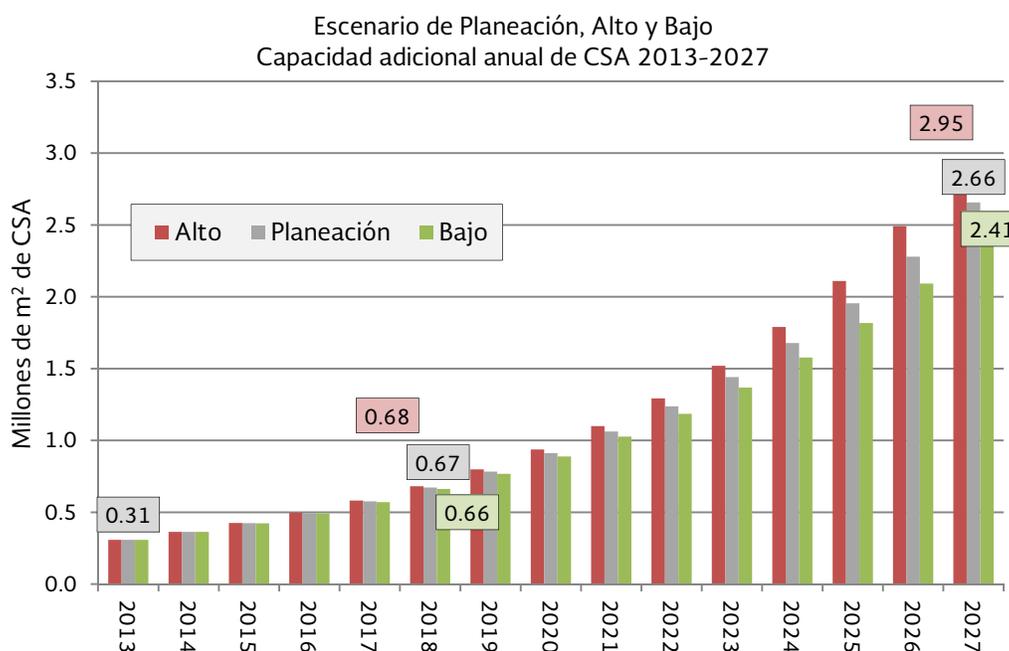
²¹ Fundación CIDOC-SHF. Estado Actual de la Vivienda en México 2012.



una aceleración de este crecimiento, alcanzando en 2027 una instalación de 2.6 millones de metros cuadrados de CSA anuales, frente a 0.31 millones de metros cuadrados que se estiman para 2013.

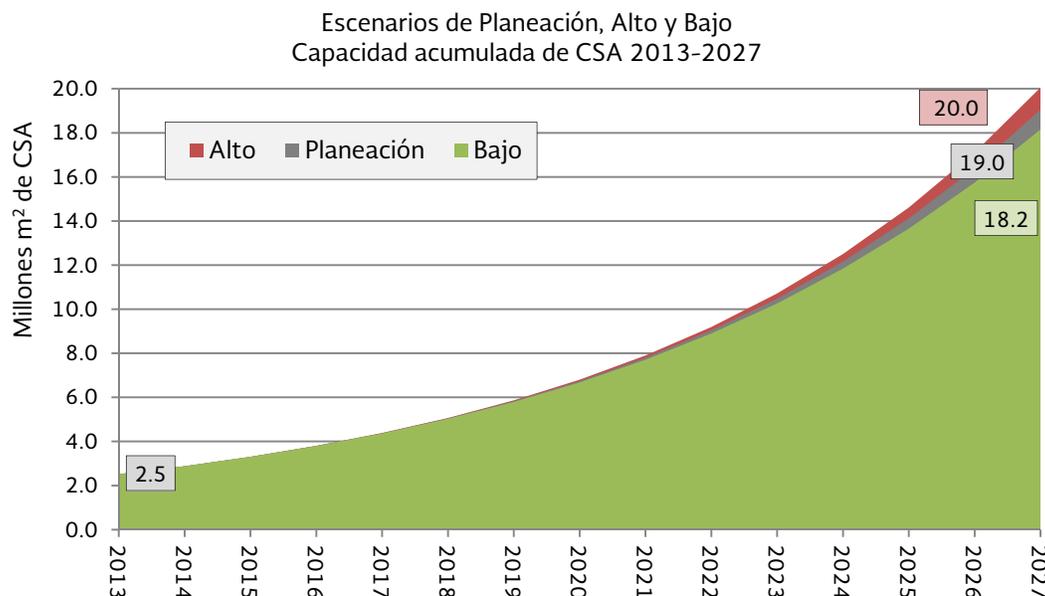
Para los escenarios Alto y Bajo la tendencia en los primeros años es muy cercana al escenario de Planeación, diferenciándose significativamente a partir de la segunda mitad del periodo. Con el ritmo de instalación estimado se prevé que a 2027 se alcance, en los escenarios Alto y Bajo, una instalación de 2.9 millones de metros cuadrados y 2.4 millones de metros cuadrados de CSA anuales respectivamente. Es posible observar, que ya en 2018 ocurre una divergencia entre los tres escenarios, aunque todavía modesta, entre 0.67 millones de metros cuadrados, para el escenario de Planeación, y 0.68 y 0.66 millones de metros cuadrados, para los escenarios Alto y Bajo.

Gráfica 15. Evolución anual de la capacidad adicional de CSA, 2013-2027



Fuente: SENER. 2013.

Considerando esta área instalada año con año, de acuerdo con el escenario de Planeación en 2027 la superficie instalada alcanzará cerca de 19 millones de metros cuadrados, a partir del estimado de 2.5 millones de metros cuadrados en 2013, como se observa en la Gráfica 16. Los escenarios Alto y Bajo, asociados a diferentes niveles de crecimiento en el PIB, muestran un acervo instalado sensiblemente diferente, 20 millones de metros cuadrados y 18.2 metros cuadrados, respectivamente.

Gráfica 16. Evolución anual de la capacidad acumulada de CSA, 2013-2027


Fuente: SENER, 2013.

Los incrementos de capacidad en esta edición son más modestos que los estimados en la edición anterior, como se observa en la Gráfica 17. No obstante que al final del periodo se espera una recuperación en el ritmo de instalación en el escenario de Planeación 2013-2027, existe una diferencia en capacidad instalada acumulada entre ambos escenarios equivalente a 2.7 millones de metros cuadrados.

Con base en el desarrollo del escenario de planeación se puede estimar que para lograr alcanzar el mismo nivel de capacidad acumulada planteado en la edición anterior, será necesario implementar políticas de fomento equivalentes a un incremento del 10% en la tasa de crecimiento actualmente calculada, sobre el escenario de planeación, con la cual se podría alcanzar en el largo plazo los niveles de instalación estimados previamente.

Como se observa en la Gráfica 17, el escenario de Planeación revisado en esta edición sólo estima la instalación de 0.31 millones de metros cuadrados en 2013, mientras que la edición anterior contemplaba la instalación de 0.48 millones de metros cuadrados en el mismo año. Esta diferencia que representa más del 50% para el escenario revisado, supone que hacia 2018 la diferencia se amplió para alcanzar 0.25 millones de metros cuadrados, frente a los 0.17 millones de metros cuadrados que hay entre el escenario de la edición anterior y el escenario revisado.

En el escenario revisado, al retirar el efecto de saturación del mercado en el periodo se supera hacia 2027 la superficie instalada anual pero sólo por 0.16 millones de metros cuadrados. Sin embargo, el acervo instalado total del escenario de planeación es alrededor de 10% mayor en el periodo, esto requiere que se desarrollen políticas que permitan el cumplimiento de un escenario de compensación. En este escenario que inicia

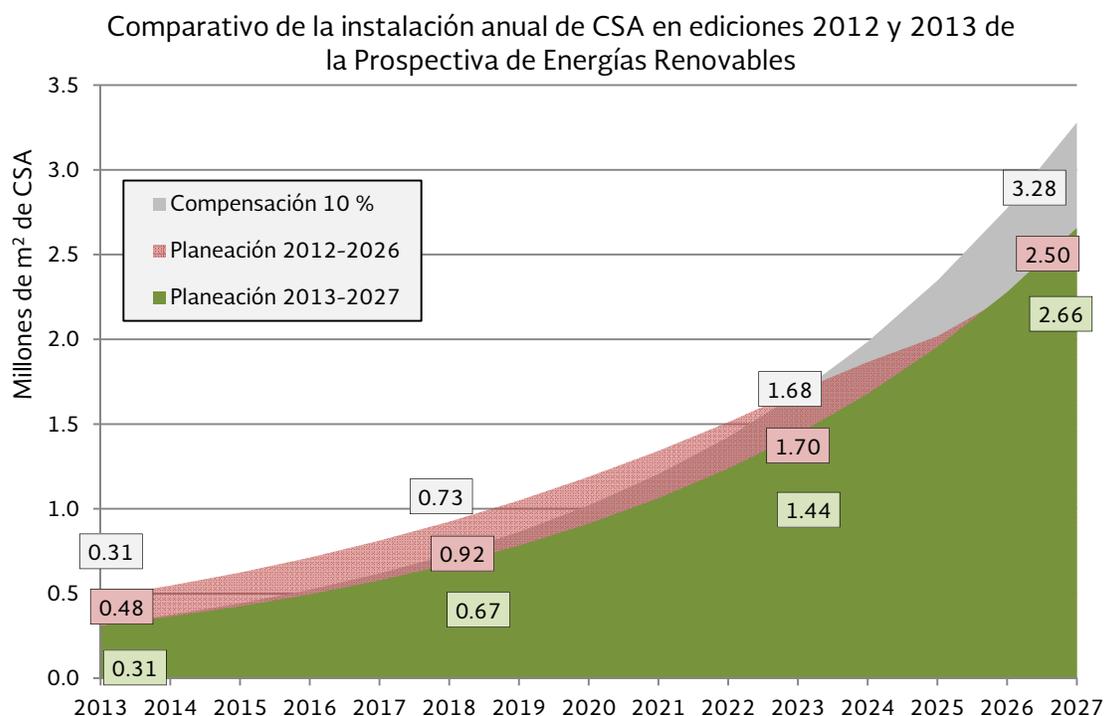


igual que el escenario revisado, en 0.31 millones de metros cuadrados instalados, hacia 2018 ya hay un incremento sustantivo que permite iniciar a cerrar la brecha entre los escenarios. Entre 2023 y 2024 el escenario de compensación muestra un área de superficie instalada similar a la del escenario de la edición anterior, para superarlo, esencialmente por efecto del fenómeno de saturación que en la edición anterior se estimó ocurría a mediados de la próxima década.

Existen acciones que se espera contribuyan a la recuperación del mercado en el corto plazo, lo cual puede mejorar las expectativas para los siguientes años, tal es el caso del Programa Nacional para el Uso Sustentable de la Energía 2014-2018, y programas específicamente diseñados para la promoción del uso de calentadores solares de agua en hogares, comercios e industrias diversas.

Gráfica 17. Instalación anual de CSA Prospectiva de Energías Renovables edición 2012-2026 y edición 2013-2027.

Escenario de Planeación



Fuente: SENER. 2013.



CAPÍTULO SIETE.

ESCENARIOS DE GENERACIÓN DE BIOENERGÉTICOS

Dentro del impulso al desarrollo de las energías renovables, los biocombustibles tienen un papel importante. La Agencia Internacional de Energía, estima que para el 2050 a nivel mundial que los biocombustibles participarán con un 27% del combustible total del transporte, evitando 2.1 Gt de emisiones de CO₂ por año, siempre y cuando sean producidos de forma sostenible.²²

El despliegue comercial de los biocombustibles avanzados requerirá más investigación, desarrollo y demostración, así como la inversión de implementación.

Las políticas de apoyo deben incentivar a los biocombustibles más eficientes en términos de rendimiento, y ser respaldado por un marco normativo sólido que garantice que la seguridad alimentaria y la biodiversidad no están comprometidos y que los impactos sociales sean positivos.

Una demanda de biocombustibles para el año 2050 como la que prevé la Agencia Internacional de Energía requerirá de alrededor de 65 (EJ)²³ de materias primas para biocombustibles en 2050. Para ello se requerirá un marco normativo que promueva el aprovechamiento de residuos y desechos, junto con los cultivos energéticos cultivados de manera sostenible. El comercio de la biomasa y los biocombustibles será cada vez más importante para el suministro de las regiones ricas en biomasa hacia zonas con niveles de consumo de alta producción y puede ayudar a las inversiones de activación en ciertas regiones.

Hasta ahora el principal limitante de los biocombustibles es la competitividad de sus precios, lo cual dependerá en el futuro de diferentes factores. La Agencia Internacional de Energía sugiere que la mayoría de los biocombustibles serán competitivos para el año 2030, a menos que sus costos de producción estén fuertemente relacionados a los precios del petróleo. A más largo plazo, los ahorros marginales o los costos de despliegue

²² IEA. Technology Roadmap: Biofuels for Transport. 2011.

²³ 1 EJ = (10¹⁸) joules



de los biocombustibles son un pequeño porcentaje de los costos totales de combustible.²⁴

La IEA tiene estimaciones de costos detallados para una amplia gama de combustibles hoy y en el futuro. Para los biocombustibles convencionales de hoy, el costo principal es la materia prima, que representa 45% a 70% de los costos totales de producción, mientras que para los biocombustibles avanzados el factor principal es el costo de capital que tiene un rango 35% a 50%, seguido de materia prima 25% a 40%.²⁵

En México, la competitividad de los biocombustibles también limita su expansión. Por ello, el desarrollo de mercados para etanol, biodiesel y bioturbosina dependerá del desarrollo de áreas de oportunidad específicas que favorezcan la competitividad de la producción.

Los costos de transporte y distribución de biocombustibles, así como el potencial para regionalizar los proyectos de desarrollo y facilitar la competitividad en los precios sin la necesidad de que el Gobierno otorgue apoyos directos, hacen necesaria la identificación de la distribución geográfica de la producción. En un escenario de producción de etanol hacia 2027, podría contemplarse el abastecimiento de al menos 19 de Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR) con un volumen de hasta 498 millones de litros anuales.²⁶ La distribución geográfica de la producción será fundamental para lograr los márgenes de costos necesarios para que se pueda ofertar el etanol a precios competitivos.

En el caso de la bioturbosina en el corto plazo, hacia 2015, se pretende abastecer el 1% de la demanda de combustibles en el país. Esto representará 40 millones de litros. Mientras que actualmente se discute la viabilidad de incrementar el abastecimiento a 700 millones de litros de biocombustibles de aviación, lo que podría representar hasta el 15% de la oferta nacional. En el corto plazo se espera tener mayor certidumbre sobre la trayectoria de la producción de los insumos necesarios.

²⁴ IEA. Technology Roadmap: Biofuels for Transport. 2011.

²⁵ IEA. Blue Map Scenario. Energy Technology Perspectives. 2012.

²⁶ PEMEX. Premisas Básicas para la Introducción de Etanol y Algunos Resultados Preliminares. Mimeo. 2013.



CAPÍTULO OCHO.

INNOVACIÓN

8.1 Innovación en el sector energía

Como se discutió en el Capítulo 3, en el marco regulatorio y de políticas para la promoción de energías renovables, uno de los instrumentos fundamentales es la nivelación de costos en el desarrollo de proyectos, lo que se puede alcanzar mediante políticas de innovación y desarrollo tecnológico y de desarrollo de cadenas de valor. Hay dos fenómenos que pueden observarse mediante políticas exitosas de innovación.

El primero de estos fenómenos es el surgimiento de tecnologías, procesos y prácticas disruptoras, que son aquellas capaces de transformar de manera importante y en un tiempo relativamente corto el modo en que se desempeña el sector de energías renovables. Esto ocurre no sólo cuando se desarrolla una nueva tecnología de generación o un componente que reduce drásticamente el costo de la primera, sino también mediante prácticas que permiten traspasar barreras no tecnológicas en este caso, sino que se desarrollan, sistematizan y aplican modelos de negocio que masifican el uso de una tecnología en particular.

El segundo fenómeno es el de la transformación incremental pero contrastante sobre las tecnologías, procesos y prácticas respecto al aprovechamiento de los recursos renovables. Este fenómeno también permite reducir los costos de las tecnologías, por ejemplo, mediante el mejor conocimiento de equipos y dispositivos que permiten desarrollar un mercado de provisión de tecnología y servicios. Esta clase de innovación paulatina favorece la penetración en el uso de las tecnologías, y en última instancia, es tan importante como los fenómenos capaces de irrumpir para obtener resultados tangibles en la expansión del aprovechamiento de energías renovables.

8.2 Centros Mexicanos de Innovación en Energía

La iniciativa del proyecto para la conformación de Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs) del Fondo CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética está dirigida al establecimiento de alianzas de innovación en temas de energía eólica, geotérmica y solar. Adicionalmente, están en diseño las convocatorias para CEMIE en nuevas materias.

Los CEMIE permitirán al sector abatir las barreras y retos científicos y tecnológicos que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía. Para ello, se concibe que se integren como redes de formación de capacidades y recursos humanos; de vinculación y expansión del tejido científico-tecnológico-empresarial; y de visión, estrategia y prospectiva de la energía en México.

Los CEMIEs se conciben como un medio para lograr los siguientes objetivos de largo plazo:



- a. Ordenar, integrar, coordinar, gestionar y desarrollar investigación científica dirigida y orientada al cambio, asimilación, paquetes tecnológicos y desarrollo tecnológico.
- b. Expandir y consolidar capacidades de investigación científica y tecnológica y la promoción de su uso, de modo colaborativo.
- c. Formar recursos humanos.
- d. Innovar.
- e. Vincular a la academia y la industria
- f. Fomentar la transferencia de tecnología.
- g. Estimular al desarrollo de empresas tecnológicas.
- h. Fortalecer capacidades de investigación y desarrollo tecnológico en las empresas del sector energético.

Cada uno de los CEMIE tiene un carácter distinto, en virtud de las diferentes necesidades de investigación y desarrollo tecnológico para el subsector en México. El CEMIE-Eólico tiene como objetivo atender problemáticas y retos tecnológicos (barreras a vencer, estado del arte local vs mundial, demandas específicas del sector, etc.), expandir las capacidades de investigación científica y tecnológica en energía eólica. Formar recursos humanos en energía eólica, vincular al ámbito académico con el industrial, así como la difusión y promoción de actividades.

Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica	
Líneas de investigación	
-	Mapa del recurso eólico
-	Componentes
-	Aerodinámica
-	Sistemas de control
-	Autodiagnóstico
-	Cimentaciones
-	Condiciones extremas
-	Investigación y desarrollo en materiales para el aprovechamiento del recurso eólico.
-	Almacenamiento de Energía
-	Turbinas verticales
-	Modelado
-	Generación eólica mar adentro
-	Integración a la red eléctrica nacional
-	Protocolos para pruebas y certificación de aerogeneradores y sus elementos
-	Estadística de fallas
-	Análisis de capacidades y potencial para participar en la cadena de suministro.
-	Proyectos industriales.
-	Aplicaciones no eléctricas.

Fuente: Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética.



El CEMIE-Sol deberá fortalecer las capacidades en materia de energía solar que permitan vencer las barreras tecnológicas existentes, establecer proyectos estratégicos que coadyuven en el conocimiento, dominio y aprovechamiento de la energía solar, promover las condiciones tecnológicas adecuadas para el desarrollo de la industria de energía solar mexicana, y formar recursos humanos especializados en energía solar.

Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar	
Líneas de investigación	
Mapa del recurso solar. Investigación y desarrollo en materiales para el aprovechamiento del recurso solar. Almacenamiento de Energía	
Solar fotovoltaico	Solar Térmico
Tecnología Fotovoltáica (transferencia tecnológica, innovación tecnológica y estudios técnico económicos). Evaluación de módulos fotovoltaicos. Normalización, registro, certificación y garantía. Desarrollo agrícola y rural. Edificios con arquitectura fotovoltaica sustentable. Nuevos desarrollos tecnológicos (diseño, producción, ensamblado y prueba de componentes para sistemas FV).	Sistemas solares de baja temperatura para calentamiento de agua. Sistemas de Enfriamiento Operados con Energía Solar. Sistemas de Energía Solar para Calor de Procesos Industriales. Potabilización de agua salina mediante energía solar térmica (desalinización). Potencia solar térmica para la producción de electricidad. Combustibles Solares.

Fuente: Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética.



El CEMIE-Geo deberá contribuir al logro de los objetivos a mediano plazo en materia de energía Geotérmica en México, los cuales son: fortalecer las capacidades en materia de energía geotérmica que permitan vencer las barreras tecnológicas existentes, establecer proyectos estratégicos que coadyuven en el conocimiento, dominio y aprovechamiento de la energía geotérmica, promover las condiciones tecnológicas adecuadas para el desarrollo de la industria de energía geotérmica mexicana, y formar recursos humanos especializados en energía geotérmica.

Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica

Líneas de investigación

- Mapa del recurso geotérmico.
- Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos geotérmicos hidrotermales de alta entalpía. ($T > 200^{\circ}\text{C}$).
- Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos geotérmicos hidrotermales de mediana y baja entalpía. ($T < 200^{\circ}\text{C}$).
- Generación de electricidad con energía geotérmica extraída de yacimientos de muy baja permeabilidad o de roca seca caliente.
- Uso del calor geotérmico de mediana y baja entalpía para diferentes aplicaciones como acondicionamiento climático (calefacción y enfriamiento) de espacios, calefacción de invernaderos,
- Calefacción de estanques para acuicultura, secado de productos agrícolas y minerales, usos industriales, desalación de agua y balneología y terapia.
- Sísmica 3-D especializada en roca ígnea.
- Investigación y desarrollo en materiales para el aprovechamiento del recurso geotérmico.

Fuente: Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética.



EPÍLOGO

Reforma Constitucional en materia de energía

De manera posterior a la conclusión de esta edición se aprobó en el Congreso de la Unión la Reforma Constitucional en materia de energía.

La naturaleza específica del nuevo marco jurídico, regulatorio y de políticas, aún deberá ser definido por la legislación secundaria. Se ha establecido un periodo de transición que podría extenderse hasta dos años, tiempo que la reforma constitucional define como límite para que CFE y PEMEX transiten por completo para convertirse empresas productivas del estado.

Las siguientes ediciones deberán reflejar estos cambios, conforme se desarrollen las modificaciones jurídicas requeridas. Por lo tanto es importante tener en cuenta que el contenido de estos capítulos cambiará de manera importante en las próximas ediciones.

Planeación 2018-2028

De manera posterior a la publicación del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, se han emprendido nuevos ejercicios de planeación, los cuales no habían sido concluidos al finalizar esta edición, pero que incluyen expectativas actualizadas de crecimiento económico y de evolución de los precios de los combustibles, y por lo tanto diferente a aprobados en el año 2012, y que son la base para la construcción de esta Prospectiva.

El crecimiento estimado del PIB durante el periodo 2012-2026 se ubica en 3.6% en promedio anual, lo cual da como resultado un incremento promedio anual de 4.5% en el consumo nacional de energía eléctrica. Por sector de consumo, la evolución esperada en las ventas de energía eléctrica del sector industrial tienen un importante efecto en las ventas totales, y se estima crecerá anualmente 4.3% durante el mismo periodo, en tanto que el sector residencial lo hará en 4.4%. Sin embargo, en el ejercicio de planeación correspondiente al periodo 2014-2028, que al concluir esta edición se encontraba en elaboración, crecimiento promedio anual estimado para el PIB es de 3.7%, lo cual resulta en un crecimiento esperado de 4.6% para el consumo de energía eléctrica durante el mismo periodo, por encima de las estimaciones correspondientes a la versión 2013-2027. Esta diferencia marginal en el ritmo de crecimiento anual esperado de la demanda, tiene su mayor efecto durante los primeros 10 años de la estimación aproximándose ambas proyecciones hacia un consumo de alrededor de 485 TWh en el último año del periodo.



En consecuencia, la expansión de capacidad necesaria para atender la demanda no será la misma entre un ejercicio y otro. En el caso del ejercicio de planeación presentado en esta edición, las adiciones de nueva capacidad de fuentes renovables durante el periodo 2013-2018 para el Servicio Público de Energía Eléctrica ascienden a 5,507 MW, distribuidos en hidroeléctricas (45%), eólicas (52%) y otras (3%). Mientras que para el periodo 2019-2027, la estimación de los requerimientos de capacidad se ubicó en 2,945 MW, dando un total de 8,462 MW durante el periodo 2013-2027, distribuidos en hidroeléctricas (55%), eólicas (42%) y otras renovables (3%).

De acuerdo con la planeación en elaboración se estiman diferencias significativas respecto a esta edición. Estas diferencias incluyen que el requerimiento de nueva capacidad para el Servicio Público de Energía Eléctrica entre 2013-2018 será de 3,880 MW (29% inferior a lo que se estimó en el ejercicio 2013-2027), y para el periodo 2019-2028 se estima en 6,049 MW (105% superior respecto al mismo periodo estimado en el ejercicio previo), dando un total de 9,929 MW durante el horizonte 2013-2028.

En el ejercicio de planeación 2014-2028 se está considerando una adición mayor de capacidad de fuentes renovables, particularmente energía solar y eólica, tan sólo en energía solar se espera pueda ascender a 1,443 MW, mientras que se verá un decremento en la capacidad adicionada por grandes hidroeléctricas. En términos de participación de las fuentes renovables en el Programa de Requerimientos de Capacidad 2014-2028, éstas representan el 18.1% de las adiciones totales.

Las estimaciones finales de los requerimientos de nueva capacidad correspondiente al ejercicio de planeación 2014-2028 estarán contenidas en el documento en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2014-2028, el cual está programado para publicarse en el mes de febrero de 2014.



REFERENCIAS

- Adame J. Potencial Nacional de las Energías Eólica y Geotérmica. Historia, Desarrollo y Futuro del Sector Eléctrico de México. UMAI. México. 2010.
- BP. BP Statistical Review of World Energy 2013. 2013. Disponible en <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical-review-of-world-energy-2013.html>.
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica. Mimeo. México. 2013.
- CFE. Comportamiento de los contratos de interconexión en pequeña y mediana escala. 2013. Disponible en <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>.
- CONAE. Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México 2007-2012. 2007.
- Consejo Consultivo para las Energías Renovables. 2013
- CONUEE. Irradiación Global Media en la República Mexicana. s.a. Disponible en www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7058/1/irradiacion211009.pdf.
- CRE. Permisos de Generación Privada. Diciembre de 2012. 2013. Disponible en línea en: cre.gob.mx/documento/1814.xlsx.
- CRE. Tabla de Permisos de Generación e Importación de Energía Eléctrica. 2013.
- Elliott D., Shawartz, M., Haymes S., Heimiller D., George R. Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca. National Renewable Energy Laboratory. Estados Unidos. 2004.
- Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética. Disponible en <http://sustentabilidad.energia.gob.mx>.
- Fundación CIDOC-SHF. Estado Actual de la Vivienda en México 2012. México. 2012.
- GIZ. Estudio sobre el potencial y la rentabilidad de CSA en PyMEs. Mimeo. México. 2011.



- IEA. Renewable Energy Medium-Term Market Report 2013. 2013.
- IEA. Technology Roadmap: Biofuels for Transport. 2011.
- IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.
- IIE. Explorador de Recursos Renovables. 2010. Disponible en <http://sag01.iie.org.mx/eolicosolar>.
- IRENA. IEA-IRENA Joint Policies and Measures database. 2013. Disponible en: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy>.
- Metodología para valorar externalidades asociadas con la generación de electricidad en México. Diario Oficial de la Federación. 14 de diciembre de 2012.
- SEMARNAT-CEPAL. Evaluación de las externalidades ambientales en la generación termoeléctrica en México. CEPAL. 2004.
- SENER con información de CFE. Foro Internacional Sobre Energía Geotérmica. 2013.
- SENER con información preliminar de CFE. Energías Renovables en México. 2013. CFE.
- SENER. Balance Nacional de Energía 2012. 2013.
- SENER. Estrategia Nacional de Energía 2013-2027. 2013.
- SENER. Inventario Nacional de Energías Renovables. 2013.
- SENER. Sistema de Información Energética. 2013.
- SHCP. Iniciativa de Ley de Ingresos 2013. 2013.
- Sustainable Energy for All. Global Tracking Framework. Data Annex. 2013.
- Unión de la Industria de Caña de Azúcar. Histórico de producción 2011-2012. Brasil. Disponible en <http://www.unicadata.com.br>